สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำและดินตะกอนบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก

Organochlorine Pesticide Residues in Water and Sediment of the Outer Songkhla Lake

บุญเสริม เซ่งล่าย

Boonserm Senglai

เลขหมู่ TD427.O7 บ472 2540 ฉ.2
Bib Key 140052
13 มี.ค. 2543

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Environmental Management
Prince of Songkla University

2540

ชื่อวิทยานิพนธ์ สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำและดินตะกอน บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก

ผู้เขียน นายบุญเสริม เช่งล่าย

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการที่ปรึกษา	คณะกรรมการสอบ
....ประธานกรรมการ	....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพริศพิชญ์ คณาธารณา)	(รองศาสตราจารย์ ดร.เพริศพิชญ์ คณาธารณา)
....กรรมการ	....กรรมการ
(อาจารย์เจิดจรรย์ ศิริวงศ์)	(อาจารย์เจิดจรรย์ ศิริวงศ์)
	....กรรมการ
	(ดร.บรรจง วิทยวีรศักดิ์)
	....กรรมการ
	(รองศาสตราจารย์ ดร.รัตนา สดุดี)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ก้าน จันทร์พรหมมา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

หอสมุด คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตหาดใหญ่
ได้รับจาก
บัณฑิตวิทยาลัย มอ.
วันที่ ___ เดือน 13 ธ.ค. พ.ศ. 2543

ชื่อวิทยานิพนธ์	สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำและดินตะกอน บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก
ผู้เขียน	นายบุญเสริม ช่งล่าย
สาขาวิชา	การจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2540

บทคัดย่อ

ศึกษาชนิดและปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำและดินตะกอน จากจุดเก็บตัวอย่าง 13 จุด ในบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก จังหวัดสงขลา โดยเก็บตัวอย่างในเดือนพฤศจิกายน และ ธันวาคม 2538 (ช่วงฤดูฝน) มีนาคม และเมษายน 2539 (ช่วงฤดูแล้ง) ได้ตัวอย่างทั้งหมด 104 ตัวอย่าง เป็นตัวอย่างน้ำ 52 ตัวอย่าง และตัวอย่างดินตะกอน 52 ตัวอย่าง วิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟฟี่ พบกลุ่มเอชซีเอชและดีดีทีมีปริมาณการตกค้างสูงกว่าสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนชนิดอื่น ๆ โดยพบ พบอนุพันธ์ แกมมา-เอชซีเอช (γ-HCH) และ พารา-พารา-ดีดีที (*p,p'*-DDT) เป็นปริมาณมากที่สุด ความเข้มข้นของเอชซีเอชและดีดีทีในตัวอย่างดินตะกอนมีค่าสูงกว่าในตัวอย่างน้ำ คิดเป็น 1,796 และ 1,368 เท่า ตามลำดับ ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนรวม ที่ตกค้างในน้ำ และดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง <2 - 44.5 นาโนกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 12.6 นาโนกรัมต่อลิตร และ มีค่าอยู่ในช่วง <0.1 - 282.7 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 22.2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ความถี่ในการตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำ และดินตะกอน คิดเป็น 88.46 และ 100 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ พบปริมาณการตกค้างในดินตะกอนสูงสุดที่บริเวณคลองบางกล่ำ (S7)

ค่าพีเอช ความเค็ม อุณหภูมิ และความลึกของน้ำ ไม่มีผลต่อปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำและดินตะกอน ถึงแม้ว่า พีเอช อุณหภูมิ และความเค็มของน้ำมีค่าเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยมีค่าต่ำในฤดูฝน และมีค่าสูงในฤดูแล้ง ปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณการตกค้างในดินตะกอน อย่างไรก็ตามปริมาณการตกค้างในน้ำที่ตรวจพบจากการศึกษาในครั้งนี้ ยังมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุรภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินของกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (0.05 มก./ล.)

Thesis Title Organochlorine Pesticide Residues in Water and Sediment of the Outer Songkhla Lake

Author Mr.Boonserm Senglai

Major Program Environmental Management

Academic Year 1997

Abstract

Qualitative and quantitative analysis of organochlorine pesticide (OCP) residues were conducted in water and sediment from 13 sites in the Outer Songkhla Lake, Changwat Songkhla. Total 104 samples of water samples and 52 sediment samples were collected during November and December 1995 (wet season) and March and April 1996 (dry season). The sample were analyzed by Gas Chromatographic techniques. The results indicated that HCHs and DDTs were found in most samples, γ-HCH and p,p'-DDT were dominant in OCP residues. The concentration of HCHs and DDTs residues in sediment were 1,796 and 1,368 times higher than those in water samples, respectively. Total OCP residues range from <2 - 44.5 ($\bar{x}$=12.6) ng/l in water, <0.1 - 282.7 ($\bar{x}$=22.2) µg/kg in sediment. The residues were found with the frequency, 88.46 % and 100 % in water and sediment sample, respectively. The accumulation of OCP in sediment at Klong Bang Klam (S7) was found to be higher than other sampling sites of the Outer Songkhla Lake.

Temperature, pH, and salinity were not correlated to residues in water and sediment even though the seasonal variation showed a significant different i.e. low in the wet season and high in the dry season. The pesticide residues in water and sediment had an insignificant relationship. This study showed that the residues in water sample were found not exceed to the surface water quality standard of the Ministry of Science Technology and Environment (0.05 mg/l).

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยการให้คำปรึกษา แนะแนวทางและแก้ไขข้อบกพร่อง จากรองศาสตราจารย์ ดร.เพริศพิชญ์ คณาธารณา อาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์เจิดจรรย์ ศิริวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ทำวิทยานิพนธ์จึงขอขอบคุณ ไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.รัตนา สดุดี และ ดร.บรรจง วิทยวีรศักดิ์ ที่ได้ช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง สงขลา ที่ให้ความอนุเคราะห์เรือสำหรับเก็บตัวอย่าง และ คุณบุญสิน จิตตะประพันธ์ คุณเจริญศักดิ์ งามไตรไร คุณนรพัธน์ ทรงเดชะ คุณสุพัฒน์ อนันตพงศ์ คุณคนึงนิจ จรูญศักดิ์ คุณนิภา มหารัชพงศ์ คุณสุธัญย์ รักษาพล และคุณสุรชาติ เพชรแก้ว ที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง รวมทั้งเพื่อนนักศึกษาปริญญาโทสาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม รุ่น 6 ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณ คุณพีระพิทย์ พืชมงคล ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และคอมพิวเตอร์สำหรับจัดพิมพ์วิทยานิพนธ์นี้

สุดท้ายนี้ ต้องขอขอบคุณ คุณแม่ คุณพ่อ และ พี่ๆ ทุกคนที่ให้การสนับสนุนกำลังทรัพย์ และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ตลอดมา

บุญเสริม เซ่งล่าย

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบาญ	(6)
รายการตาราง	(7)
รายการภาพประกอบ	(9)
บทที่	
1. บทนำ	
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	2
วัตถุประสงค์	15
2. วิธีการวิจัย	16
การเลือกจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่	16
การวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน	25
การหาความชื้นของดินตะกอน	29
การวิเคราะห์ข้อมูล	29
3. ผลการทดลอง	30
4. บทวิจารณ์	57
5. สรุปและเสนอแนะ	67
บรรณานุกรม	71
ภาคผนวก	79
ภาคผนวก ก การเตรียมอุปกรณ์	80
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและดินตะกอน	83
ภาคผนวก ค ปริมาณน้ำฝนบริเวณทะเลสาบสงขลา ปี 2538-2539	92
ภาคผนวก ง วัตถุอันตรายที่ห้ามนำเข้าหรือสั่งเข้ามาในประเทศไทย	94
ภาคผนวก จ มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	96
ประวัติผู้เขียน	98

รายการตาราง

ตาราง หน้า

1. ดัชนีคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลาตอนนอกและวิธีการวิเคราะห์ 24
2. คุณภาพน้ำ ณ จุดเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน 2538 31
3. คุณภาพน้ำ ณ จุดเก็บตัวอย่างเดือนธันวาคม 2538 32
4. คุณภาพน้ำ ณ จุดเก็บตัวอย่างเดือนมีนาคม 2539 33
5. คุณภาพน้ำ ณ จุดเก็บตัวอย่างเดือนเมษายน 2539 34
6. แสดงผลการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก พฤศจิกายน 2538 36
7. แสดงผลการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก ธันวาคม 2538 37
8. แสดงผลการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก มีนาคม 2539 40
9. แสดงผลการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก เมษายน 2539 41
10. แสดงผลการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก พฤศจิกายน 2538 44
11. แสดงผลการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก ธันวาคม 2538 45
12. แสดงผลการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก มีนาคม 2539 49
13. แสดงผลการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก เมษายน 2539 50
14. การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพน้ำบางปัจจัยหลัก 54
15. แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำฤดูฝนและฤดูแล้ง 55
16. แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนฤดูฝนและฤดูแล้ง 55

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
17. ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ	56
18. ความหมายของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	56
19. เปรียบเทียบผลการศึกษาสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำและดินตะกอนในทะเลสาบสงขลากับบริเวณอื่น	66

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1. แสดงสูตรโครงสร้างทางเคมีของดีดีที	3
2. แสดงเมตาโบลิซึมของดีดีที	5
3. แสดงโครงสร้างของเอชซีเอช	5
4. แสดงโครงสร้างทางเคมี เบต้า-คลอแดน เฮปตาคลอ อัลดริน ไอโซดริน เอนดริน ไอโซเบนแซน เอนโดซัลแฟน และดีลดริน	7
5. แสดงสูตรโครงสร้างของทอกซาฟีน	8
6. แสดงสูตรโครงสร้างของไมเรก และคลอดีโคน	8
7. วัฏจักรของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในสิ่งแวดล้อม	10
8. แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนในทะเลสาบสงขลาตอนนอก	18
9. ลักษณะทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอน บริเวณปากทะเลสาบ ปากคลองสำโรง และปากคลองพะวง	19
10. ลักษณะทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอน บริเวณปากคลองอู่ตะเภา	20
11. ลักษณะทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอน บริเวณปากคลองบางกล่ำ ปากคลองรัตภูมิ และปากคลองกอบ	21
12. ลักษณะทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอน บริเวณปากรอ ปากคลองสะทิ้งหม้อ และบ้านเขาเขียว	22
13. ลักษณะทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอน บริเวณกลางทะเลสาบ	23
14. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำในช่วงฤดูฝน	38
15. แสดงองค์ประกอบของ เอชซีเอชในตัวอย่างน้ำในช่วงฤดูฝน	38
16. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำในช่วงฤดูแล้ง	41
17. แสดงองค์ประกอบของ เอชซีเอชในตัวอย่างน้ำในช่วงฤดูแล้ง	42
18. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ในตัวอย่างน้ำในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้ง	42

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
19. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตรวจพบในตัวอย่างดินตะกอนในช่วงฤดูฝน	46
20. แสดงองค์ประกอบของ เอชซีเอชในตัวอย่างดินตะกอนในช่วงฤดูฝน	47
21. แสดงองค์ประกอบของ ดีดีทีในตัวอย่างดินตะกอนในช่วงฤดูฝน	47
22. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตรวจพบในตัวอย่างดินตะกอนในช่วงฤดูแล้ง	51
23. แสดงองค์ประกอบของ เอชซีเอชในตัวอย่างดินตะกอนในช่วงฤดูแล้ง	52
24. แสดงองค์ประกอบของ ดีดีทีในตัวอย่างดินตะกอนในช่วงฤดูแล้ง	52
25. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (OCPs) ที่ตรวจพบในตัวอย่างดินตะกอนในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง	53
26. แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐานกลุ่มออร์กาโนคลอรีน	83
27. ตัวอย่างโครมาโตแกรมของดินตะกอนตัวอย่าง	83
28. ตัวอย่างโครมาโตแกรมของน้ำตัวอย่าง	83

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ตราบใดที่มนุษย์ยังต้องการอาหารเพิ่มขึ้น การผลิตอาหารแบบดั้งเดิมจึงไม่เพียงพอกับความต้องการของประชากรโลก เกษตรกรจึงต้องนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ให้สูงขึ้น และทำการเพาะปลูกพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งในพื้นที่ จึงได้มีการนำเทคโนโลยีและสารเคมีทางการเกษตรมาใช้มากขึ้น การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์นั้นเป็นวิธีที่สะดวกและได้ผลดีในการป้องกันพืชผลจากการทำลายของแมลงต่าง ๆ ซึ่งจะเห็นได้จากปริมาณการนำเข้าสารเคมีที่ใช้ในการเกษตรของไทยมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี (กรมวิชาการเกษตร, กองควบคุมพืชและวัสดุการเกตร, 2538) การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่ขาดความระมัดระวังที่เพียงพอ จะทำให้เกิดอันตรายโดยตรงกับตัวเกษตรกร และสิ่งมีชีวิตใกล้เคียง ในทางอ้อมสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ยังสามารถตกค้างในพืชผักและผลไม้ที่เป็นอาหารของมนุษย์

การตกค้างของวัตถุมีพิษในสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาหนึ่งที่ทั่วโลกตระหนักถึงความสำคัญ โดยเฉพาะการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนนั้นมีผู้สนใจศึกษาอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสารกลุ่มนี้จะสลายตัวช้าจึงสะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้นาน ทำให้มีศักยภาพในการก่อพิษเรื้อรังในระยะยาว และยังสามารถถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหารได้ ทำให้มีการกระจายของสารกลุ่มนี้ออกไปได้กว้างขวางมาก ผลกระทบจึงไม่ได้เกิดเฉพาะแหล่งกำเนิดมลพิษเท่านั้น จะเห็นได้จากการตรวจพบปริมาณของ ดีดีที ในนกเพนกวิน บริเวณขั้วโลกเหนือ ซึ่งบริเวณดังกล่าวไม่มีการใช้สารดีดีที จึงเข้าใจว่านกเพนกวินคงจะได้รับสารดีดีทีมาจากห่วงโซ่อาหารจากการกินปลาและปลาอาจได้รับดีดีทีมาจากแพลงก์ตอน ซึ่งกระจายอยู่ในน้ำทะเลทั่วผิวโลก (ไมตรี สุทธจิตต์, 2531 : 135) สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนมีความเป็นพิษเฉียบพลันต่ำ ซึ่งจะเข้าสะสมในร่างกายมนุษย์ก่อให้เกิดโรคขึ้นได้ เช่น มะเร็งในระบบต่าง ๆ และการผิดปกติของทารกในครรภ์ เป็นต้น ซึ่งรัฐบาลในหลายประเทศได้ห้ามการใช้สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนแล้ว รวมทั้งประเทศไทยด้วยที่ได้ห้ามการนำเข้าสารกลุ่มนี้บางชนิดดังรายละเอียดในตารางภาคผนวก จ

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีความสำคัญต่อสังคม และเศรษฐกิจของประชากรบริเวณภาคใต้ตอนล่างเพราะเป็นแหล่งทรัพยากรที่สำคัญได้แก่ การประมง การเกษตร ซึ่งในอดีตทรัพยากรดังกล่าวมีอย่างอุดมสมบูรณ์ ปัจจุบันสภาพแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติของบริเวณนี้ ได้รับผลกระทบจากการขยายตัวของเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และชุมชน เป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงมีการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทะเลสาบสงขลาอยู่หลายเรื่อง แต่ในเรื่องการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ยังมีการศึกษากันน้อย และยังไม่มีการศึกษาการตกค้างของสารดังกล่าวในดินตะกอน บริเวณปากคลองที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนนอก และในทะเลสาบสงขลาตอนนอกบางส่วน ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาในเรื่องนี้เพื่อจะเป็นข้อมูลส่วนหนึ่งในการจัดการทรัพยากรในพื้นที่ดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสมยิ่งขึ้น

การตรวจเอกสาร

1. **วิวัฒนาการของการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์** (พาลาภ สิงหเสนี, 2537) แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ตามระยะการใช้

1.1 ระยะต้น สารเคมีที่ถูกนำมาใช้เป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ระยะต้น เป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ แบ่งได้ 2 พวกใหญ่ ๆ ได้แก่

- สารอนินทรีย์ที่ใช้ฆ่าศัตรูพืช เช่น โซเดียมอาร์ซีไนต์ (Sodium Arsenite)
- สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่สกัดจากพืช เช่น ไพรีทรินส์ (Pyrethrins)

1.2 ระยะที่สอง สารสังเคราะห์อินทรีย์เพื่อใช้เป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์เริ่มต้นตั้งแต่สงครามโลกครั้งที่สองถึงปัจจุบัน เช่น ดีดีที อัลดริน พาราไธออน อาจแบ่งตามสูตรโครงสร้าง และกลไกการออกฤทธิ์ได้ดังนี้ คือ สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate Insecticide) สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate Insecticide) สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine Insecticide) และกลุ่มอื่น ๆ ได้แก่สารสังเคราะห์เลียนแบบธรรมชาติ เช่น ไพรีทรอยส์ (Pyrethroid)

1.3 ระยะที่สาม หลังจากระยะที่สองที่มีการนำสารสังเคราะห์มาใช้เป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กันอย่างแพร่หลายแล้ว ประชาชนและรัฐบาลในหลายประเทศเริ่มตระหนักถึงปัญหาพิษต่อสิ่งแวดล้อม จึงได้พยายามนำสารเคมีอื่น ๆ มาใช้แทน เช่น สารคล้ายฮอร์โมน การควบคุมโดยชีววิธี การควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม

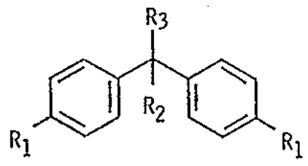
การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในปัจจุบัน อยู่ในระยะที่สอง และกำลังเข้าสู่ระยะที่สาม โดยเฉพาะกลุ่มประเทศในยุโรปและอเมริกา ซึ่งจะเห็นได้จากการห้ามใช้สารอันตรายที่มีผลกระทบรุนแรงต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การห้ามใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน เช่น ดีดีที อัลดริน เป็นต้น ประเทศไทยได้พยายามลดการใช้สารในกลุ่มนี้เช่นกัน โดยปัจจุบันมีการห้ามนำเข้าสารกลุ่มนี้บางชนิดเพื่อนำมาใช้ในการเกษตร แต่ยังอนุญาตให้ใช้เพื่อการสาธารณสุข

2. คุณสมบัติของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน เป็นกลุ่มที่สำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม เพราะมีคุณสมบัติคงทนอยู่ในสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศน์ได้นาน ละลายได้น้อยในน้ำ แต่ละลายได้ดีในไขมัน มีศักยภาพในการสะสมในสิ่งมีชีวิตได้ (Biological Accumulation)

สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน มีโครงสร้างแบบคาร์โบไซคลิก (Carbocyclic) หรือ เฮทเธอโรไซคลิก (Heterocyclic) มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 291-545 สามารถแบ่ง ได้เป็น 5 กลุ่ม คือ ดีดีที (DDT and Its Analogs) บีเอชซี (BHC) หรือเอชซีเอช (HCH) ไซโคลไดอีน (Cyclodienes and Similar Compounds) ทอกซาฟีน (Toxaphene and Relate Formular) และ ไมเรกและคลอดีโคน (Mirex and Chlordecone) (Smith, 1991: 743) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ดีดีที และอนุพันธ์ (DDT and Its Analogs) ดีดีที หรือ *p,p'*-DDT มีชื่อทางเคมี 1,1'-(2,2,2-trichloroethylidene)-bis-(4-chlorobenzene) สามารถสังเคราะห์ได้ครั้งแรกโดย Zeidler ปี พ.ศ. 2417 แต่ไม่ได้นำมาใช้เป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ จนกระทั่งค้นพบโดย Paul Muller แห่งสวิสเซอร์แลนด์ในปี พ.ศ. 2482 และเริ่มใช้ดีดีทีเป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์อย่างจริงจังในปี พ.ศ. 2485 ดีดีทีมีสูตรเคมี $C_{14}H_9CL_5$ มีน้ำหนักโมเลกุล 354.49 และมีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงสูตรโครงสร้างทางเคมีของ ดีดีที

ที่มา : Smith, 1991 : 743

ดีดีที สามารถสะสมได้ในเนื้อเยื่อทุกชนิด (Smith and Stohlman, 1944 quoted in Smith, 1991 : 750) การสะสมในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Adipose Tissue) จะมีปริมาณมากกว่าในเนื้อเยื่ออื่น (Ofner and Calvery, 1945 quoted in Smith, 1991 : 750) การสะสมดีดีทีในหนูตัวผู้จะมีสูงกว่าในตัวเมีย เพราะดีดีทีบางส่วนถูกขับออกทางน้ำนมถ่ายทอดไปยังตัวอ่อน เมื่อหนูได้รับดีดีทีเข้าไปดีดีทีจะถูกเมตะโบไลท์ที่ตับและไตแล้วจึงขับออกมาทางปัสสาวะในรูป ดีดีอี (DDE) ดีดีดี (DDD) ดีดีเอ็มยู (DDMU) และ ดีดีเอ็มเอส (DDMS) ในคนจะพบเมตะโบไลท์เพียง 4 ชนิด คือ ดีดีที (DDT) ดีดีอี (DDE) ดีดีดี (DDD) และ ดีดีเอ (DDA) ซึ่งดีดีเอมีฤทธิ์เป็นกรดจะถูกขับออกทางปัสสาวะได้เร็วกว่าดีดีทีถึง 16 เท่า ดังภาพประกอบ 2

ความเป็นพิษของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนเกิดจากสารในกลุ่มนี้จะเข้าทำลายระบบโซมาติค ซึ่งเป็นระบบที่ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหว ดีดีทีมีพิษเฉียบพลันต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมต่ำ สัตว์ทดลองที่ได้รับดีดีทีในปริมาณสูงมาก อาจพบว่าระบบหัวใจล้มเหลวและตายได้ จากการทดสอบความสามารถในการก่อมะเร็งของดีดีทีพบว่าดีดีทีเป็นสาเหตุให้เซลล์เกิดการกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นเซลล์มะเร็งในหนูทดลองได้ (Coulston., 1985 quoted in Smith, 1991 : 758) ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Mammals) ดีดีทีจะถูกขับออกทางน้ำนม ซึ่งสามารถทำอันตรายกับตัวอ่อนได้

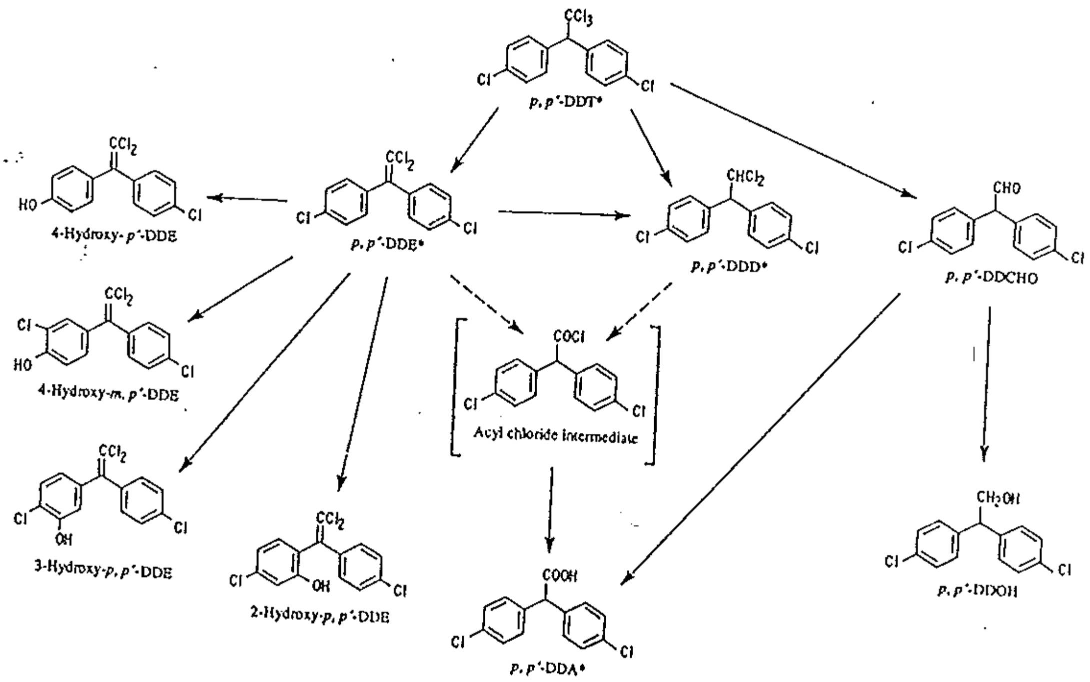
ความเป็นพิษเรื้อรังของสารกลุ่มนี้กระทบกับสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศน์อย่างกว้างขวาง ที่ปรากฏชัด ได้แก่การสูญหายไปของนกเหยี่ยวพีรีกรีน (*Falco peregrinus anatum*) ในสหรัฐอเมริกา ซึ่งนักวิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นว่า ดีดีทีจะกระตุ้นการผลิตเอนไซม์ในตัวนกขึ้นมาชนิดหนึ่ง ซึ่งมีผลต่อการผลิตฮอร์โมนเอสโทรเจน (Estrogen) ที่ทำหน้าที่ควบคุมการลำเลียงแคลเซียมที่สะสมอยู่ในกระดูกของนกไปยังเปลือกไข่ทำงานผิดปกติ ทำให้เปลือกไข่บางและแตกง่าย และสูญเสียพฤติกรรมของเพศแม่ไป โดยนกตัวเมียไข่แล้วทิ้งรังไปโดยไม่ทราบสาเหตุ จึงทำให้ประชากรของนกเหยี่ยวลดลงอย่างรวดเร็ว (สุปราณี ผลชีวิน, 2536)

ปัจจุบันดีดีทีที่ใช้จะเป็นชนิดเทคนิคอลเกรดที่อยู่ในรูป พารา-พารา-ดีดีที 77.1 เปอร์เซนต์ ออโธ-พารา-ดีดีที 14.9 เปอร์เซนต์ พารา-พารา-ดีดีที 0.3 เปอร์เซนต์ ออโธ-พารา-ดีดีที 0.1 เปอร์เซนต์ พารา-พารา-ดีดีอี 4.0 เปอร์เซนต์ ออโธ-พารา-ดีดีอี 0.1 เปอร์เซนต์ องค์ประกอบอื่น ๆ 3.5 เปอร์เซนต์ ภายใต้ชื่อการค้า Anofex, Cesarex, Didimac, Digmar, Dinocide, Genitox, Gvesaral, Gyron, Ixodex, Neocid และ Zerdane (Smith, 1991 : 744)

2.2 เอชซีเอช (HCHs) หรือ บีเอชซี (BHCs) (BHC เป็นชื่อสามัญที่นิยมใช้ในทวีปอเมริกา HCHs เป็นชื่อสามัญที่นิยมใช้กันในทวีปยุโรป) HCH ผลิตครั้งแรกโดย Michael Faraday ในปี

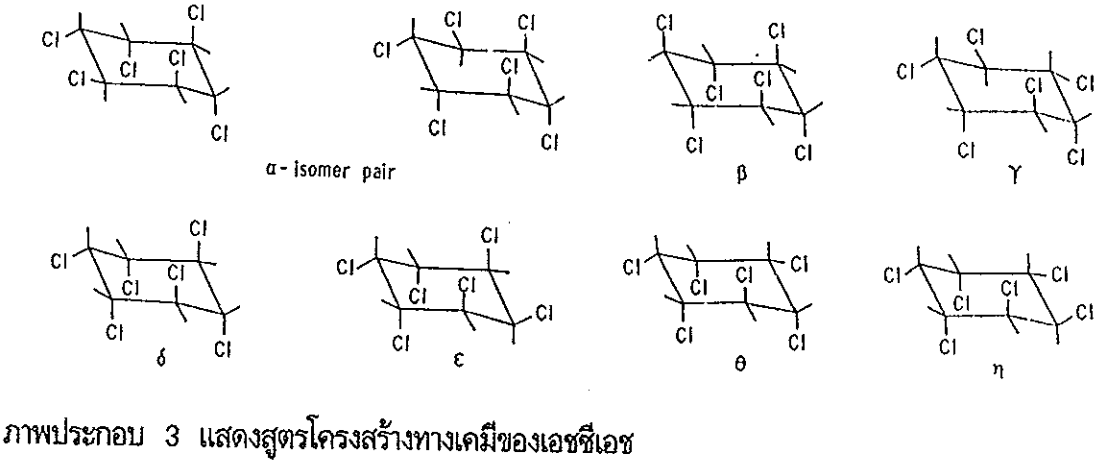
พ.ศ. 2395 ถูกนำมาใช้เป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ โดย Dupire ในปี พ.ศ. 2485 และ Rancourt ในปี พ.ศ 2486 ต่อมาในปี พ.ศ. 2488 Salade ได้แสดงให้เห็นว่าอนุพันธ์แกมมา-เอชซีเอช มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการใช้เป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์

เอชซีเอช มีสูตรเคมี $C_6H_6CL_6$ น้ำหนักโมเลกุล 290.80 สูตรโครงสร้างทางเคมีดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 2 แสดงเมตาโบลิซึม ของดีดีที

ที่มา : Smith, 1991 : 762



ภาพประกอบ 3 แสดงสูตรโครงสร้างทางเคมีของเอชซีเอช

ที่มา : Smith, 1991 : 792

Davidow and Frawley (1951 : quoted in Smith, 1991 : 794) ได้รายงานว่าอนุพันธ์ แอลฟา เบต้า แกมมา และเดลต้า-เอชซีเอช สามารถสะสมในไขมันของหนูและสุนัข การตกค้างของสารในกลุ่มเอชซีเอชส่วนใหญ่จะเป็นอนุพันธ์ของ เบต้า-เอชซีเอช (Wakita *et al*., 1972 ; Oshiba and Kawakita., 1972 ; Srimivasan and Radhakrishnamurty., 1983 quoted in Smith, 1991 : 794) แอลฟา-เอชซีเอช มีคุณสมบัติในการสะสมในสิ่งมีชีวิตได้มากกว่า แกมมา เอชซีเอช โดยเฉพาะในสมอง (Stein *et al*., 1980 ; Eichler *et al*., 1983 quoted in Smith, 1991 : 794) สำหรับความเป็นพิษของกลุ่มเอชซีเอช และลินเดน ก่อให้เกิดอาการพิษคล้ายกับดีดีที นอกจากนี้อาจทำให้เกิดพิษต่อระบบโลหิต ความพิษเรื้องรังของสารในกลุ่มนี้ที่ทำคัญ คือ ทำให้เกิดเนื้องอกในสัตว์ทดลอง และเป็นสารก่อมะเร็ง ปัจจุบันมีการใช้ HCHs อยู่ในรูปของลินเดน มีอยู่ด้วยกัน 4 ผลิตภัณฑ์ ดังนี้ (กรมวิชาการเกษตร, กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2537)

2.2.1 Lindane 7.5 % WP ชื่อการค้า Dolacide ใช้ในการป้องกันกำจัดมด

2.2.2 Lindane 10 % W/V EC ใช้ในการป้องกันกำจัดเห็บ ไร และหมัด ที่เป็นศัตรูของสัตว์เลี้ยง เช่น วัว ควาย

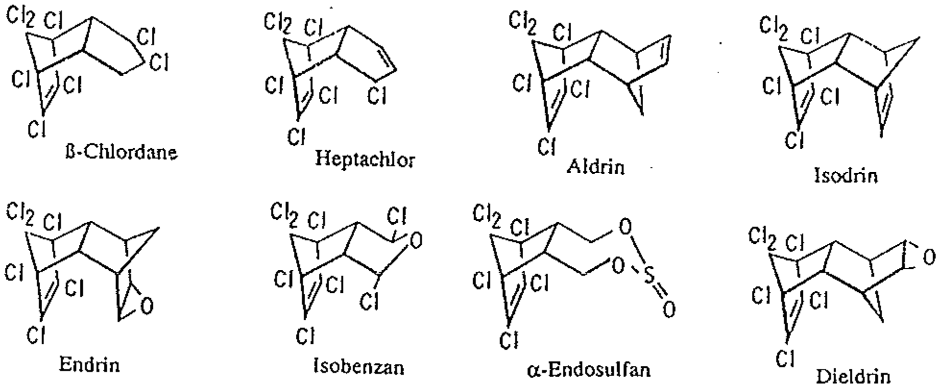
2.2.3 Lindane 10 % W/V EC ผลิตภัณฑ์ของ Agricultural Chemicals ใช้ในการป้องกันกำจัดมดปลวกและแมลงทำลายเนื้อไม้

2.2.4 Lindane 20 % W/P EC ใช้ในการป้องกันกำจัดปลวกที่ทำลายลังบรรจุยางพารา

2.3 ไซโคลไดอีน และกลุ่มใกล้เคียง (Cyclodiene and Related)

ตัวอย่างของสารป้องกันกำจัดศัตรูและสัตว์ ในกลุ่มนี้ เบต้า-คลอเดน (β-Chlordane) เฮปตาคลอ (Heptachlor) อัลดริน (Aldrin) ไอโซดริน (Isodrin) เอนดริน (Endrin) ไอโซเบนแซน (Isobensan) ดังภาพประกอบ 4

ไซโคลไดอีนสามารถแบ่งได้เป็นกลุ่มย่อยคือ กลุ่มคลอเดน มีชื่อเคมี 1,2,4,5,6,7,8,8-Octachloro-3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methanoindan สูตรเคมี $C_{10}H_6Cl_8$ น้ำหนักโมเลกุล 409.80 มีอนุพันธ์ 2 ชนิด คือ *cis* และ *trans* กลุ่มเฮปตาคลอ มีชื่อทางเคมี 1,4,5,6,8,8-Heptachloro-3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methanol-*lH*-indene สูตรเคมี $C_{10}H_5Cl_7$ น้ำหนักโมเลกุล 373.35 มีอนุพันธ์ คือเฮปตาคลอ และเฮปตาคลอ อีพ๊อกไซด์ กลุ่มอัลดริน มีชื่อทางเคมี 1,2,3,4,10,10-Hexachloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-endo-1,4-exo-5,8-dimethanonaphthalene สูตรเคมี $C_{12}H_8Cl_6$ น้ำหนักโมเลกุล 364.93 กลุ่มดีลดริน มีชื่อทางเคมี1,2,3,4,10,10-Hexachloro-6,7-epoxy-1,4,4a,5,8,8a-octahydro-endo-1,4-exo-5,8-dimethanonaphthalene สูตรเคมี $C_{12}H_8Cl_6O$



ภาพประกอบ 4 แสดงโครงสร้างทางเคมี เบต้า-คลอเดน เฮปตาคลอ อัลดริน ไอโซดริน เอนดริน ไอโซเบนแซน เอนโดซัลแฟนและดีลดริน

ที่มา : Smith, 1991 : 816

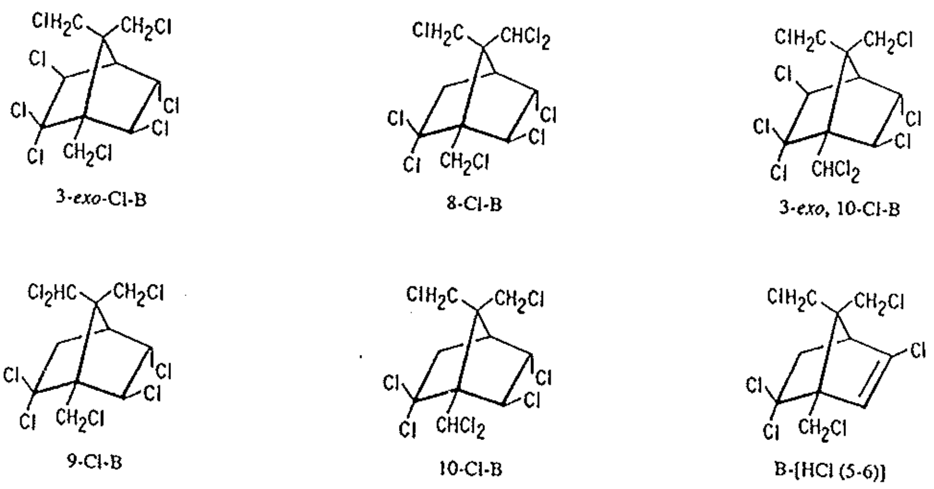
น้ำหนักโมเลกุล 380.93 กลุ่มเอนดริน มีชื่อทางเคมี 1,2,3,4,10,10-Hexachloro-6,7-epoxy-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-endo-1,4-endo,endo-5,8-dimethanonaphthalene สูตรเคมี $C_{12}H_8Cl_6O$ น้ำหนักโมเลกุล 380.93 กลุ่มไอโซเบนแซน มีชื่อทางเคมี 1,3,4,5,6,7,8,8-octachloro-1,3,3a4,7.7a-hexahydro-4,7-methanoisobenzofuran สูตรเคมี $C_9H_4Cl_8O$ น้ำหนักโมเลกุล 411.79 กลุ่มเอนโดซัลแฟน มีชื่อทางเคมี 6,7,8,9,10,10-hexachloro-1,5,5a,6,9,9a-hexahydro-6,9-methano-2,4,3-benzodioxathiepin 3-oxide สูตรเคมี $C_9H_6Cl_6O_3S$ น้ำหนักโมเลกุล 406.95 (Smith, 1991 : 816) พิษเรื้อรังของสารในกลุ่มนี้ที่สำคัญ คือ ทำให้เกิดเนื้องอกในสัตว์ทดลอง และเป็นสารก่อมะเร็ง นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ดีลดริน และอัลดริน มีผลต่อระบบสืบพันธุ์ของสัตว์ทดลองหลายชนิด และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจุลพยาธิของตับ (Hodge *et al.*,1967) ปัจจุบันสารในกลุ่มนี้ได้รับขึ้นทะเบียนเป็นวัตถุอันตรายทางการเกษตร จำนวน 8 ผลิตภัณฑ์ คือ endosulfan 5% G, endosulfan 25% ULV, endosulfan 35% W/V EC, endosulfan 35% W/V EC (Thailand 35 EC), endosulfan +BPMC 4.5% G, endosulfan 4.5% G (Thiocard 4.5 G, Hoechhst), endosulfan 4.5% G (พาโตขาบ 4.5 จี, พาโต), และ endosulfan 4.5% G (Paddy,เอฟอีซิลลิค) (กรมวิชาการเกษตร, กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2537)

2.4 ทอกซาฟีน (Toxaphene) ทอกซาฟีนคือ คลอริเนเตดคอมฟีน (Chlorinated Comphene) ที่ประกอบด้วยคลอรีนร้อยละ 67-69 ในหนึ่งโมเลกุลจะประกอบด้วยคาร์บอนจำนวน 10 อะตอม คลอรีน 6-11 อะตอม ไฮโดรเจน 7-12 อะตอม (Smith, 1991 : 794) มีชื่อทางเคมี 2,2,5-endo,6-

exo,8,9,10-Heptachlorobornane สูตรเคมี $C_{10}H_{11}Cl_7$ น้ำหนักโมเลกุล 379.35 มีสูตรโครงสร้างในภาพประกอบ 5

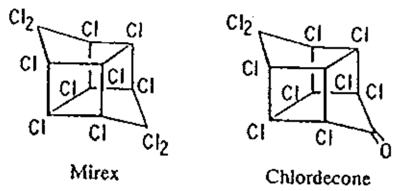
2.5 ไมเรก (Mirex) และคลอดีโคน (Chlordecone)

ไมเรก มีชื่อทางเคมี 1,1a,2,2,3,3a,4,5,5,5a,5b,6-dodecachlorooctahydro-1,3,4-metheno-1*H* -cyclobuta(cd)-pentalene สูตรเคมี $C_{10}Cl_{12}$ น้ำหนักโมเลกุล 545.51 สำหรับกลุ่มคลอดีโคน มีชื่อทางเคมี 1,1a,3,3a,4,5,5,5a,5b,6-decachlorooctahydro-1,3,4-metheno-2*H* -cyclobuta(cd)-pentalene-2-one สูตรเคมี $C_{10}Cl_{10}O$ น้ำหนักโมเลกุล 490.61 สูตรโครงสร้างดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 5 แสดงสูตรโครงสร้างของทอกซาฟีน (Toxaphene)

ที่มา : Turner *et al.*, 1977 quoted in Smith, 1991 : 851



ภาพประกอบ 6 แสดงสูตรโครงสร้างของไมเรก (Mirex) และ คลอดีโคน (Chlordecone)

ที่มา : Smith, 1991 : 856

3. การแพร่กระจายของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน

การปนเปื้อนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในแหล่งน้ำธรรมชาติ มาจากหลายแห่ง Edward (1973, quoted in Chau *et al.*, 1992 : 5) รายงานถึงสาเหตุหลักมาจาก น้ำไหลบ่าหน้าดิน (Runoff) ที่ผ่านพื้นที่เกษตรกรรม การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในน้ำโดยตรง น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำทิ้งจากครัวเรือน น้ำทิ้งจากการปศุสัตว์ ฝุ่นและน้ำฝน

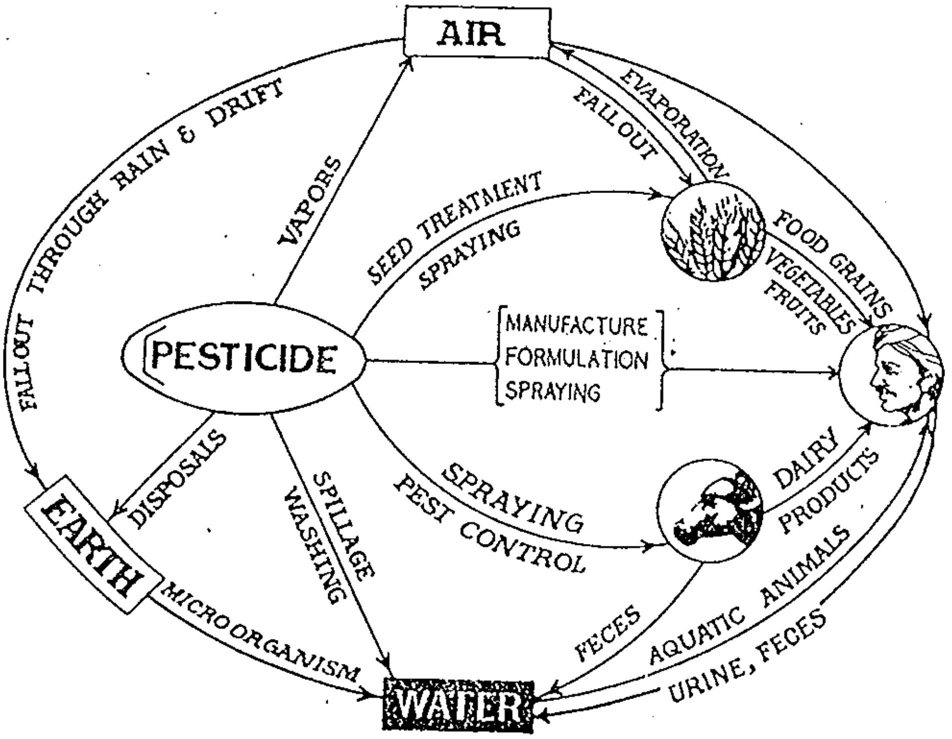
การตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เนื่องจากสารกลุ่มนี้มีคุณสมบัติคงทนมากเมื่ออยู่ในดิน โดยเฉพาะดินที่ประกอบด้วยเปอร์เซนต์ของอนุภาคดินเหนียว และมีอินทรียสารมาก ตลอดจนสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิและความเป็นกรดด่างเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มนี้มีความคงทนอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ และใช้เวลาในการสลายตัวแตกต่างกันไป เช่น ลินเดน และ ดีดีที จะสลายตัวได้เร็วในสภาพที่เป็นด่างมาก ๆ (Edward, 1976 อ้างใน นพดล ฟักอังกูร, 2534)

ปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในน้ำจะมีการเคลื่อนย้ายไปมาระหว่างดินตะกอน สัตว์หน้าดิน พืชน้ำ อนุภาคแขวนลอยในน้ำ แพลงก์ตอน และปลา สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์สามารถเคลื่อนย้ายออกจากระบบนิเวศน์ของน้ำ โดยการระเหย หรือสะสมตกค้างในปลา แล้วปลาถูกมนุษย์ นก และสัตว์ จับกินเป็นอาหาร หรือถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ในดินตะกอน เป็นวัฏจักรหมุนเวียนต่อเนื่องกันไป ดังภาพประกอบ 7

ประภัสสรา พิมพ์พันธุ์ และคณะ (2532) ได้ศึกษาการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ที่บึงบอระเพ็ด (จังหวัดนครสวรรค์) หนองหาร (จังหวัดสกลนคร) และกว๊านพะเยา (จังหวัดพะเยา) ในน้ำ ดินตะกอน พืชน้ำ และสัตว์น้ำ พบการปนเปื้อนในดินตะกอนมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการตกค้างของสารพิษในดินตะกอน พืชน้ำ และสัตว์น้ำ กับในน้ำ พบว่าปริมาณสารพิษตกค้างในตัวอย่างทั้งสามชนิดนี้มีค่าสูงกว่าในตัวอย่างน้ำคิดเป็น 517 422 และ 425 เท่าของปริมาณการตกค้างในตัวอย่างน้ำ ตามลำดับ นั่นแสดงว่าสารพิษมักสะสมในดินตะกอนมากกว่าที่จะปนเปื้อนอยู่ในน้ำ และมีบางส่วนถ่ายทอดไปสู่พืชน้ำและสัตว์น้ำ โดยการกิน การหายใจ การสัมผัสทางผิวหนัง หรือซึมสู่ผิวราก และลำต้นพืช พืชน้ำและสัตว์น้ำจึงมีโอกาสที่จะสะสมสารพิษในปริมาณที่สูงขึ้น

Tanabe, *et al.* (1984) ศึกษาปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ตามลำดับของโซ่อาหารในระบบนิเวศน์ทางทะเล บริเวณทะเลเหนือ (North Pacific) พบว่าระดับของความเข้มข้นของ ดีดีที และ เอชซีเอช จะเพิ่มขึ้นตามลำดับของผู้ล่า พบ

ปริมาณดีดีทีรวมที่ตกค้างในน้ำ (Surface Seawater, ng/l) แพลงก์ตอนสัตว์ (Zooplankton, μg/kg) ไมโตฟิด (*Diaphus suborbitalis*, μg/kg) ปลาหมึก (*Todarodes pacificus*, μg/kg) และปลาโลมา (*Stenella coeruleoalba*, μg/kg) ในดีดีทีมีค่ามีค่าเฉลี่ย 0.14 1.7 43 22 และ 5,200 ตามลำดับ เช่นเดียวกับกลุ่มเอชซีเอช พบมีค่าเฉลี่ย 2.1 0.26 2.2 1.1 และ 77 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 7 วัฏจักรของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในสิ่งแวดล้อม
ที่มา : Matsumura, 1982 : 259

4. องค์กรที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสารอันตรายด้านการเกษตร

ได้มีหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน องค์กรทั้งในและต่างประเทศที่ได้พยายามรณรงค์ให้มีการลดหรือเลิกใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ และพยายามส่งเสริมให้เกษตรกรเข้าใจในระบบนิเวศน์และความสมดุลย์ของธรรมชาติ ในปัจจุบันประเทศไทยมีกฎหมายที่เกี่ยวกับสารเคมีทางการเกษตรคือ พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 การควบคุมการใช้สารอันตรายด้านการเกษตรภายในประเทศ มีหน่วยงานรับผิดชอบอยู่ 5 หน่วยงาน คือ

4.1 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ทำหน้าที่รับผิดชอบในการควมคุมวัตถุอันตรายที่ใช้ในการเกษตร

4.2 กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ทำหน้าที่รับผิดชอบในการควบคุมวัตถุอันตรายที่ใช้ในการประมง

4.3 กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ทำหน้าที่รับผิดชอบในการควบคุมวัตถุอันตรายที่ใช้ในการอุตสาหกรรม

4.4 สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุขทำหน้าที่รับผิดชอบในการควบคุมวัตถุอันตรายที่ใช้ในการสาธารณสุข

การขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตรเป็นกระบวนการในการพิจารณาเพื่อขออนุญาตให้ใช้วัตถุอันตราย และเป็นมาตรการควบคุม วัตถุอันตราย ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 การขึ้นทะเบียนวัตถุอันตราย เป็นมาตรการหนึ่งในการควบคุมวัตถุอันตรายตามกฎหมาย ซึ่งมีขอบเขตจำกัดอยู่เพียงการศึกษาพิจารณา และประเมินค่าข้อมูล และผลการทดลองเพื่ออนุญาตให้ใช้วัตถุอันตรายเท่านั้น ในการควบคุมวัตถุอันตราย ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย 2535 ยังจำเป็นต้องมีมาตรการอื่นประกอบ เช่น การควบคุมโดยการออกใบอนุญาตให้กิจการวัตถุอันตรายต่าง ๆ การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด ตลอดจนการตรวจสอบและการดำเนินคดีต่อผู้ฝ่าฝืนกฎหมาย ซึ่งหากต้องการให้การควบคุมวัตถุอันตรายด้านการเกษตรเป็นไปอย่างได้ผลแล้ว จำเป็นต้องประสานมาตรการควบคุมต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ต้องกำหนดนโยบายและเป้าหมายให้ชัดเจน วางมาตรการ และกำหนดวิธีปฏิบัติงานให้รัดกุม และส่งเสริมการเกษตรที่ปลอดภัยจากสารเคมี

กรมส่งเสริมการเกษตรซึ่งเป็นหน่วยงานของรัฐที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการใช้สารพิษกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร ซึ่งมีกองป้องกันและกำจัดศัตรูพืชกระจายอยู่ทั่วประเทศ รวม 31 หน่วย ซึ่งหน่วยงานดังกล่าวมีหน้าที่อย่างสังเขป คือ

1) จัดหาสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ เพื่อนำไปแจกจ่ายช่วยเหลือเกษตรกรที่ประสบปัญหาศัตรูพืชโดยไม่คิดมูลค่า

2) ส่งเสริมเผยแพร่ให้เกษตรกรได้รู้จักวิธีการควบคุมศัตรูพืชอย่างถูกต้อง

การแก้ไขปัญหาการระบาดของศัตรูพืชต่าง ๆ นั้น ไม่ได้อยู่ที่การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์แต่เพียงอย่างเดียว แต่อยู่ที่การจัดการหรือบริหารระบบนิเวศน์อย่างถูกต้อง โดยมุ่งเน้นการรักษาสมดุลย์ธรรมชาติมากกว่า (ปัญหาการใช้สารพิษกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร, 2537)

5. ชนิดและปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำและดินตะกอน

การศึกษาการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ได้รับความสนใจจากนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลก โดยเฉพาะ ดีดีที ซึ่งพบว่าดีดีทีมีความสามารถในการตกค้างสะสมได้นาน และเป็นสาเหตุของการสูญพันธุ์ของนกเหยี่ยวบางชนิดในอเมริกา จนต้องมีการสั่งห้ามใช้สาร ดีดีทีและสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน อีกหลายชนิด

จากการศึกษาการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ที่ตกค้างในดินตะกอนของทะเลสาบ Schirmacher Oasis ในแอนตาร์กติกาพบ เอชซีเอชในช่วง 37.7 - 155 พิโคกรัมต่อกรัม และดีดีทีรวม ในช่วง 512.9 - 1,131 พิโคกรัมต่อกรัม ในกลุ่มเอชซีเอช พบแกมมา-เอชซีเอช มากที่สุด ในกลุ่มดีดีทีพบ พารา-พารา-ดีดีที ในปริมาณมากที่สุด (Sakar *et al.*, 1994) บริเวณชายฝั่ง Alicant ของสเปนพบการตกค้างของ ดีดีทีในดินตะกอน 0.01 - 0.3 นาโนกรัมต่อกรัม และเอชซีเอช 0.01 - 0.12 นาโนกรัมต่อกรัม (Prats *et al.*, 1992)

การศึกษาเปรียบเทียบการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินของประเทศในแถบเอเชีย ได้แก่ ประเทศไทย เวียดนาม และไต้หวัน พบว่าประเทศเวียดนามมีปริมาณการตกค้างของสารดีดีทีสูงที่สุด รองลงมาคือประเทศไต้หวันและประเทศไทยซึ่ง มีค่าเฉลี่ย 110 20 และ 8.3 นาโนกรัมต่อกรัม ตามลำดับ เช่นเดียวกับกลุ่มเอชซีเอช พบในปริมาณสูงสุดในประเทศเวียดนาม รองลงมาคือประเทศไต้หวันและประเทศไทยซึ่ง มีค่าเฉลี่ย 4.8 1.4 และ 0.4 นาโนกรัมต่อกรัม ตามลำดับ (Thao *et al.*, 1992 : 61)

ในแม่น้ำปิงพบการตกค้างของ เอชซีเอช ในช่วง nd - 0.58 ส่วนในพันล้านส่วนโดยพบแอลฟา-เอชซีเอชมากที่สุด พบดีดีทีในช่วง nd-1.00 ส่วนในพันล้านส่วน ซึ่งค่าดีดีทีรวมในน้ำมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน (Saowanee Rattanaphani *et al.*, 1996)

รายงานการศึกษาชนิดและปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อมบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก มีรายงานดังนี้

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สำนักวิจัยและพัฒนา. (2533) ได้รายงานการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ในระหว่างเดือนกันยายน 2531 ถึง เมษายน 2532 ตรวจพบสารพิษตกค้างกลุ่มดีดีที ในเขตที่มีการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์มากคือในเขตพื้นที่ อำเภอระโนด อำเภอเมือง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา อำเภอเมืองและอำเภอเขาชัยสน

จังหวัดพัทลุง โดยพบสาร ออโธ- พารา-ดีดีที และพารา-พารา-ดีดีที ตกค้างในตัวอย่างดินที่สำรวจคิดเป็นร้อยละ 38 และ 73 ตามลำดับ ในตัวอย่างพืชคิดเป็นร้อยละ 59 และ 76 ตามลำดับ ความเข้มข้นของสาร พารา-พารา-ดีดีที ที่ตรวจพบในตัวอย่างดินและพืช มีค่าเฉลี่ย 0.71 และ 2.82 ส่วนในพันล้านส่วน (ppb) ตามลำดับ ส่วนออโธ-พารา-ดีดีที มีค่าเฉลี่ย 0.27 และ 1.16 ส่วนในพันล้านส่วน (ppb) ตามลำดับ สำหรับในเขตที่มีการใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืชน้อย คือในเขตพื้นที่กิ่งอำเภอกระแสสินธ์ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา อำเภอปากพะยูน และอำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง พบสารออโธ-พารา-ดีดีที และพารา-พารา-ดีดีที ตกค้างในตัวอย่างดินที่สำรวจคิดเป็นร้อยละ 17 และ 66 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ย 0.06 และ 0.82 ส่วนในพันล้านส่วน ในตัวอย่างพืชพบสารออโธ-พารา-ดีดีที และพารา-พารา-ดีดีที ตกค้างอยู่โดยเฉลี่ย 0.47 และ 1.00 ส่วนในพันล้านส่วน โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.01 และ 7.84 ส่วนในพันล้านส่วน ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่าความปลอดภัยของสารดีดีทีที่องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) กำหนดไว้ในผักเท่ากับ 70 ส่วนในพันล้านส่วน

มณฑิพย์ ศรีรัตนา ทาบูกานอน. (2537) รายงานการสำรวจปริมาณตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลาจำนวน 16 ตัวอย่าง ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม 2533 และในระหว่างเดือนมีนาคม-มิถุนายน 2534 พบสาร ดีลดริน บีเอชซี ดีดีที และเฮปตาคลอ ไม่พบเอนดริน อย่างไรก็ตามปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่พบยังน้อยกว่าค่ามาตรฐานที่ยอมให้มีได้ในแหล่งน้ำ

Proespichaya Kanatharana, *et al.* (1994) ศึกษาการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ในน้ำทะเลสาบสงขลา ในระหว่างเดือนกันยายน 2534 ถึงสิงหาคม 2535 พบปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนอยู่ในช่วง 0-0.05690 ส่วนในล้านส่วน โดยพบกลุ่มดีดีทีในปริมาณมากที่สุด ความเข้มข้นจะขึ้นอยู่กับฤดูกาล พบว่าในช่วงฤดูแล้งจะมีความเข้มข้นสูงกว่าฤดูฝน

6. ลักษณะลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

6.1 ลักษณะทั่วไป

พื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ตั้งอยู่ในเขตร้อนระหว่างเส้นละติจูดที่ 6° 20′ ถึง 8° 12′ เหนือ และระหว่างเส้นลองติจูดที่ 99° 44′ ถึง 100° 41′ ตะวันออก มีพื้นที่ทั้งหมด 9,807 ตร.กม. ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดสงขลา 11 อำเภอ กับ 1 กิ่งอำเภอ คือ อำเภอเมือง อำเภอรัตภูมิ อำเภอ

หม่อม อำเภอคลองหอยโข่ง และกิ่งอำเภอกระแสสินธุ์ ทะเลสาบสงขลาเป็นแหล่งน้ำจืดขนาดใหญ่ มีพื้นที่ผิวน้ำคิดเป็นเนื้อที่รวม 1,046.04 ตารางกิโลเมตร ซึ่งประกอบด้วยแหล่งน้ำที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ทะเลสาบตอนนอกมีเนื้อที่ 182.15 ตร.กม. ทะเลหลวงตอนบนมีเนื้อที่ 836.73 ตร.กม และทะเลน้อยมีเนื้อที่ 27.16 ตร.กม. ความลึกโดยเฉลี่ย 1-2 เมตร (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สำนักวิจัยและพัฒนา, 2537)

6.2 ลักษณะภูมิประเทศ

ภูมิประเทศของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาประกอบด้วยพื้นที่ภูเขาสูง บริเวณทิศตะวันตกของลุ่มน้ำ ซึ่งเป็นที่ตั้งของแนวเทือกเขาบรรทัดที่วางตัวเป็นแนวเหนือใต้ ภูเขามีความสูงระหว่าง 800 เมตร ถึง 1,200 เมตร จากระดับน้ำทะเล ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของลำธารที่ไหลลงสู่ทะเลสาบ เช่น คลองพรุพ้อ คลองท่าแค และคลองรัตภูมิ เป็นต้น ถัดจากที่ภูเขา เป็นที่ราบแบบลูกคลื่น ประกอบด้วยเนินเตี้ยสลับที่ราบ ซึ่งมีระดับความสูงอยู่ระหว่าง 100 เมตร ถึง 200 เมตร จากระดับน้ำทะเล ราษฎรทำสวนยางพารา ปลูกพืชไร่ และทำสวนผลไม้ และพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ ในบริเวณรอบ ๆ ทะเลสาบ จะเป็นที่ราบลุ่มน้ำ ซึ่งเกิดจากการทับถมของตะกอนลำธารที่ไหลลงสู่ทะเลสาบ มีระดับความสูงต่ำกว่า 60 เมตร จากระดับน้ำทะเล ในบริเวณที่ราบลุ่มน้ำจะเป็นที่ตั้งของชุมชนเมืองและชุมชนชนบทขนาดใหญ่ จากลักษณะภูมิประเทศดังกล่าว พื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาจึงเป็นแหล่งผลิตทางการเกษตรที่สำคัญแห่งหนึ่งของภาคใต้โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตข้าวในบริเวณที่ราบลุ่ม การทำสวนยางพาราและสวนผลไม้ และทรัพยากรด้านการประมง (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สำนักวิจัยและพัฒนา, 2537 : 16)

6.3 ภูมิอากาศ

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีลักษณะภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อนได้รับอิทธิพล จากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มากกว่าลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในปีหนึ่ง พอจะแบ่งได้เป็น 2 ฤดู คือ ฤดูฝน และฤดูแล้ง ฤดูฝนมีช่วงระยะเวลานานประมาณ 8 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม จนถึงธันวาคม สามารถแบ่งออกได้เป็นสองระยะ คือระยะแรกฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนกันยายน ช่วงนี้ฝนตกน้อยเนื่องจากเทือกเขาบรรทัดขวางทิศทางลมอยู่ ระยะที่สองฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม ในระยะนี้ฝนตกมาก ฤดูแล้งเริ่มตั้งแต่ เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนจะได้รับอิทธิพลจากลมตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นลมร้อนและชื้น

6.4 สภาพของน้ำเพื่อการเกษตร

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในแต่ละเดือนในรอบปีและค่าศักย์ของการคายระเหยน้ำของพืชในแต่ละเดือนในรอบปี พบว่าระหว่างต้นเดือนกันยายนถึงกลางเดือนมกราคม เป็นช่วงที่ปริมาณฝนตกมากกว่าอัตราการคายระเหยน้ำ ปริมาณน้ำฝนดังกล่าวจะถูกพืชนำไปใช้และเหลือเก็บไว้ในดิน หรือไหลบ่าลงสู่แม่น้ำลำคลองและทะเลสาบสงขลา ในช่วงนี้ดินจึงมีความชุ่มชื้นมาก และในช่วงต้นเดือนมกราคม จนถึงปลายเดือนสิงหาคม หรือต้นเดือนกันยายน เป็นระยะที่อัตราการคายระเหยน้ำสูงกว่าปริมาณฝนที่ตก จึงทำให้ดินอยู่ในสภาพแห้งแล้ง และเป็นช่วงที่พืชอาจขาดแคลนน้ำได้ (กรมพัฒนาที่ดิน, กองวางแผนการใช้ที่ดิน, 2530 : 9)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำและดินตะกอน บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่ตกค้างในน้ำและดินตะกอนบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก
3. เพื่อชี้นำแนวทางบางประการในการควบคุมการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

การเลือกจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่

ทะเลสาบสงขลาตอนนอกมีพื้นที่ผิวน้ำคิดเป็นเนื้อที่ 182.16 ตารางกิโลเมตร (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สำนักวิจัยและพัฒนา, 2537 : 8) ลักษณะเป็นทะเลเปิด มีทางออกสู่อ่าวไทยที่ปากทะเลสาบสงขลาบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ทิศเหนือติดกับอำเภอสิงหนคร ทิศใต้ติดอำเภอหาดใหญ่และอำเภอบางกล่ำ ทิศตะวันออกติดอำเภอเมืองสงขลา ทิศตะวันตกติดอำเภอควนเนียง มีอาณาเขตตั้งแต่ช่วงปากทะเลสาบไปจนถึงปากรอ ความลึกเฉลี่ย 2 เมตร คุณภาพน้ำเป็นน้ำเค็ม และน้ำกร่อย ทะเลสาบสงขลาตอนนอกจึงเป็นที่รับน้ำทั้งหมดของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ก่อนไหลออกสู่อ่าวไทย บริเวณนี้จึงเป็นเหมือนจุดรวมของมลสารจากคลองต่าง ๆ ก่อนที่จะไหลออกสู่ทะเลอ่าวไทย

การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนเพื่อศึกษาชนิดและปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนครั้งนี้ เป็นแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยคำนึงถึงบริเวณที่คาดว่าเป็นแหล่งมลสารซึ่งไหลลงทะเลสาบสงขลาตอนนอก การเก็บตัวอย่างจะเก็บบริเวณปากคลองของแต่ละลุ่มน้ำย่อยให้กระจายครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ รวมทั้งสิ้น 10 จุด และในทะเลสาบสงขลาตอนนอก อีก 3 จุด (ภาพประกอบ 8) รายละเอียดดังนี้คือ

1. พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองพะวง ปากคลองที่เป็นตัวแทนในการเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนมี 2 จุด คือบริเวณปากคลองสำโรง (S2) และปากคลองพะวง (S3) อำเภอเมืองสงขลา ภาพประกอบ 9-ข และ 9-ค

2. พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองอู่ตะเภา เป็นลุ่มน้ำย่อยที่มีพื้นที่กว้างใหญ่ที่สุดในบริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนนอก มีคลองสาขาย่อยมากมาย และแตกแขนงไหลลงสู่ทะเลสาบที่ ตำบลคูเต่า ปากคลองที่เป็นตัวแทนในการเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนมี 3 จุด ที่ตำบลคูเต่า อำเภอหาดใหญ่ (S4 S5 และ S6) ภาพประกอบ 10-ก 10-ข และ 10-ค

3. พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองบางกล่ำเก็บตัวอย่างน้ำ และดินตะกอนจากปากคลองบางกล่ำ (S7) อำเภอบางกล่ำ ภาพประกอบ 11-ก

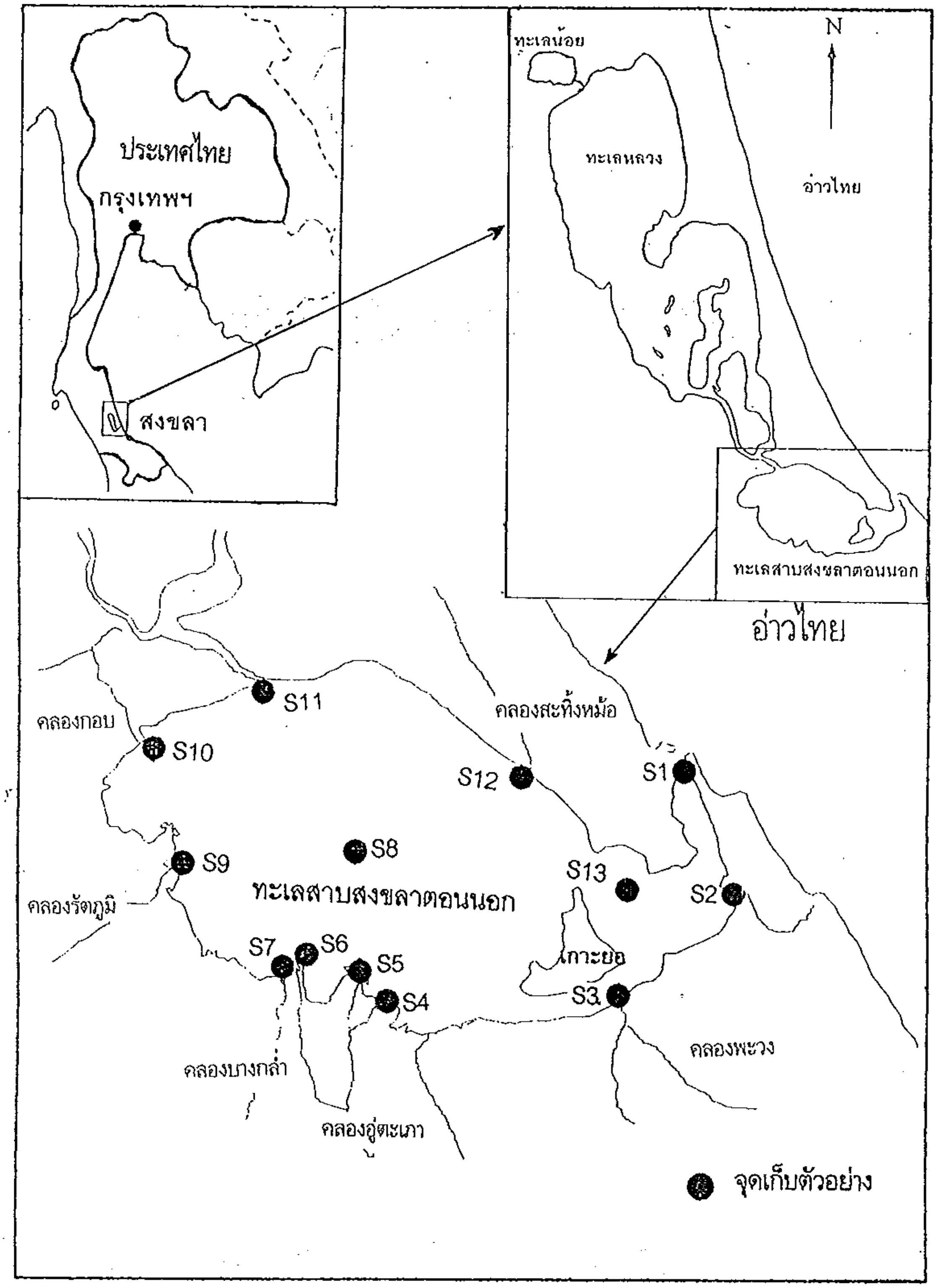
4. พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองรัตภูมิ เก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนจากปากคลองรัตภูมิ (S9) ที่บ้านปากบาง อำเภอควนเนียง ภาพประกอบ 11-ข

5. พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองกอบ เก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนจากปากคลองกอบ (S10) ที่บ้านท่าม่วง อำเภอควนเนียง ภาพประกอบ 11-ค

6. คลองปากรอ เป็นคลองที่รับน้ำจากทะเลหลวง (ทะเลสาบตอนใน) ลงสู่ทะเลสาบตอนนอก เก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนจากปากรอ (S11) อำเภอควนเนียง ภาพประกอบ 12-ก

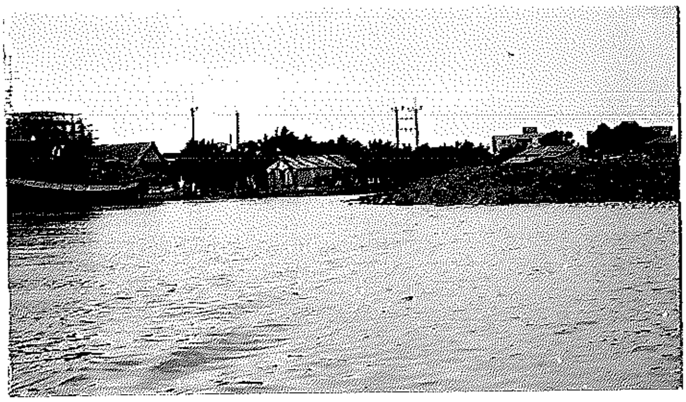
7. พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยคลองสะทิ้งหม้อ เก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนจากปากคลองสะทิ้งหม้อ (S12) อำเภอสิงหนคร ภาพประกอบ 12-ข

8. ในทะเลสาบสงขลาตอนนอก เก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนจาก ปากทะเลสาบ (S1) หน้าชุมชนบ้านเขาเขียว (S13) และกลางทะเลสาบ (S8) ภาพประกอบ 9-ก 12-ค และ 13-ก

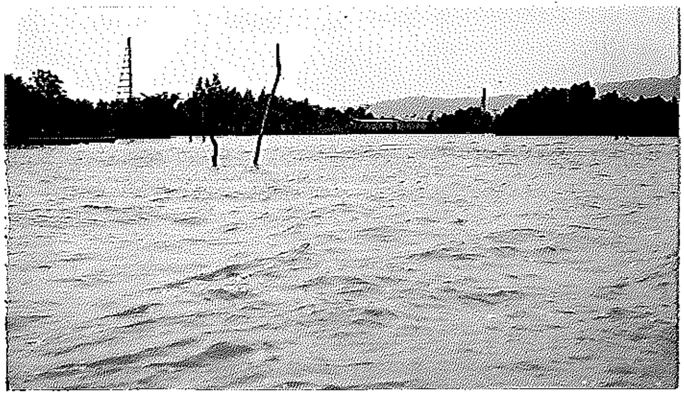


ภาพประกอบ 8 แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนในทะเลสาบสงขลาตอนนอก
ที่มา : ดัดแปลงจากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดสงขลา, กรมพัฒนาที่ดิน, 2530

9-ก (S1)



9-ข (S2)



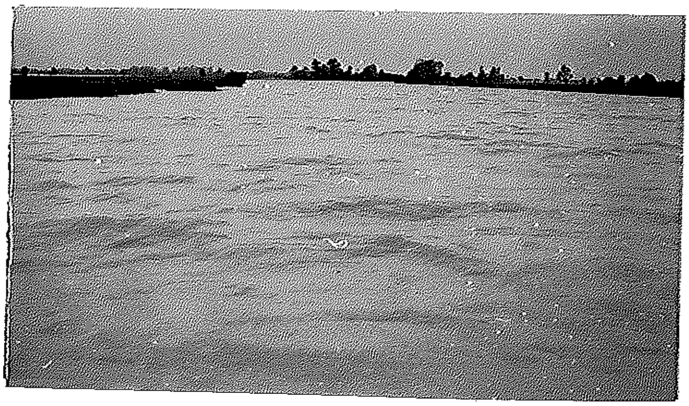
9-ค (S3)

ภาพประกอบ 9 ลักษณะทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอน บริเวณปากทะเลสาบ (9-ก) ปากคลอง สำโรง (9-ข) ปากคลองพะวง (9-ค)

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

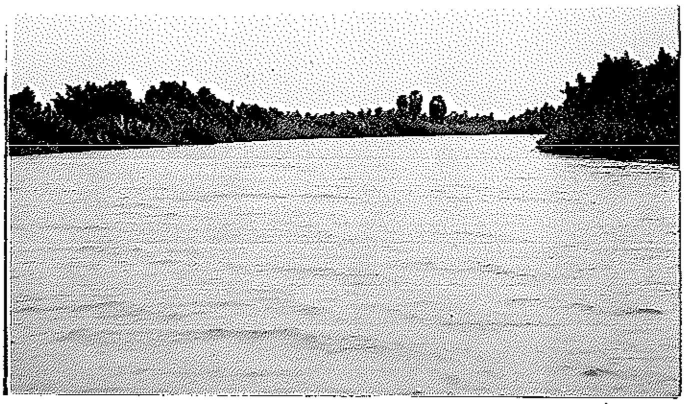
10-ก (S4)

10-ข (S5)

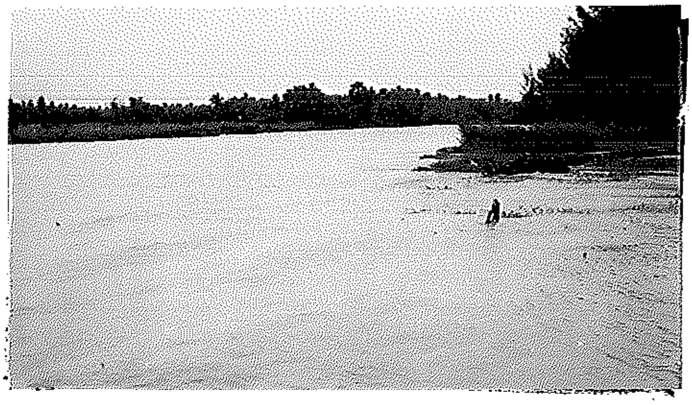


10-ค (S6)

ภาพประกอบ 10 ลักษณะทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอน บริเวณปากคลองอู่ตะเภา (10-ก, 10-ข และ10-ค)



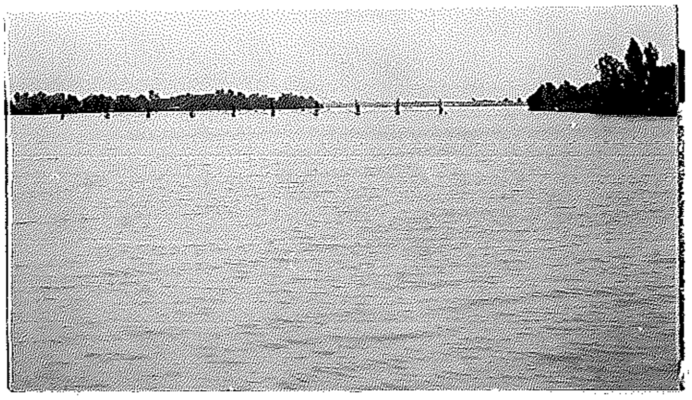
11-ก (S7)



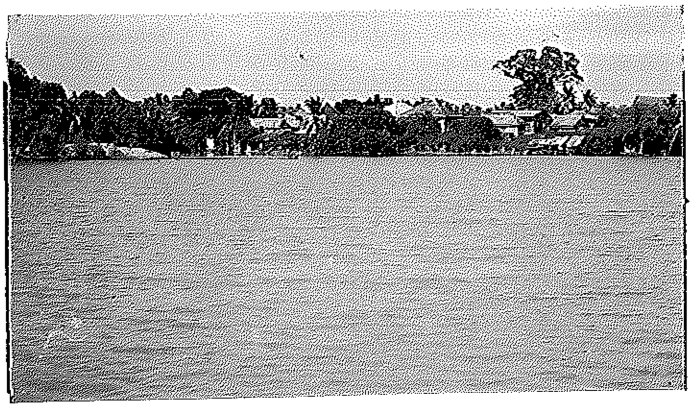
11-ข (S9)

11-ค (S10)

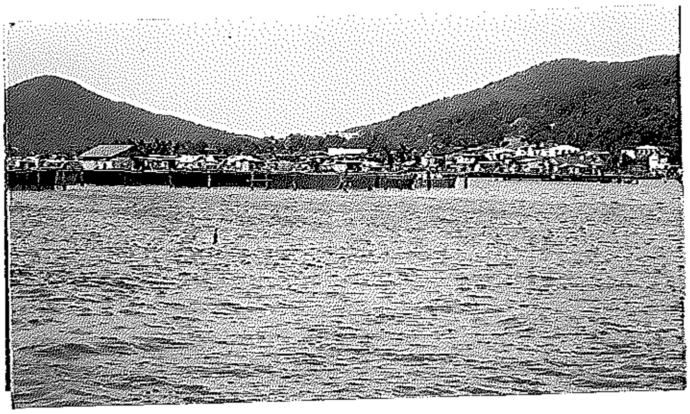
ภาพประกอบ 11 ลักษณะทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอน บริเวณปากคลองบางกล่ำ (11-ก) ปากคลองรัตภูมิ (11-ข) ปากคลองกอบ (11-ค)



12-ก (S11)



12-ข (S12)



12-ค (S13)

ภาพประกอบ 12 ลักษณะทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอน บริเวณปากรอ (12-ก) ปากคลองสะทิ้งหม้อ (12-ข) บ้านเขาเขียว (12-ค)

13-ก (S8)

ภาพประกอบ 13 ลักษณะทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอน บริเวณกลางทะเลสาบ (13-ก)

การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอน โดยแบ่งออกเป็นสองช่วงฤดู คือ ในช่วงฤดูฝน เก็บตัวอย่างจำนวน 2 ครั้ง คือ ในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม 2538 ในช่วงฤดูแล้ง อีกจำนวน 2 ครั้ง คือ ในเดือนมีนาคมและเมษายน 2539 รวมทั้งสิ้น 4 ครั้ง ทำการตรวจวัด อุณหภูมิ (Temperature) ความเค็ม (Salinity) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และความลึก (Depth) ของน้ำ ณ จุดเก็บตัวอย่างทันที

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่างดินตะกอน (Moisture Content) และสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำและดินตะกอน ที่ห้องปฏิบัติการของคณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยสรุปวิธีการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 1

ตาราง 1 ดัชนีคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลาตอนนอกและวิธีการวิเคราะห์

ดัชนีคุณภาพน้ำ	วิธีการวิเคราะห์
สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน	ก๊าซโครมาโตกราฟฟี (GC-ECD)
ความลึก	เครื่องวัดความลึก (Echo Sounder)
พีเอช	พีเอชมิเตอร์ (pH Meter)
ความเค็ม	เครื่องวัดความเค็ม (Salinity Refractometer)
อุณหภูมิ	เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

การศึกษาหาสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำและดินตะกอน บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอกครั้งนี้ เก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 104 ตัวอย่าง โดยแยกประเภทการเก็บตัวอย่างดังนี้

1. ตัวอย่างน้ำ เก็บตัวอย่างบริเวณปากคลองที่ไหลลงสู่ทะเลสาบตอนนอกและในทะเลสาบสงขลาตอนนอก จากจุดเก็บตัวอย่าง 13 จุด โดยเก็บในช่วงฤดูฝนจำนวน 2 ครั้ง คือในเดือนพฤศจิกายน และธันวาคม 2538 เป็นจำนวน 26 ตัวอย่าง ในฤดูแล้ง 2 ครั้ง คือในเดือนมีนาคมและเมษายน 2539 เป็นจำนวน 26 ตัวอย่าง รวมตัวอย่างน้ำทั้งสิ้น 52 ตัวอย่าง

2. ตัวอย่างดินตะกอน เก็บตัวอย่างบริเวณปากคลองที่ไหลลงสู่ทะเลสาบตอนนอกและในทะเลสาบสงขลาตอนนอก จากจุดเก็บตัวอย่าง 13 จุด (บริเวณเดียวกับจุดเก็บตัวอย่างน้ำ) โดยเก็บในช่วงฤดูฝนจำนวน 2 ครั้ง คือในเดือนพฤศจิกายน และธันวาคม 2538 เป็นจำนวน 26 ตัวอย่าง ในฤดูแล้ง 2 ครั้ง คือในเดือนมีนาคม และเมษายน 2539 เป็นจำนวน 26 ตัวอย่าง รวมตัวอย่างดินตะกอน ทั้งสิ้น 52 ตัวอย่าง

วิธีการเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอน เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในครั้งนี้ ดำเนินการตามคู่มือการเก็บและรักษาตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. (2530) รายละเอียดดังนี้

1. การเก็บตัวอย่างน้ำ ใช้กระบอกเก็บตัวอย่างน้ำ (Water Sampler) ขนาด 2 ลิตร เก็บตัวอย่างน้ำปริมาตร 2 ลิตร ที่ระดับกึ่งกลางความลึกกลางลำคลอง โดยจุดเก็บจะห่างจากปากคลองเข้าไป

ประมาณ 30 เมตร เก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดแก้วสีชาขนาดความจุ 2.5 ลิตร เก็บไม่ให้ถูกความร้อนและแสง

2. การเก็บตัวอย่างดินตะกอน โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างดินตะกอนชนิด Ekman Bottom Grab เก็บตัวอย่างตรงกลางลำคลอง ในบริเวณเดียวกับจุดเก็บตัวอย่างน้ำ เก็บตัวอย่างแต่ละจุดประมาณ 1 กิโลกรัม บรรจุลงถุงพลาสติกเก็บไม่ให้ถูกความร้อนและแสง

การวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ กลุ่มออร์กาโนคลอรีน

การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ กลุ่มออร์กาโนคลอรีน แบ่งออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ได้แก่ การสกัด (Extraction Step) การทำให้สะอาด (Clean up Step) และการหาปริมาณด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ ที่มีตัวตรวจวัดชนิดอิเลกตรอนแคปเจอร์ (GC-ECD, Quantification Step) ตัวอย่างสิ่งแวดล้อมที่ทำการศึกษาแบ่งออกเป็นตัวอย่างน้ำ และตัวอย่างดินตะกอน เนื่องจากตัวอย่างที่ศึกษามีความแตกต่างกัน ดังนั้นขั้นตอนการวิเคราะห์จึงแตกต่างกันตามชนิดของตัวอย่าง

การศึกษาหาชนิดและปริมาณความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ที่ตกค้างในน้ำและดินตะกอน ทำการวิเคราะห์ทั้งสิ้น 18 ชนิด ได้แก่ แอลฟา-เอชซีเอช (α-HCH) เบต้า-เอชซีเอช (β-HCH) แกมมา-เอชซีเอช (γ-HCH) เดลต้า-เอชซีเอช (δ-HCH) เฮปตาคลอ (Heptachlor) เฮปตาคลอ อีพ๊อกไซด์ (Heptachlor epoxide) ออโธ-พารา-ดีดีอี (*o,p'*-DDE) พารา-พารา-ดีดีอี (*p,p'*-DDE) ออโธ-พารา-ดีดีดี (*o,p'*-DDD) พารา-พารา-ดีดีดี (*p,p'*-DDD) ออโธ-พารา-ดีดีที (*o,p'*-DDT) พารา-พารา-ดีดีที (*p,p'*-DDT) อัลดริน (Aldrin) ดีลดริน (Dieldrin) เอนดริน (Endrin) เอนโดซัลแฟน เบต้า (Endosulfan bata) เอนโดซัลแฟน แอลฟา (Endosulfan alpha) และเอนโดซัลแฟน ซัลเฟต (Endosulfan sulfate) โดยวิธีการที่ใช้มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ (Recovery Test) อยู่ในช่วง 70-100 เปอร์เซนต์ (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม, 2536)

1. สารเคมีที่ใช้

1.1 นอร์มัลเฮกเซน ชนิด เออาร์เกรด (n-Hexane, A.R. Grade)

1.2 อะซิโตน ชนิด เออาร์เกรด (Acetone, A.R. Grade)

1.3 โซเดียมซัลเฟต แบบเม็ด ชนิด เออาร์เกรด
(Sodium Sulphate Granulated Anhydrous , A.R. Grade)

1.4 ฟลอริซิล ชนิด เออาร์เกรด (Florisil, A.R. Grade)

1.5 เมทิลีนคลอไรด์ (CH_2CL_2, A.R. Grade)

1.6 สารละลายออร์กาโนคลอรีนมาตรฐาน (Gasukuro Kogyo Inc. Japan)

2. อุปกรณ์

2.1 กรวยแยก (Separatory Funnel)

2.2 คอลัมน์แก้ว (Column) และ ใยแก้ว (Glass Wool)

2.3 เครื่องลดปริมาตร (Rotary Evaporator) ยี่ห้อ Rotavapor R-114

2.4 เข็มฉีดขนาดเล็ก (Micro Syringe) 10 ไมโครลิตร

2.5 เครื่องปั่น (Homogenizer) ยี่ห้อ ULTRA-TURRAX T25

2.6 เครื่องเขย่าขวด (Shaker) ยี่ห้อ DS LDB ROTATOR MODEL : USR 2800A

2.7 เครื่องเขย่ากรวยแยก (Funnel Shaker) ยี่ห้อ Hsiangtai

2.8 เครื่องวัดพีเอช (pH Meter) ยี่ห้อ Check Mate M 90

2.9 เครื่องวัดความเค็ม (Salinity Refractometer) ยี่ห้อ Tamco

2.10 เครื่องแก้วที่จำเป็นในการวิเคราะห์

2.11 เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ (Gas Chromatograph) ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ มีสภาพการใช้ งานดังนี้

ก๊าซโครมาโตกราฟ	:	SHIMADZU 14 A ; Chromatopac RC4A ประเทศญี่ปุ่น
เครื่องตรวจวัด (Detector)	:	Electron Capture Detector (ECD), ^{63}Ni
คอลัมน์ (Column)	:	Capillary Column 1.5 µM Rtx-5 (Fused Silica), 30 m, 0.53 mm ID ยี่ห้อ Restek
อุณหภูมิ (Temperature)	:	Injector 250 °C Detector 300 °C และ Column 205 °C (Isothermal)
ก๊าซพา (Carrier Gas)	:	ก๊าซไฮโดรเจนบริสุทธิ์ (H_2) อัตราเร็ว 26 ml/min ความดัน 1.4 Kg/cm^2
Make up Gas	:	ก๊าซไนโตรเจน (N_2-OFN) อัตราเร็ว 50 ml/min ความดัน 0.4 Kg/cm^2

3. วิธีการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนจากตัวอย่างน้ำและดินตะกอน

3.1 การสกัดตัวอย่างน้ำ

3.1.2 วิธีการสกัดตัวอย่างน้ำ

เติมเฮกเซน 100 มิลลิลิตร ลงในขวดเก็บตัวอย่างน้ำปั่นด้วยเครื่อง Homogenizer ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที วางทิ้งไว้สักครู่เพื่อให้เฮกเซนแยกชั้นออกจากน้ำ ดูดชั้นเฮกเซนใส่ขวดรูปชมพู่ ทำความสะอาดสารละลายเฮกเซนด้วยน้ำกลั่น (น้ำกลั่นที่ใช้ต้องผ่านการล้างด้วย เฮกเซน ดูวิธีการเตรียมในภาคผนวก ก) นำสารละลายที่ได้ผ่านโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส แล้วลดปริมาตร ให้เหลือประมาณ 2 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างรอทำการ Clean up ต่อไป

3.2.2 ฟลอริซิล Clean up ตัวอย่างน้ำ

นำคอลัมน์แก้วขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ตั้งคอลัมน์บนขาตั้งให้ตรงใส่ใยแก้ว (Glass Wool) จำนวนเล็กน้อย ใช้แท่งแก้วสอดเข้าไปให้ติดปลายคอลัมน์บริเวณข้อต่อ ทำความสะอาดโดย ล้างผนังคอลัมน์แก้วด้านในด้วยเฮกเซน 3 ครั้ง นำฟลอริซิล 6 กรัม ที่ผ่านการ Activate ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ชั่วโมง บรรจุลงในคอลัมน์ที่เตรียมไว้ เติมโซเดียมซัลเฟต ชนิดที่ปราศจากน้ำสูงประมาณ 1 เซนติเมตร ลงบนชั้นผิวของฟลอริซิล ผ่านเฮกเซนลงสู่คอลัมน์ ระวังไม่ให้คอลัมน์แห้ง โดยคุมระดับเฮกเซนให้สูงกว่าชั้นผิวฟลอริซิลเสมอ

ปิเปตสารละลายเฮกเซนที่ได้จากการสกัดตัวอย่างน้ำ (จากข้อ 3.1.2) ลงสู่คอลัมน์ ไม่ควรให้ปลายของปิเปตสัมผัสกับผิวคอลัมน์แก้ว Elute ด้วยสารละลายไดเอธิลอีเทอร์ต่อเฮกเซน 15:85 จำนวน 30 มิลลิลิตร เก็บสารละลายที่ผ่านการ Elute ใน Ground Joint Flask นำไปลดปริมาตรด้วยเครื่องลดปริมาตร ปรับปริมาตรเป็น 2 มิลลิลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ

3.2 การสกัดตัวอย่างดินตะกอน

3.2.1 วิธีการสกัดตัวอย่างดินตะกอน

นำตัวอย่างดินตะกอนมา 100 กรัม ใส่ในขวดแก้วรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมอะซิโตน 100 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสาร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เก็บสารละลายอะซิโตน นำตัวอย่างดินที่ผ่านจากการสกัดด้วยอะซิโตนแล้ว มาสกัดด้วยสารละลายเฮกเซนต่ออะซิโตน 1:1 จำนวน 100 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่าสารอีก 1 ชั่วโมง กรองเอาตะกอนดินทิ้งไป รวมสารละลายทั้ง 2 ครั้งเข้าด้วยกัน นำไปสกัดด้วย เฮกเซน 100 มิลลิลิตร และ น้ำกลั่น (ผ่านการล้างด้วยเฮกเซนแล้ว) 500 มิลลิลิตร แล้วเขย่า อีก 10 นาที แล้วทิ้งไว้ให้แยกชั้น ไขชั้นน้ำทิ้งไป (ชั้นล่าง) นำสาร

ละลายที่ได้ผ่านโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส แล้วลดปริมาตรให้เหลือ 2 มิลลิลิตร เก็บสารละลายตัวอย่างรอทำการ clean up ต่อไป

3.2.2 ฟลอริซิล Clean up ตัวอย่างดินตะกอน

เตรียมฟลอริซิลคอลัมน์เช่นเดียวกับการ Clean up ตัวอย่างน้ำ แต่ลดเวลาที่ใช้ในการ Activate ฟลอริซิล จาก 14 ชั่วโมง เหลือเพียง 3 ชั่วโมง ปิเปตสารละลายที่ได้จากการสกัดตัวอย่างดินตะกอน (จากข้อ 3.2.1) ลงสู่คอลัมน์ ไม่ควรให้ปลายปิเปตสัมผัสกับผิวคอลัมน์แก้ว Elute ด้วย ไดคลอโรมีเทน 40 มิลลิลิตร เก็บสารละลายที่ผ่านการ Elute ด้วย Ground Joint Flask นำไปลดปริมาตรด้วยเครื่องลดปริมาตรเล้ว ปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 2 มิลลิลิตร

3.2.3 Copper Clean up

จุ่มขดลวดทองแดงลงในสารละลายที่ได้จากการสกัด และผ่านฟลอริซิล Clean up มาแล้ว แช่ทิ้งไว้สักครู่หนึ่ง จนกระทั่งผิวของขดลวดทองแดงเปลี่ยนเป็นสีดำเนื่องจากปฏิกริยาของกำมะถันที่ตกค้างอยู่ในตัวอย่าง และทองแดงเปลี่ยนเป็นรูปของโลหะซัลไฟด์ (CuS) ยกขดลวดขึ้นและนำมาล้างด้วยกรดซัลฟูริก ตามด้วยการล้างน้ำ อะซิโตน และเฮกเซน ขดลวดทองแดงก็จะกลับมาดูเหมือนใหม่อีกครั้งหนึ่ง ทำซ้ำจนกระทั่งสีของขดลวดทองแดงไม่เปลี่ยนเป็นสีดำอีกต่อไป

4. การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน โดยใช้เทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟฟี่

การวิเคระห์หาชนิดของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน เริ่มจากการฉีดสารละลายมาตรฐานกลุ่มออร์กาโนคลอรีน (Mixed Standard Solution) ซึ่งประกอบด้วยสารละลายรวมของ แอลฟา-เอชซีเอช เบต้า-เอชซีเอช แกมมา-เอชซีเอช เดลต้า-เอชซีเอช เฮปตาคลอ เฮปตาคลออีพอกไซด์ ออโธ-พารา-ดีดีอี พารา-พารา-ดีดีอี ออโธ-พารา-ดีดีดี พารา-พารา-ดีดีดี ออโธ-พารา-ดีดีที พารา-พารา-ดีดีที อัลดริน ดีลดริน เอนดริน เอนโดซัลแฟน เบต้า เอนโดซัลแฟน อัลฟา และเอนโดซัลแฟน ซัลเฟต ฉีด (Inject) สารละลายมาตรฐานผสมปริมาตร 0.2 ไมโครลิตร เข้าเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟฟี่จะได้โครมาโตแกรม (Chromatogram) ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนทั้ง 18 ชนิด ซึ่งสารแต่ละชนิดจะมีค่า รีเทนชั่นไทม์ (Retention Time) ที่แตกต่างกัน จากนั้นจึงฉีดตัวอย่างที่ผ่านการสกัดและ Clean up แล้วเข้าสู่เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ นำโครมาโตแกรมที่ได้มาเปรียบเทียบกับโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน ซึ่งค่ารีเทน ชั่นไทม์จะบอกให้ทราบถึงชนิดของสาร (Qunlitative) ส่วนความสูงของพีค (Peak) หรือพื้นที่ใต้พีค จะบอกถึงปริมาณ (Quantitative) ของสารที่มีอยู่ในตัวอย่าง ทำการคำนวณปริมาณความ

เข้มข้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ในตัวอย่างน้ำในหน่วย นาโนกรัมต่อลิตร (ng/l.) และในตัวอย่างดินตะกอนในหน่วยไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (μg/kg.)

การหาความชื้นของดินตะกอน

นำถ้วยระเหย (Evaporation Dish) ไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถทำแห้ง (Desiccator) แล้วชั่งหาน้ำหนัก ตักดินตะกอนประมาณ 5 กรัม ลงในถ้วยระเหย ชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอนด้วยเครื่องชั่งชนิดละเอียด (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักดินแห้งคงที่ (ประมาณ 1 อาทิตย์) ทิ้งไว้ให้เย็นในโถทำแห้ง ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งชนิดละเอียดอีกครั้งหนึ่ง น้ำหนักของดินตะกอนที่หายไปจะเท่ากับน้ำหนักของน้ำที่อยู่ในตัวอย่างดินตะกอน นำมาคำนวณหาร้อยละของความชื้นในดินตะกอน

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำค่าที่ได้จากการการวิเคราะห์หาสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในตัวอย่างน้ำและดินตะกอน มาหาค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) นำเสนอโดยใช้ตาราง กราฟ วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่พบในน้ำและดินตะกอน ใช้ Bivariate Correlation (Pearson) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง โดยใช้ t-test Independence ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS for Windows เวอร์ชั่น 6 (SPSS Inc., 1989-1993) (ธวัชชัย งามสันติวงศ์, 2540 ; วรชัย เยาวปาณี, 2532 ; ศิริชัย พงษ์วิชัย, 2537)

บทที่ 3

ผลการศึกษา

การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำ และดินตะกอน รวมทั้งศึกษาคุณภาพน้ำบางปัจจัยหลักใน บริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนนอกตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2538 ถึง เมษายน พ.ศ. 2539 โดยทำการเก็บตัวอย่างในระหว่างฤดูฝน 2 ครั้ง คือเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม 2538 ในระหว่างฤดูแล้ง 2 ครั้ง คือในเดือนมีนาคมและเมษายน 2539 จากจุดเก็บตัวอย่าง 13 จุด ได้จำนวนตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์ เป็นตัวอย่างน้ำ 52 ตัวอย่าง ตัวอย่างดินตะกอน 52 ตัวอย่าง รวมเป็นจำนวน 104 ตัวอย่าง ซึ่งผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

คุณภาพน้ำบางปัจจัยหลัก

ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำบางปัจจัยหลักได้ แก่ อุณหภูมิ พีเอช ความเค็ม และความลึกของน้ำ โดยทำการตรวจวัด ณ จุดเก็บตัวอย่างในเดือน พฤศจิกายน ธันวาคม มีนาคม และเมษายน ได้ผลดังนี้

ครั้งที่ 1 เก็บตัวอย่างในเดือนพฤศจิกายน 2538 พบว่าน้ำมีความลึกโดยเฉลี่ย 3.5 เมตร พีเอชมีแนวโน้มเป็นกรด์เล็กน้อย โดยมีค่าเฉลี่ย 6.55 ค่าความเค็มส่วนใหญ่เป็น 0 ส่วนในพันส่วน (ppt) อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ย 25.2 องศาเซลเซียส ดังรายละเอียดในตาราง 2

ครั้งที่ 2 เก็บตัวอย่างในเดือนธันวาคม 2538 พบว่าน้ำมีความลึกโดยเฉลี่ย 3.4 เมตร พีเอชมีแนวโน้มเป็นกรดเล็กน้อย มีค่าเฉลี่ย 6.76 ความเค็มส่วนใหญ่เป็น 0 ส่วนในพันส่วน อุณหภูมิเฉลี่ย 27.4 องศาเซลเซียส ดังรายละเอียดในตาราง 3

ครั้งที่ 3 เก็บตัวอย่างในเดือนมีนาคม 2539 พบว่าน้ำมีความลึกโดยเฉลี่ย 2.9 เมตร พีเอช มีค่าเฉลี่ย 7.34 ความเค็มและอุณหภูมิมีค่าสูงกว่าช่วงฤดูฝน โดยความเค็มมีค่าเฉลี่ย 9.4 ส่วนในพันส่วน อุณหภูมิเฉลี่ย 31.9 องศาเซลเซียส ดังรายละเอียดในตาราง 4

ครั้งที่ 4 เก็บตัวอย่างในเดือนเมษายน 2539 พบว่าน้ำมีความลึกโดยเฉลี่ย 2.7 เมตร พีเอช มีค่าเฉลี่ย 7.78 ความเค็มมีค่าสูงกว่าทุกครั้ง เฉลี่ย 25.3 ส่วนในพันส่วน อุณหภูมิเฉลี่ย 32.6 องศาเซลเซียส ดังรายละเอียดในตาราง 5

ตาราง 2 คุณภาพน้ำ ณ จุดเก็บตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน 2538

สถานี	เวลา (นาฬิกา)	พีเอช	ความลึก (เมตร)	ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
1. ปากทะเลสาบสงขลา (S1)	9.00	5.49	10.0	1.0	25.8
2. ปากคลองสำโรง (S2)	9.30	6.55	2.1	0.0	25.4
3. ปากคลองพะวง (S3)	10.00	6.99	2.3	0.0	25.7
4. ปากคลองอู่ตะเภา-1 (S4)	10.35	6.66	3.4	0.0	26.0
5. ปากคลองอู่ตะเภา-2 (S5)	12.45	6.96	2.8	0.0	20.7
6. ปากคลองอู่ตะเภา-3 (S6)	11.35	6.68	2.0	0.0	26.2
7. ปากคลองบางกล่ำ (S7)	12.00	7.00	4.3	0.0	26.8
8. กลางทะเลสาบ (S8)	11.00	5.94	2.8	2.0	26.0
9. ปากคลองรัตภูมิ (S9)	13.15	6.97	1.8	0.0	26.3
10. ปากคลองกอบ (S10)	13.50	6.91	3.0	0.0	26.7
11. ปากรอ (S11)	14.15	6.21	8.0	0.0	26.2
12. ปากคลองสะทิ้งหม้อ (S12)	14.30	6.59	2.0	0.0	26.1
13. บ้านเขาเขียว (S13)	15.15	6.15	1.7	1.0	20.2
ค่าเฉลี่ย (Mean)		6.55	3.5	0.3	25.2

ตาราง 3 คุณภาพน้ำ ณ จุดเก็บตัวอย่างเดือนธันวาคม 2538

สถานี	เวลา (นาฬิกา)	พีเอช	ความลึก (เมตร)	ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
1. ปากทะเลสาบสงขลา (S1)	9.40	6.65	6.0	5.0	27.4
2. ปากคลองสำโรง (S2)	10.25	6.87	1.6	4.0	27.3
3. ปากคลองพะวง (S3)	10.55	6.66	2.0	1.0	27.2
4. ปากคลองอู่ตะเภา-1 (S4)	11.45	6.88	3.7	0.0	26.6
5. ปากคลองอู่ตะเภา-2 (S5)	12.00	6.94	2.5	0.0	26.7
6. ปากคลองอู่ตะเภา-3 (S6)	13.00	7.24	3.0	0.0	27
7. ปากคลองบางกล่ำ (S7)	13.20	6.56	4.2	0.0	27.7
8. กลางทะเลสาบ (S8)	12.45	6.8	2.1	0.0	27.1
9. ปากคลองรัตภูมิ (S9)	13.45	7.21	3.0	0.0	26.7
10. ปากคลองกอบ (S10)	14.20	6.58	2.8	0.0	27.9
11. ปากรอ (S11)	14.40	6.36	9.2	0.0	27.9
12. ปากคลองสะทิ้งหม้อ (S12)	15.15	6.58	2.8	0.0	28.8
13. บ้านเขาเขียว (S13)	15.35	6.62	1.8	4.0	28.1
ค่าเฉลี่ย		6.76	3.4	1.1	27.4

ตาราง 4 คุณภาพน้ำ ณ จุดเก็บตัวอย่างเดือนมีนาคม 2539

สถานี	เวลา (นาฬิกา)	พีเอช	ความลึก (เมตร)	ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
1. ปากทะเลสาบสงขลา (S1)	9.28	8.15	5.4	30.0	30.8
2. ปากคลองสำโรง (S2)	9.50	7.81	1.5	16.0	30.5
3. ปากคลองพะวง (S3)	10.19	6.95	1.9	12.0	30.4
4. ปากคลองอู่ตะเภา-1 (S4)	10.52	7.14	2.0	6.0	31.5
5. ปากคลองอู่ตะเภา-2 (S5)	11.03	7.09	1.7	7.0	31.7
6. ปากคลองอู่ตะเภา-3 (S6)	12.34	7.32	3.6	5.0	32.6
7. ปากคลองบางกล่ำ (S7)	12.45	7.43	3.4	5.0	32.3
8. กลางทะเลสาบ (S8)	11.15	7.26	1.7	5.0	31.9
9. ปากคลองรัตภูมิ (S9)	13.10	7.49	1.3	2.0	32.7
10. ปากคลองกอบ (S10)	13.35	7.20	2.6	1.0	32.6
11. ปากรอ (S11)	13.57	7.52	9.6	0.0	33.5
12. ปากคลองสะทิ้งหม้อ (S12)	14.38	7.07	1.5	12.0	32.5
13. บ้านเขาเขียว (S13)	15.03	7.05	1.0	21.0	32.0
ค่าเฉลี่ย		7.34	2.9	9.4	31.9

ตาราง 5 คุณภาพน้ำ ณ จุดเก็บตัวอย่างเดือนเมษายน 2539

สถานี	เวลา (นาฬิกา)	พีเอช	ความลึก (เมตร)	ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
1. ปากทะเลสาบสงขลา (S1)	12.04	8.25	4.0	34.0	30.5
2. ปากคลองสำโรง (S2)	12.54	7.18	1.2	33.0	33.0
3. ปากคลองพะวง (S3)	13.05	8.18	1.9	33.0	32.0
4. ปากคลองอู่ตะเภา-1 (S4)	13.22	7.02	1.5	20.0	32.0
5. ปากคลองอู่ตะเภา-2 (S5)	13.31	7.52	0.9	26.0	33.0
6. ปากคลองอู่ตะเภา-3 (S6)	14.00	7.06	3.1	13.0	32.5
7. ปากคลองบางกล่ำ (S7)	14.11	8.8	3.6	16.0	33.0
8. กลางทะเลสาบ (S8)	13.46	8.09	1.7	35.0	32.0
9. ปากคลองรัตภูมิ (S9)	14.30	7.13	1.4	19.0	32.5
10. ปากคลองกอบ (S10)	14.46	7.17	2.3	10.0	33.5
11. ปากรอ (S11)	15.05	8.15	9.5	21.0	32.5
12. ปากคลองสะทิ้งหม้อ (S12)	15.35	8.22	2.1	36.0	34.0
13. บ้านเขาเขียว (S13)	15.59	8.31	1.7	33.0	33.0
ค่าเฉลี่ย		7.78	2.7	25.3	32.6

ชนิดและปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ในน้ำและดินตะกอน

1. ปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในตัวอย่างน้ำ

1.1 ช่วงฤดูฝน

ในเดือนพฤศจิกายนตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้างในน้ำ 6 ชนิด คือ พารา-พารา-ดีดีที เฮปตาคลอ และอนุพันธ์ของเอชซีเอชทั้ง 4 ชนิด คือ แอลฟา เบต้า แกมมา และ เดลต้า-เอชซีเอช (ตารางภาคผนวก 1)

ปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนรวม (OCPs) ในตัวอย่างน้ำพบในช่วง 10.8 - 59.4 นาโนกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 22.3 นาโนกรัมต่อลิตร ตรวจพบกลุ่มเอชซีเอช มีปริมาณการตกค้างมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 11.0 นาโนกรัมต่อลิตร โดยพบอนุพันธ์ของแกมมา-เอชซีเอช ในปริมาณสูงที่สุด รองลงมาคือกลุ่มดีดีที มีค่าเฉลี่ย 9.1 นาโนกรัมต่อลิตร และกลุ่มเฮปตาคลอในปริมาณน้อย มีค่าเฉลี่ย 2.2 นาโนกรัมต่อลิตร ตรวจไม่พบกลุ่มเอนโดซัลแฟนและกลุ่มดริน (อัลดริน ดีลดริน และเอนดริน) พบปริมาณการตกค้างต่ำสุดที่ปากคลองบางกล่ำ (S7) และพบปริมาณการตกค้างสูงสุดที่บริเวณปากคลองสำโรง (S2) ดังรายละเอียดในตาราง 6

ในเดือนธันวาคมตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้างในน้ำ 4 ชนิด คือ พารา-พารา-ดีดีที ดีลดริน และอนุพันธ์ของเอชซีเอช 2 ชนิด คือ เบต้า และ เดลต้า-เอชซีเอช (ตารางภาคผนวก 2)

ปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนรวม (OCPs) พบในช่วง nd - 9.4 นาโนกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 3.6 นาโนกรัมต่อลิตร โดยตรวจพบกลุ่มดีดีที มีปริมาณการตกค้างมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 1.8 นาโนกรัมต่อลิตร และกลุ่มดรินในปริมาณน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ย 0.7 นาโนกรัมต่อลิตร ตรวจไม่พบกลุ่มเอนโดซัลแฟนและเฮปตาคลอ ตรวจไม่พบการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ปากคลองสำโรง (S2) ปากคลองพะวง (S3) ปากคลองอู่ตะเภา-3 (S6) กลางทะเลสาบ (S8) ปากคลองรัตภูมิ (S9) และปากรอ (S11) พบปริมาณการตกค้างสูงสุดที่บริเวณปากทะเลสาบสงขลา (S1) ดังรายละเอียดในตาราง 7

ตาราง 6 แสดงผลการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก พฤศจิกายน 2538

จุดเก็บตัวอย่าง	HCHs[1]	Heptachlors[2]	Drins[3]	DDTs[4]	Endosulfans[5]	Total OCPs
			หน่วย	(ng/l)		
S1	16.8	3.2	nd[6]	5.2	nd	25.2
S2	44.5	nd	nd	14.8	nd	59.4
S3	10.2	2.1	nd	7.5	nd	19.8
S4	8.6	nd	nd	9.9	nd	18.5
S5	11.5	4.4	nd	16.8	nd	32.7
S6	5.0	3.1	nd	6.6	nd	14.7
S7	2.8	2.5	nd	5.5	nd	10.8
S8	2.9	nd	nd	10.5	nd	13.4
S9	10.8	6.9	nd	2.3	nd	20.1
S10	7.1	3.6	nd	6.4	nd	17.1
S11	7.8	nd	nd	6.5	nd	14.3
S12	5.4	2.7	nd	10.9	nd	19.0
S13	10.2	nd	nd	14.8	nd	25.0
จำนวนที่พบ[7]	13	8	0	13	0	13
ค่าเฉลี่ย	11.0	2.2	nd	9.1	nd	22.3

หมายเหตุ 1. HCHs หมายถึง ผลรวมของ α-HCH β-HCH γ-HCH และ δ-HCH

2. Heptachlors หมายถึง ผลรวมของ Heptachlor และ Heptachlor epoxide
3. Drins หมายถึง ผลรวมของ Aldrin Dieldrin และ Endrin
4. DDTs หมายถึง ผลรวมของ p,p′-DDT o,p′-DDT p,p′-DDD o,p′-DDD p,p′-DDE และ o,p′-DDE
5. Endosulfans หมายถึง ผลรวมของ Endosulfan beta Endosulfan alpha และ Endosulfan sulfate
6. nd หมายถึง ค่าน้อยกว่า 2 นาโนกรัมต่อลิตร
7. จำนวนที่พบ หมายถึง จำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์พบการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน

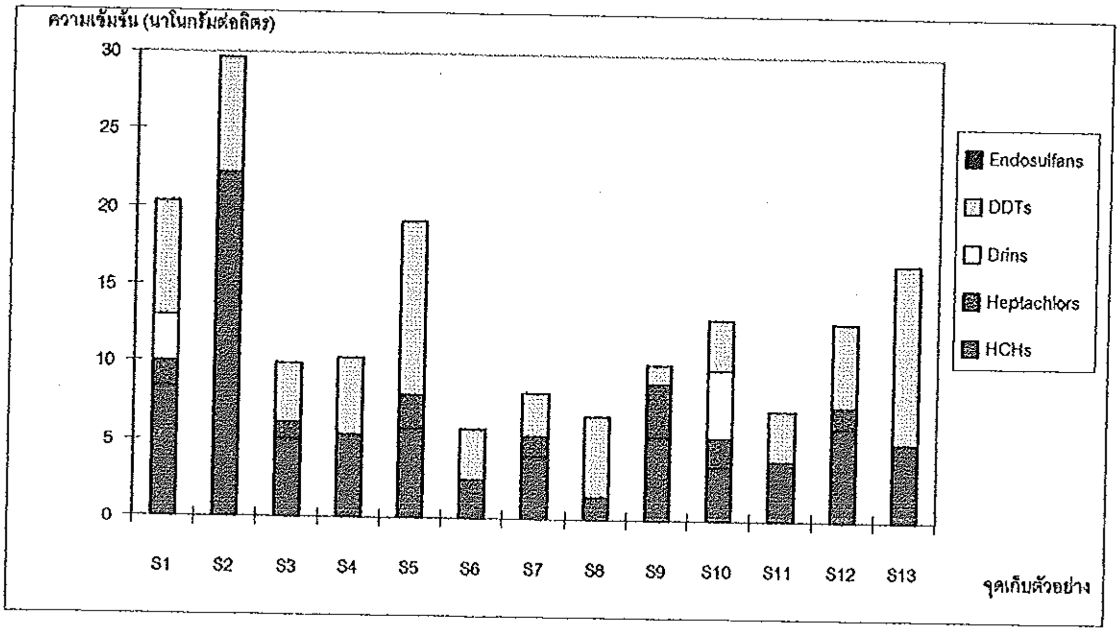
ตาราง 7 แสดงผลการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก ธันวาคม 2538

จุดเก็บตัวอย่าง	HCHs	Heptachlors	Drins	DDTs	Endosulfans	Total OCPs
			หน่วย	(ng/l)		
S1	nd	nd	nd	9.4	nd	9.4
S2	nd	nd	nd	nd	nd	nd
S3	nd	nd	nd	nd	nd	nd
S4	2.1	nd	nd	nd	nd	2.1
S5	nd	nd	nd	5.6	nd	5.6
S6	nd	nd	nd	nd	nd	nd
S7	5.4	nd	nd	nd	nd	5.4
S8	nd	nd	nd	nd	nd	nd
S9	nd	nd	nd	nd	nd	nd
S10	nd	nd	8.9	nd	nd	8.9
S11	nd	nd	nd	nd	nd	nd
S12	6.7	nd	nd	nd	nd	6.7
S13	nd	nd	nd	8.2	nd	8.2
จำนวนที่พบ	3	0	1	3	0	7
ค่าเฉลี่ย	1.1	nd	0.7	1.8	nd	3.6

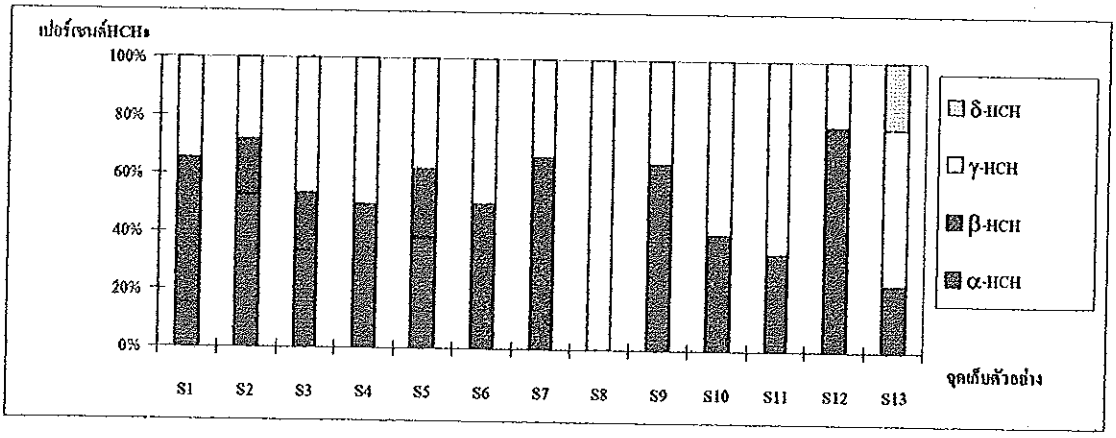
ในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายนและธันวาคม) พบปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนรวม (OCPs) ในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง nd - 59.4 นาโนกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณการตกค้างเฉลี่ยต่ำสุดบริเวณปากคลองอู่ตะเภา-3 (S6) มีค่า 7.4 นาโนกรัมต่อลิตร และมีปริมาณการตกค้างเฉลี่ยสูงสุดที่ปากคลองสำโรง (S2) มีค่า 29.7 นาโนกรัมต่อลิตร พบกลุ่มเอชซีเอชและกลุ่มดีดีที มีปริมาณสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ (ภาพประกอบ 14) ความถี่ในการตรวจพบสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำช่วงฤดูฝนคิดเป็นร้อยละ 76.9 ของจำนวนตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ (26 ตัวอย่าง)

ในกลุ่มเอชซีเอช ตรวจพบ แกมมา-เอชซีเอช แอลฟา-เอชซีเอช เบต้า-เอชซีเอช และ เดลต้า-เอชซีเอช คิดเป็นร้อยละ 40 32 27 และ 1 ของปริมาณเอชซีเอชทั้งหมด (ภาพประกอบ 15) ความถี่ในการตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 54 31 35 และ 4 ของจำนวนตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ (26 ตัวอย่าง) ตามลำดับ

ในกลุ่มของดีดีทีพบ พารา-พารา-ดีดีที เพียงชนิดเดียว ความถี่ในการตรวจพบร้อยละ 62 ของจำนวนตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ (26 ตัวอย่าง)



ภาพประกอบ 14 สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำในช่วงฤดูฝน



ภาพประกอบ 15 แสดงองค์ประกอบของเอชซีเอชในตัวอย่างน้ำในช่วงฤดูฝน

1.2. ช่วงฤดูแล้ง

ในเดือนมีนาคมตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้างในน้ำ 7 ชนิด คือ พารา-พารา-ดีดีที ออโธ-พารา-ดีดีที เฮปตาคลอ อีพ๊อกไซด์ และอนุพันธ์ของเอชซีเอช 3 ชนิด คือ แอลฟา เบต้า และ แกมมา-เอชซีเอช (ตารางภาคผนวก 3)

ปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนรวม (OCPs) พบในช่วง 3.6 - 22.9 นาโนกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 14.8 นาโนกรัมต่อลิตร โดยตรวจพบกลุ่มดีดีที มีปริมาณการตกค้างมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 6.7 นาโนกรัมต่อลิตร รองลงมาคือกลุ่มเอชซีเอช มีค่าเฉลี่ย 7.4 นาโนกรัมต่อลิตร และกลุ่มเฮปตาคลอในปริมาณน้อย มีค่าเฉลี่ย 0.7 นาโนกรัมต่อลิตร ตรวจไม่ กลุ่มดริน (อัลดริน ดีลดริน และเอนดริน) พบกลุ่มเอนโดซัลแฟนและอนุพันธ์ พบปริมาณการตกค้าง ต่ำสุดที่ปากคลองอู่ตะเภา-1 (S4) และพบปริมาณการตกค้างสูงสุดที่บริเวณกลางทะเลสาบ (S8) ดังรายละเอียดในตาราง 8

ในเดือนเมษายนตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้างในน้ำ 4 ชนิด คือ พารา-พารา-ดีดีที เฮปตาคลอ และอนุพันธ์ของเอชซีเอช 2 ชนิด คือ เบต้า และ แกมมา-เอชซีเอช (ตารางภาคผนวก 4)

ปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนรวม (OCPs) พบในช่วง nd - 21.8 นาโนกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 9.6 นาโนกรัมต่อลิตร โดยตรวจพบกลุ่มดีดีที มีปริมาณการตกค้างมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 6.0 นาโนกรัมต่อลิตร รองลงมาคือกลุ่มเฮปตาคลอ เฉลี่ย 2.4 นาโนกรัมต่อลิตร ตรวจไม่พบกลุ่มเอนโดซัลแฟน และ กลุ่มดริน (อัลดริน ดีลดริน และเอนดริน) พบปริมาณการตกค้างต่ำสุดที่ปากคลองกอบ (S10) และพบปริมาณการตกค้างสูงสุดที่บริเวณปากคลองพะวง (S3) ดังรายละเอียดในตาราง 9

ในช่วงฤดูแล้ง (เดือนมีนาคมและเมษายน) พบปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำ อยู่ในช่วง nd - 22.9 นาโนกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณการตกค้างเฉลี่ยต่ำสุดที่ปากคลองอู่ตะเภา-1 (S4) มีค่า 7.2 และมีปริมาณการตกค้างเฉลี่ยสูงที่สุดบริเวณกลางทะเลสาบ (S8) มีค่า 17.1 นาโนกรัมต่อลิตร (ภาพประกอบ 16) ความถี่ในการตรวจพบสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำช่วงฤดูแล้งคิดเป็นร้อยละ 96.0 จากตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ (26 ตัวอย่าง) พบกลุ่มเอชซีเอช และกลุ่มดีดีทีได้บ่อยครั้งกว่ากลุ่มอื่น ๆ เช่นเดียวกับที่ตรวจพบในช่วงฤดูฝน

ตาราง 8 แสดงผลการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก มีนาคม 2539

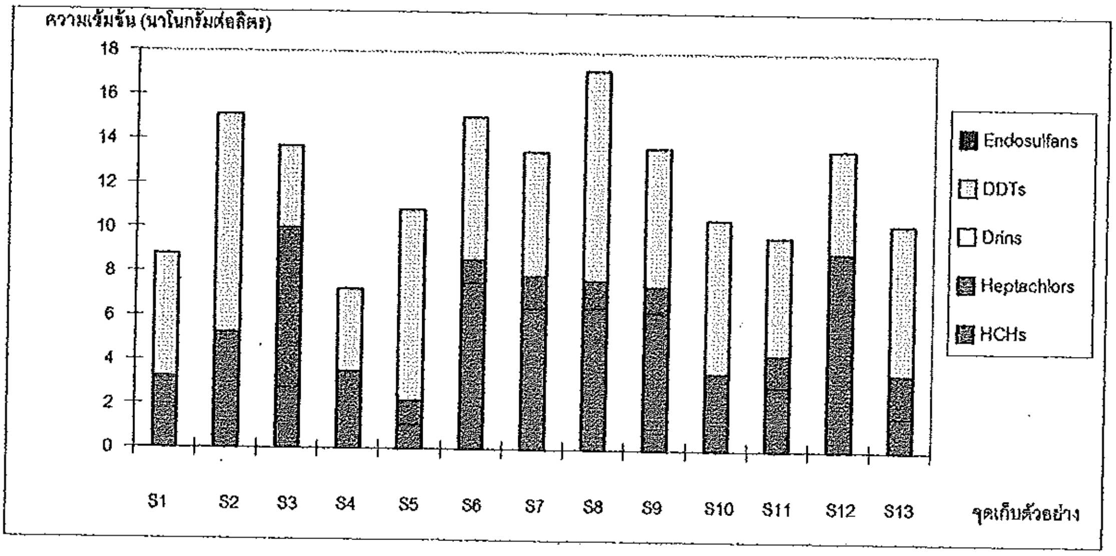
จุดเก็บตัวอย่าง	HCHs	Heptachlors	Drins หน่วย	DDTs (ng/L)	Endosulfan	Total OCPs
S1	6.4	nd	nd	5.7	nd	12.1
S2	10.3	nd	nd	11.0	nd	21.3
S3	5.5	nd	nd	nd	nd	5.5
S4	nd	3.6	nd	nd	nd	3.6
S5	nd	nd	nd	9.2	nd	9.3
S6	15.1	nd	nd	3.7	nd	18.8
S7	12.7	2.9	nd	4.6	nd	20.2
S8	12.8	nd	nd	10.1	nd	22.9
S9	9.7	2.3	nd	6.2	nd	18.2
S10	7.0	nd	nd	13.9	nd	20.9
S11	5.8	nd	nd	7.9	nd	13.7
S12	7.8	nd	nd	9.2	nd	17.0
S13	3.1	nd	nd	6.2	nd	9.3
จำนวนที่พบ	11	3	0	11	0	13
ค่าเฉลี่ย	7.4	0.7	nd	6.7	nd	14.8

กลุ่มเอชซีเอชที่พบประกอบด้วย แกมมา-เอชซีเอช เบต้า-เอชซีเอช และแอลฟา-เอชซีเอช คิดเป็นร้อยละ 47 44 และ 9 ของปริมาณเอชซีเอชทั้งหมด ตามลำดับ ความถี่ในการตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 46 42 12 ของตัวอย่างที่วิเคราะห์ (26 ตัวอย่าง) ตรวจไม่พบการตกค้างของ เดลต้า-เอชซีเอช ดังรายละเอียดในภาพประกอบ 17

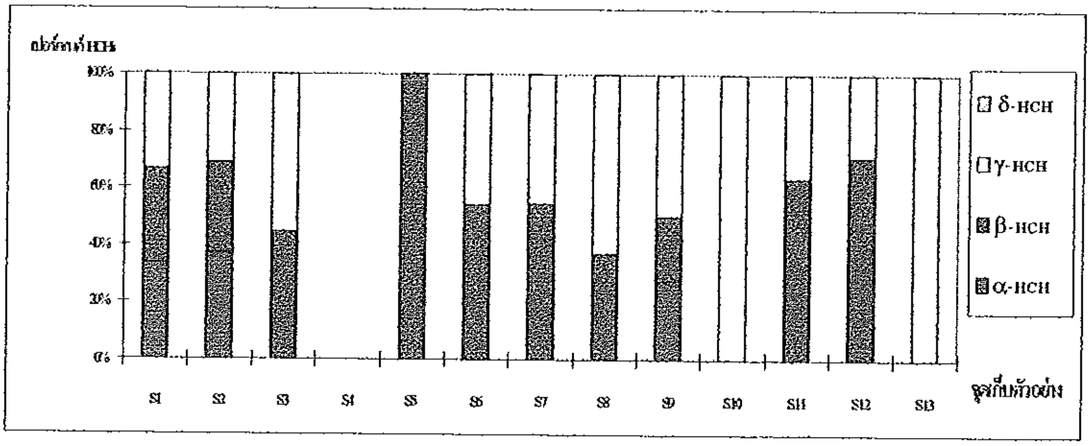
ในกลุ่มของดีดีที พบเพียง 2 ชนิด คือ พารา-พารา-ดีดีที และออโธ-พารา-ดีดีที พบ พารา-พารา-ดีดีที ร้อยละ 83 ของดีดีทีทั้งหมด และออโธ-พารา-ดีดีที ร้อยละ 17 ของดีดีที ทั้งหมด ความถี่ในการตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 73 และร้อยละ 15 ของจำนวนตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ (26 ตัวอย่าง)

ตาราง 9 แสดงผลการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก เมษายน 2539

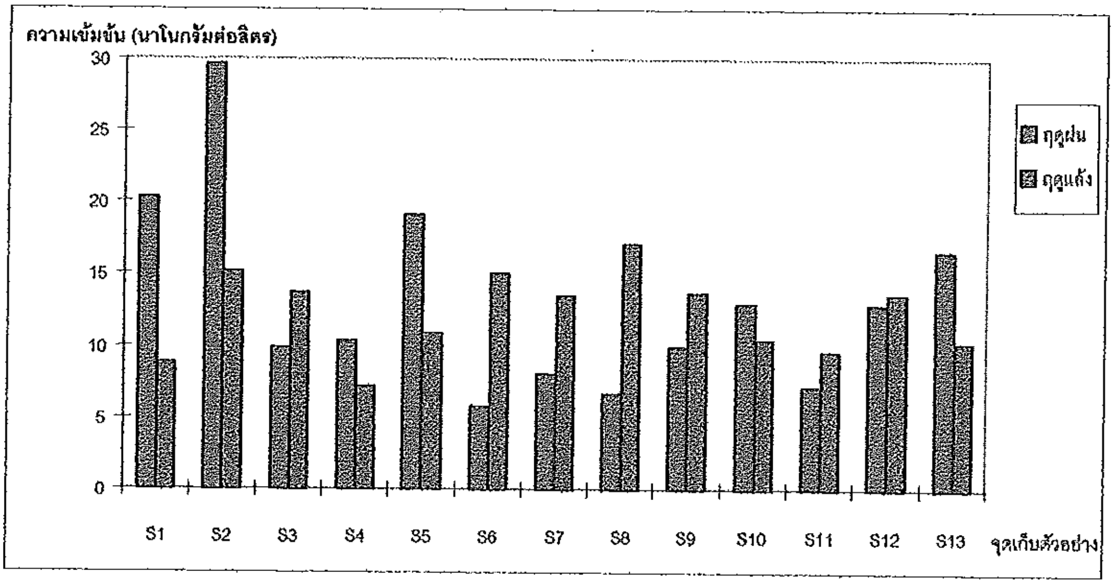
จุดเก็บตัวอย่าง	HCHs	Heptachlors	Drins หน่วย	DDTs (ng/L)	Endosulfans	Total OCPs
S1	nd	nd	nd	5.4	nd	5.4
S2	nd	nd	nd	8.8	nd	8.8
S3	nd	14.5	nd	7.3	nd	21.8
S4	nd	3.4	nd	7.4	nd	10.8
S5	2.2	2.2	nd	8.0	nd	12.4
S6	nd	2.0	nd	9.2	nd	11.2
S7	nd	nd	nd	6.7	nd	6.7
S8	nd	2.4	nd	8.8	nd	11.2
S9	2.8	nd	nd	6.3	nd	9.1
S10	nd	nd	nd	nd	nd	nd
S11	nd	2.8	nd	2.8	nd	5.5
S12	10.1	nd	nd	nd	nd	10.1
S13	nd	3.9	nd	7.3	nd	11.2
จำนวนที่พบ	3	7	0	11	0	12
ค่าเฉลี่ย	1.2	2.4	nd	6.0	nd	9.6



ภาพประกอบ 16 สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำในช่วงฤดูแล้ง



ภาพประกอบ 17 แสดงองค์ประกอบของเอชซีเอชในตัวอย่างน้ำในช่วงฤดูแล้ง



ภาพประกอบ 18 สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (OCPs) ในตัวอย่างน้ำในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

2. การตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน

2.1 ช่วงฤดูฝน

ในเดือนพฤศจิกายนตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้างในดินตะกอนจำนวน 14 ชนิด คือ แอลฟา-เอชซีเอช เบต้า-เอชซีเอช แกมมา-เอชซีเอช เดลต้า-เอชซีเอช เฮปตาคลอ เฮปตาคลอ อีพ็อกไซด์ พารา-พารา-ดีดีอี ออโธ-พารา-ดีดีดี พารา-พารา-ดีดีดี ออโธ-พารา-ดีดีที พารา-พารา-ดีดีที อัลดริน เอนโดซัลแฟน เบต้า และเอนโดซัลแฟน แอลฟา ตรวจไม่พบ ดีลดริน เอนดริน เอนโดซัลแฟน ซัลเฟต และออโธ-พารา-ดีดีอี (ตารางภาคผนวก 5)

ปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนรวม (OCPs) พบในช่วง 0.7 - 18.7 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 6.5 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม สารกลุ่มที่ตรวจพบปริมาณมากที่สุดคือ กลุ่มดีดีที ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 2.9 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือกลุ่มเฮปตาคลอมีค่าเฉลี่ย 2.2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม กลุ่มเอชซีเอชมีค่าเฉลี่ย 1.4 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม พบกลุ่มเอนโดซัลแฟน และกลุ่มอัลดรินในปริมาณน้อยที่สุด โดยพบปริมาณการตกค้างสูงสุดที่ปากคลองสะทิ้งหม้อ (S12) และพบปริมาณการตกค้างต่ำสุดบริเวณปากคลองรัตภูมิ (S9) ดังรายละเอียดในตาราง 10

ในเดือนธันวาคมตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้างในดินตะกอนจำนวน 15 ชนิดคือ แอลฟา-เอชซีเอช เบต้า-เอชซีเอช แกมมา-เอชซีเอช เดลต้า-เอชซีเอช เฮปตาคลอ ออโธ-พารา-ดีดีอี พารา-พารา-ดีดีอี ออโธ-พารา-ดีดีดี พารา-พารา-ดีดีดี พารา-พารา-ดีดีที อัลดริน ดีลดริน เอนโดซัลแฟน เบต้า เอนโดซัลแฟน แอลฟา เอนโดซัลแฟน ซัลเฟต ตรวจไม่พบ เอนดริน เฮปตาคลอ อีพ็อกไซด์ และออโธ-พารา-ดีดีที (ตารางภาคผนวก 6)

ปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนรวม (OCPs) พบในช่วง 0.3 - 282.7 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 29.5 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม โดยกลุ่มเอชซีเอช มีการตกค้างในปริมาณมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 17.5 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือกลุ่มเฮปตาคลอมีค่าเฉลี่ย 9.6 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม กลุ่มดีดีที มีค่าเฉลี่ย 2.5 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม พบกลุ่มเอนโดซัลแฟน และกลุ่มดรินในปริมาณน้อยที่สุด โดยพบปริมาณการตกค้างต่ำสุดที่บริเวณกลางทะเลสาบ (S8) และปริมาณการตกค้างสูงสุดที่บริเวณปากคลองบางกล่ำ (S7) ดังรายละเอียดในตาราง 11

ตาราง 10 แสดงผลการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก. พฤศจิกายน 2538

จุดเก็บตัวอย่าง	ความชื้นดินตะกอน (%)	HCHs	Heptachlors	Drins	DDTs	Endosulfans	Total OCPs
		µg/kg dry wt. (µg/kg wet wt.)					
S1	58	0.5	nd	nd	0.7	nd	1.4
		(0.2)	(nd)	(nd)	(0.3)	(nd)	(0.6)
S2	58	5.2	1.6	nd	5.6	nd	12.4
		(2.1)	(0.7)	(nd)	(2.3)	(nd)	(5.0)
S3	60	1.3	3.8	nd	1.0	nd	6.1
		(0.5)	(1.5)	(nd)	(0.4)	(nd)	(2.4)
S4	61	2.7	nd	nd	6.0	nd	8.5
		(1.0)	(nd)	(nd)	(2.3)	(nd)	(3.3)
S5	47	1.9	5.4	nd	5.9	nd	13.1
		(1.0)	(2.8)	(nd)	(3.1)	(nd)	(6.9)
S6	63	1.8	1.0	nd	3.4	nd	6.1
		(0.7)	(0.4)	(nd)	(1.2)	(nd)	(2.2)
S7	70	0.6	nd	nd	3.8	0.1	4.5
		(0.2)	(nd)	(nd)	(1.1)	(0.0)	(1.3)
S8	45	0.1	nd	nd	0.3	0.1	1.0
		(0.1)	(nd)	(nd)	(0.2)	(0.1)	(0.4)
S9	32	0.3	0.1	0.1	0.3	nd	0.7
		(0.2)	(0.1)	(0.1)	(0.2)	(nd)	(0.5)
S10	50	0.6	2.2	nd	1.7	nd	4.3
		(0.3)	(1.1)	(nd)	(0.8)	(nd)	(2.2)
S11	54	0.7	nd	nd	1.6	nd	2.3
		(0.3)	(nd)	(nd)	(0.4)	(nd)	(1.1)
S12	67	2.3	10.6	nd	5.9	nd	18.7
		(0.7)	(3.4)	(nd)	(1.9)	(nd)	(6.1)
S13	54	nd	4.2	nd	1.2	nd	5.1
		(nd)	(1.9)	(nd)	(0.6)	(nd)	(2.5)
จำนวนที่พบ	13	12	8	1	13	2	13
ค่าเฉลี่ย	55	1.4	2.2	nd	2.9	nd	6.5
		(0.6)	(0.9)	(nd)	(1.1)	(nd)	(2.7)

หมายเหตุ nd < 0.1 µg/kg

ตาราง 11 แสดงผลการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก ธันวาคม 2538

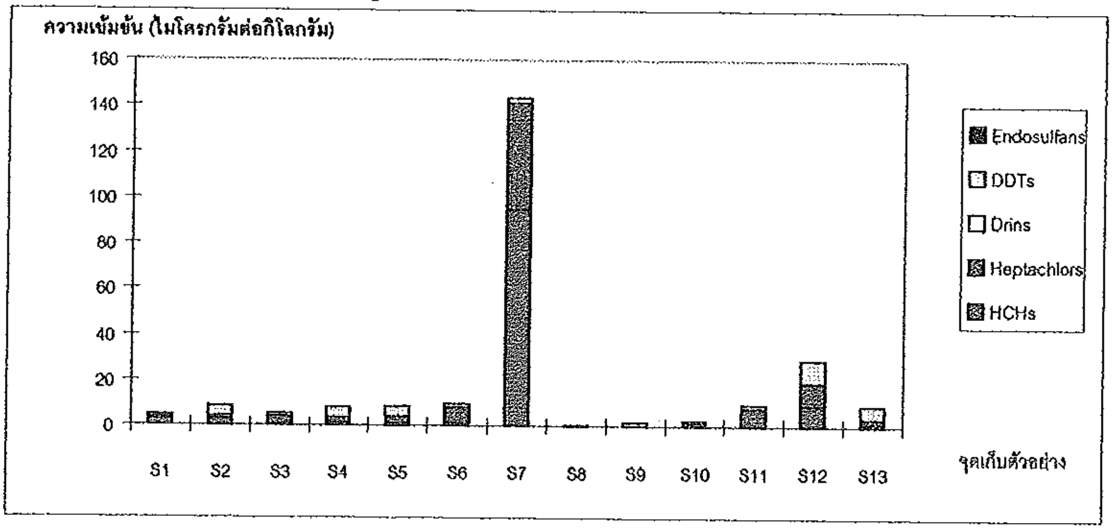
จุดเก็บตัวอย่าง	ความชื้นดินตะกอน (%)	HCHs	Heptachlors	Drins	DDTs	Endosulfans	Total OCPs
		μg/kg dry wt. (μg/kg wet wt.)					
S1	62	4.7	1.2	nd	1.2	0.2	7.3
		(1.9)	(0.4)	(nd)	(0.5)	(0.1)	(2.9)
S2	58	nd	0.8	0.1	3.3	nd	4.2
		(nd)	(3.4)	(0.1)	(1.4)	(nd)	(1.8)
S3	61	0.3	3.0	nd	1.2	nd	4.4
		(0.1)	(1.14)	(nd)	(0.5)	(nd)	(1.7)
S4	54	nd	4.5	nd	2.9	nd	7.4
		(nd)	(1.3)	(nd)	(0.8)	(nd)	(2.1)
S5	60	0.7	nd	nd	3.0	nd	3.6
		(0.3)	(nd)	(nd)	(1.3)	(nd)	(1.6)
S6	65	0.5	13.0	nd	nd	nd	13.4
		(0.2)	(3.8)	(nd)	(nd)	(nd)	(3.9)
S7	79	188.9	92.7	nd	1.3	nd	282.7
		(22.8)	(11.2)	(nd)	(0.2)	(nd)	(34.1)
S8	44	nd	nd	nd	0.3	nd	0.3
		(nd)	(nd)	(nd)	(0.2)	(nd)	(0.2)
S9	18	nd	nd	nd	2.6	nd	2.6
		(nd)	(nd)	(nd)	(0.2)	(nd)	(0.2)
S10	53	nd	nd	nd	0.4	nd	0.6
		(nd)	(nd)	(nd)	(0.2)	(nd)	(0.2)
S11	53	15.1	nd	nd	1.6	nd	16.7
		(12.4)	(nd)	(nd)	(1.3)	(nd)	(13.7)
S12	63	15.6	10.2	nd	13.7	0.1	39.5
		(3.9)	(2.5)	(nd)	(3.4)	(0.0)	(9.9)
S13	58	2.0	0.1	nd	1.1	nd	3.3
		(0.8)	(0.1)	(nd)	(0.4)	(nd)	(1.3)
จำนวนที่พบ	13	8	8	1	12	1	13
ค่าเฉลี่ย	56	17.5	9.6	nd	2.5	nd	29.5
		(3.3)	(1.6)	(nd)	(0.8)	(nd)	(5.7)

หมายเหตุ nd < 0.1 μg/kg

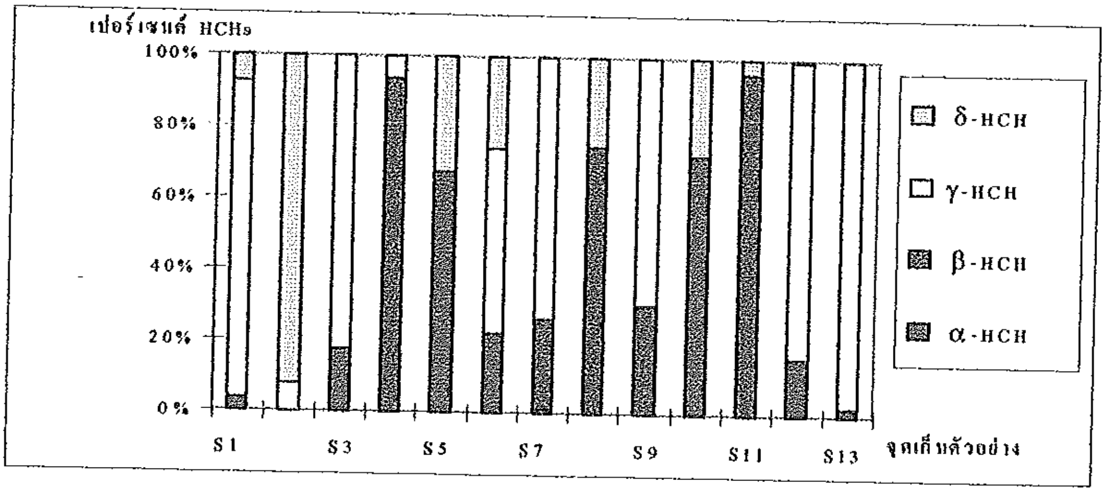
ในช่วงฤดูฝน (พฤศจิกายนและธันวาคม) พบปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนรวมในดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 0.3 - 282.7 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีปริมาณการตกค้างเฉลี่ยสูงสุดที่บริเวณปากคลองบางกล่ำ (S7) มีค่า 143.6 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณการตกค้างเฉลี่ยต่ำสุดที่บริเวณกลางทะเลสาบ (S8) มีค่า 0.6 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพประกอบ 19) สามารถตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนทุกตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ และมีปริมาณสูงกว่าในตัวอย่างน้ำ พบกลุ่มเอชซีเอชมีปริมาณสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ย 9.5 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือ กลุ่มเฮปตาคลอ มีค่าเฉลี่ย 5.9 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และ กลุ่มดีดีที มีค่าเฉลี่ย 2.7 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนกลุ่มดรินและกลุ่มเอนโดซัลแฟนพบในปริมาณน้อย

กลุ่มเอชซีเอช ที่พบในปริมาณมากที่สุดคือ แกมมา-เอชซีเอช รองลงคือ เบต้า-เอชซีเอช แอลฟา-เอชซีเอช และ เดลต้า-เอชซีเอช คิดเป็นร้อยละ 68 26 3 และ 3 ของเอชซีเอชทั้งหมด ตามลำดับ (ภาพประกอบ 20) ความถี่ในการตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 42 23 50 และ 35 ของจำนวนตัวอย่างดินตะกอนที่นำมาวิเคราะห์ในช่วงฤดูฝน (26 ตัวอย่าง) ตามลำดับ

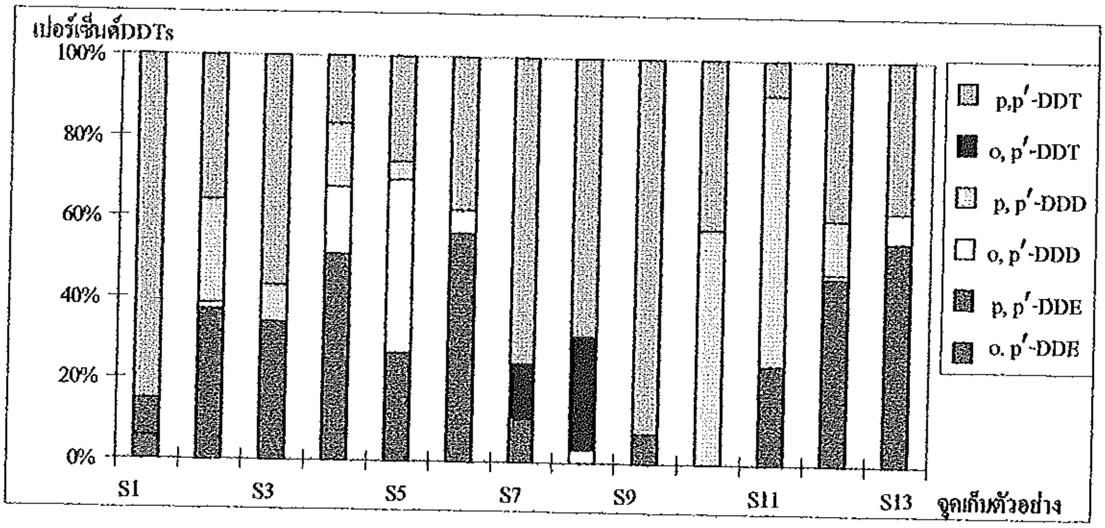
กลุ่มของดีดีที พบพารา-พารา-ดีดีที ในปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ พารา-พารา-ดีดีอี พารา-พารา-ดีดีดี ออโธ-พารา-ดีดีดี และออโธ-พารา-ดีดีที คิดเป็นร้อยละ 38 36 15 10 และ 1 ของดีดีทีทั้งหมด ตามลำดับ (ภาพประกอบ 21) ความถี่ในการตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 92 69 46 31 และ 8 ของจำนวนตัวอย่างดินตะกอนที่นำมาวิเคราะห์ในช่วงฤดูฝน(26 ตัวอย่าง) ตามลำดับ ไม่พบออโธ-พารา-ดีดีอี



ภาพประกอบ 19 สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ที่ตรวจพบในตัวอย่างดินตะกอนในช่วงฤดูฝน



ภาพประกอบ 20 แสดงองค์ประกอบของเอชซีเอชในตัวอย่างดินตะกอนในช่วงฤดูฝน



ภาพประกอบ 21 แสดงองค์ประกอบของดีดีทีในตัวอย่างดินตะกอนในช่วงฤดูฝน

2.2 ฤดูแล้ง

ในเดือนมีนาคมตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้างในดินตะกอนจำนวน 15 ชนิด แอลฟา-เอชซีเอช เบต้า-เอชซีเอช แกมมา-เอชซีเอช เดลต้า-เอชซีเอช เฮปตาคลอ ออโธ-พารา-ดีดีอี พารา-พารา-ดีดีอี ออโธ-พารา-ดีดีดี พารา-พารา-ดีดีดี พารา-พารา-ดีดีที อัลดริน ดีลดริน เอนโดซัลแฟน เบต้า เอนโดซัลแฟน แอลฟา และเอนโดซัลแฟน ซัลเฟต ตรวจไม่พบ เอนดริน เฮปตาคลอ อีพ๊อกไซด์ และออโธ-พารา-ดีดีที (ตารางภาคผนวก 7)

ปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนรวม (OCPs) พบในช่วง 4.3 - 81.9 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 37.5 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม โดยพบว่ากลุ่มเอชซีเอชมีการตกค้างในปริมาณมากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 15.5 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือกลุ่มดีดีที มีค่าเฉลี่ย 15.4 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม กลุ่มดรินมีค่าเฉลี่ย 3.6 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม กลุ่มเฮปตาคลอมีค่าเฉลี่ย 2.8 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และที่พบเป็นปริมาณน้อยที่สุดคือกลุ่มเอนโดซัลแฟน มีค่าเฉลี่ย 0.2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม โดยพบปริมาณการตกค้างต่ำสุดที่บริเวณปากทะเลสาบสงขลา (S1) และปริมาณการตกค้างสูงสุดที่บริเวณปากคลองบางกล่ำ (S7) ดังรายละเอียดในตารางที่ 12

ในเดือนเมษายน ตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้างในดินตะกอนจำนวน 18 ชนิด คือ แอลฟา-เอชซีเอช เบต้า-เอชซีเอช แกมมา-เอชซีเอช เดลต้า-เอชซีเอช เฮปตาคลอ เฮปตาคลอ อีพ๊อกไซด์ ออโธ-พารา-ดีดีอี พารา-พารา-ดีดีอี ออโธ-พารา-ดีดีดี พารา-พารา-ดีดีดี พารา-พารา-ดีดีที ออโธ-พารา-ดีดีที อัลดริน เอนดริน ดีลดริน เอนโดซัลแฟน เบต้า เอนโดซัลแฟน แอลฟา และเอนโดซัลแฟน ซัลเฟต (ตารางภาคผนวก 8)

ปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนรวม (OCPs) พบในช่วง 3.3 - 38.1 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 14.9 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม โดยพบว่ากลุ่มดีดีทีมีการตกค้างในปริมาณมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 8.3 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือกลุ่มดริน มีค่าเฉลี่ย 3.8 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม กลุ่มเอชซีเอช มีค่าเฉลี่ย 2.3 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม เอนโดซัลแฟน มีค่าเฉลี่ย 0.3 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และที่พบเป็นปริมาณน้อยที่สุดคือกลุ่มกลุ่มเฮปตาคลอมีค่าเฉลี่ย 0.2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม โดยพบปริมาณการตกค้างต่ำสุดที่บริเวณปากรอ (S11) และปริมาณการตกค้างสูงสุดที่บริเวณปากคลองกอบ (S10) รายละเอียดในตารางที่ 13

ตาราง 12 แสดงผลการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก มีนาคม 2539

จุดเก็บตัวอย่าง	ความชื้นดินตะกอน (%)	HCHs	Heptachlors	Drins	DDTs	Endosulfans	Total OCPs
		μg/kg dry wt. (μg/kg wet wt.)					
S1	54	3.9	nd	nd	0.4	nd	4.3
		(1.7)	(nd)	(nd)	(0.1)	(nd)	(1.8)
S2	63	22.7	nd	1.3	19.5	0.2	43.6
		(8.0)	(nd)	(0.5)	(6.9)	(0.1)	(15.4)
S3	64	16.8	nd	1.6	7.1	2.4	28.0
		(5.7)	(nd)	(0.6)	(1.2)	(0.8)	(8.3)
S4	64	41.2	29.4	nd	7.9	nd	78.5
		(14.1)	(10.0)	(nd)	(2.7)	(nd)	(26.9)
S5	65	8.5	6.1	nd	17.1	nd	31.7
		(2.9)	(2.1)	(nd)	(5.8)	(nd)	(10.8)
S6	57	16.9	nd	1.3	0.1	nd	18.3
		(7.0)	(nd)	(0.6)	(0.0)	(nd)	(7.6)
S7	75	27.6	nd	nd	54.3	nd	81.9
		(6.8)	(nd)	(nd)	(13.4)	(nd)	(20.2)
S8	52	6.1	0.2	5.1	6.5	nd	17.8
		(2.9)	(0.1)	(2.4)	(3.0)	(nd)	(8.3)
S9	33	9.5	1.0	nd	7.7	nd	18.2
		(5.3)	(0.6)	(nd)	(4.3)	(nd)	(10.3)
S10	56	13.8	nd	4.7	24.2	nd	42.7
		(5.9)	(nd)	(2.0)	(10.4)	(nd)	(18.4)
S11	56	1.4	nd	32.4	0.5	nd	34.3
		(0.6)	(nd)	(13.7)	(0.2)	(nd)	(14.5)
S12	68	17.6	nd	nd	19.2	nd	36.8
		(5.3)	(nd)	(nd)	(5.8)	(nd)	(11.2)
S13	61	15.4	nd	nd	36.0	nd	51.3
		(5.8)	(nd)	(nd)	(13.6)	(nd)	(19.3)
จำนวนที่พบ	13	13	4	6	13	2	13
ค่าเฉลี่ย	59	15.5	2.9	3.6	15.4	0.2	37.5
		(5.5)	(1.0)	(1.5)	(5.2)	(0.1)	(13.3)

หมายเหตุ nd < 0.1 μg/kg

ตาราง 13 แสดงผลการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก เมษายน 2539

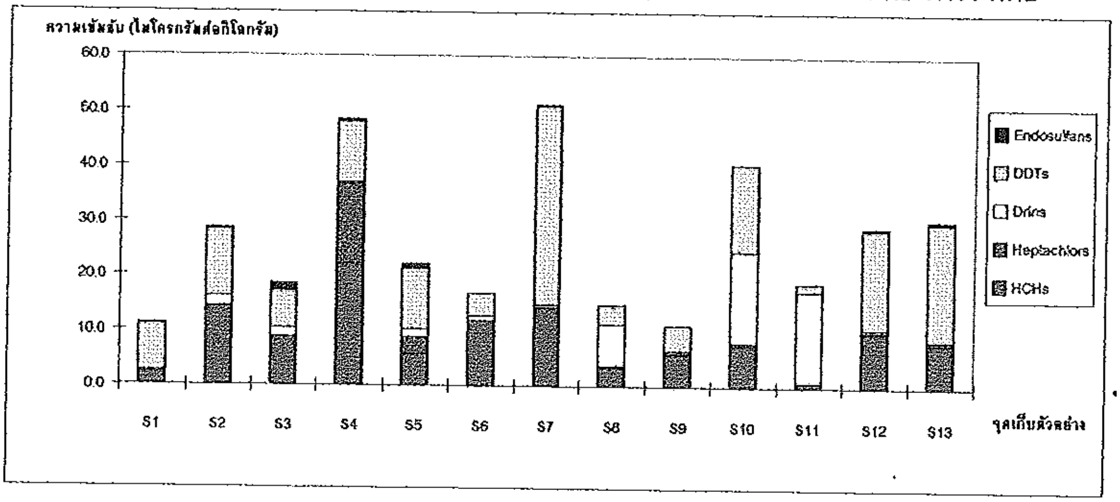
จุดเก็บตัวอย่าง	ความชื้นดินตะกอน (%)	HCHs	Heptachlors	Drins	DDTs	Endosulfans	Total OCPs
		µg/kg dry wt. (µg/kg wet wt.)					
S1	63	0.7	nd	0.4	16.4	0.2	17.5
		(0.4)	(nd)	(0.2)	(5.9)	(0.1)	(6.3)
S2	68	6.0	nd	2.3	4.8	0.2	14.1
		(2.1)	(nd)	(0.7)	(1.4)	(0.1)	(4.2)
S3	61	0.7	nd	1.5	6.4	nd	8.6
		(0.2)	(nd)	(0.6)	(2.4)	(nd)	(3.3)
S4	64	2.9	nd	0.2	14.3	0.9	18.3
		(1.1)	(nd)	(0.1)	(5.0)	(0.3)	(6.4)
S5	48	3.0	nd	3.0	4.9	1.5	12.4
		(0.7)	(nd)	(0.7)	(1.1)	(0.3)	(2.7)
S6	59	7.0	nd	nd	8.1	nd	15.0
		(2.7)	(nd)	(nd)	(3.2)	(nd)	(5.9)
S7	75	1.2	nd	0.5	18.5	0.2	20.4
		(0.3)	(nd)	(0.1)	(4.4)	(0.1)	(4.8)
S8	77	1.0	0.2	10.1	0.1	0.1	11.4
		(0.5)	(0.1)	(5.1)	(0.1)	(0.0)	(5.9)
S9	46	2.5	0.3	0.0	1.1	0.1	4.0
		(1.3)	(0.2)	(0.0)	(0.6)	(0.1)	(2.2)
S10	55	1.2	0.9	28.4	7.5	0.1	38.1
		(0.6)	(0.5)	(15.0)	(4.0)	(0.1)	(24.3)
S11	63	0.1	nd	1.0	2.2	nd	3.3
		(0.1)	(nd)	(0.4)	(4.5)	(nd)	(4.9)
S12	66	2.6	nd	1.0	17.0	0.3	20.9
		(0.8)	(nd)	(0.3)	(4.9)	(0.1)	(6.1)
S13	57	0.7	0.7	0.5	6.5	0.9	8.6
		(0.3)	(0.3)	(0.2)	(2.8)	(0.0)	(3.6)
จำนวนที่พบ	13	13	4	12	13	11	13
ค่าเฉลี่ย	62	2.3	0.2	3.8	8.3	0.3	14.9
		(0.8)	(0.1)	(1.8)	(3.8)	(0.1)	(6.9)

หมายเหตุ nd < 0.1 µg/kg

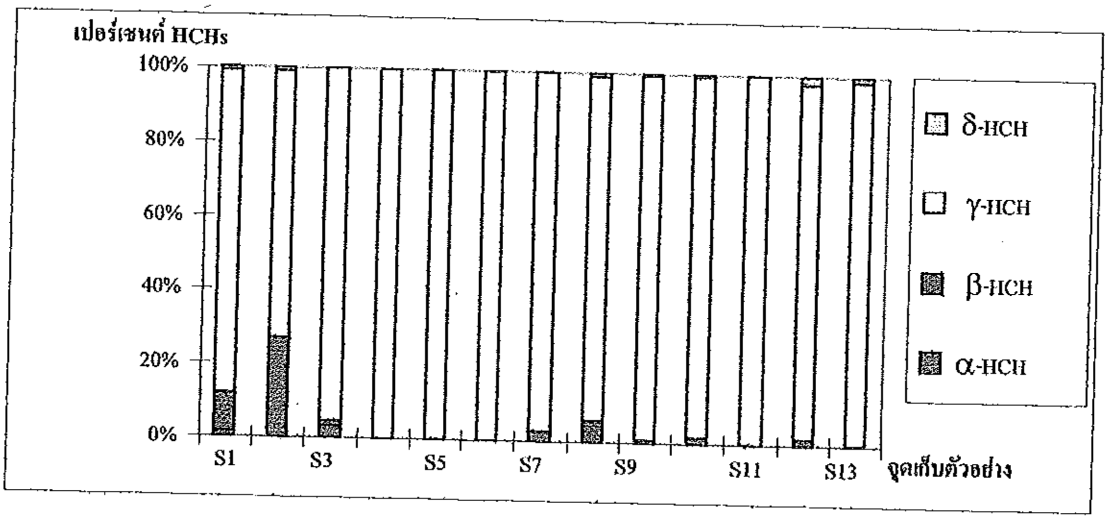
ในช่วงฤดูแล้ง (มีนาคมและเมษายน) พบปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนมีค่า อยู่ในช่วง 3.3 - 81.9 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีปริมาณการตกค้างเฉลี่ยต่ำสุดที่บริเวณปากทะเลสาบสงขลา (S1) มีค่า 11.0 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณการตกค้างเฉลี่ยสูงสุดที่บริเวณปากคลองบางกล่ำ (S7) มีค่า 51.2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพประกอบ 22) สามารถตรวจพบในทุกตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ พบกลุ่มดีดีทีมีปริมาณการตกค้างสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ย 11.9 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือ กลุ่มเอชซีเอช มีค่าเฉลี่ย 9.0 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และกลุ่มดรินมีค่าเฉลี่ย 3.7 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนกลุ่มเฮปตาคลอและกลุ่มเอนโดซัลแฟน พบในปริมาณต่ำ คือ มีค่าเฉลี่ย 1.5 และ 0.3 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

กลุ่มเอชซีเอช ที่พบในปริมาณมากที่สุดคือ แกมมา-เอชซีเอช รองลงคือ แอลฟา-เอชซีเอชและเบต้า-เอชซีเอช คิดเป็นร้อยละ 95 4 และ 1 ของเอชซีเอชทั้งหมด ตามลำดับ ตรวจพบ เดลต้า-เอชซีเอช ในปริมาณน้อย (ภาพประกอบ 23) ความถี่ในการตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 100 35 และ 15 ของจำนวนตัวอย่างดินตะกอนที่นำมาวิเคราะห์ (26 ตัวอย่าง) ตามลำดับ

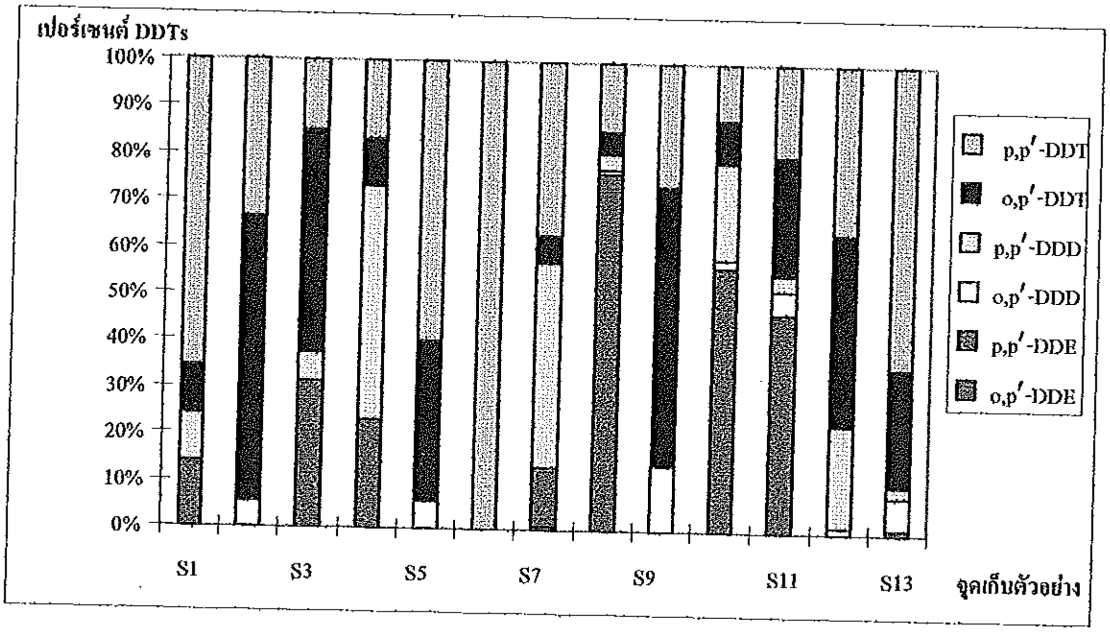
กลุ่มของดีดีที พบพารา-พารา-ดีดีที ในปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ ออโธ-พารา-ดีดีที พารา-พารา-ดีดีอี พารา-พารา-ดีดีดี และออโธ-พารา-ดีดีดี คิดเป็นร้อยละ 85 5 4 4 และ 1 ของดีดีทีทั้งหมด ตามลำดับ (ภาพประกอบ 24) ความถี่ในการตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 85 62 46 และ 35 ของจำนวนตัวอย่างดินตะกอนที่นำมาวิเคราะห์ (26 ตัวอย่าง) ตามลำดับ ไม่พบออโธ-พารา-ดีดีอี



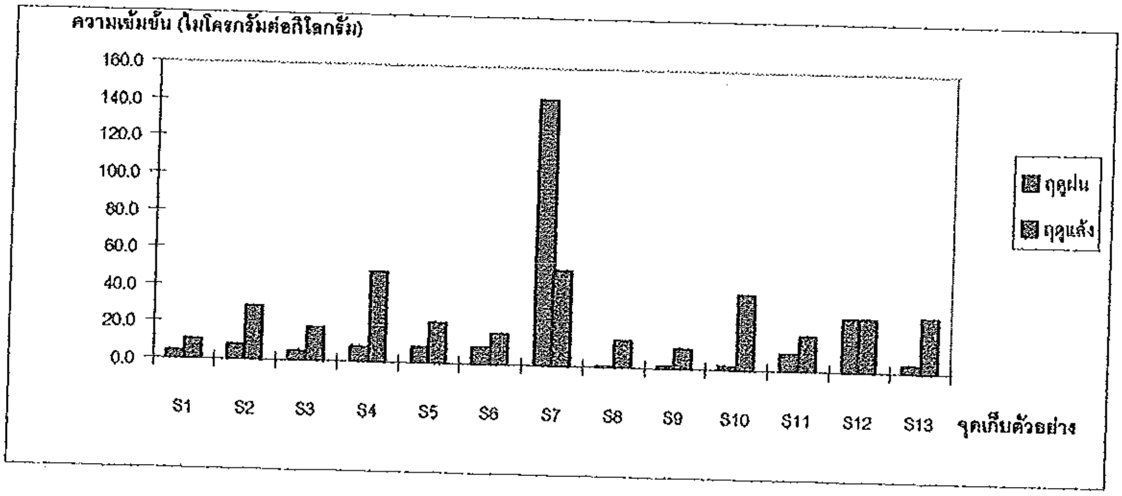
ภาพประกอบ 22 สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ที่ตรวจพบในตัวอย่างดินตะกอนในช่วงฤดูแล้ง



ภาพประกอบ 23 แสดงองค์ประกอบของเอชซีเอชในตัวอย่างดินตะกอนในช่วงฤดูแล้ง



ภาพประกอบ 24 แสดงองค์ประกอบของดีดีทีในตัวอย่างดินตะกอนในช่วงฤดูแล้ง



ภาพประกอบ 25 สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (OCPs) ที่ตรวจพบในตัวอย่างดินตะกอนในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ในน้ำ และดินตะกอน รวมถึงคุณภาพน้ำบางปัจจัยหลัก นำมาหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติ t-test (Independence) ศึกษาความสัมพันธ์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of Correlation) ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังรายละเอียดในตาราง 14 15 16 และ 17

ผลจากการตรวจวัดพบว่า ค่าพีเอช อุณหภูมิ และความเค็ม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อ ฤดูกาลเปลี่ยนจากฤดูฝนเป็นฤดูแล้ง ซึ่งมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคมและค่าจะเพิ่มสูงขึ้น โดยมีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน ในช่วงฤดูฝนตรวจวัด ความลึก (เมตร) พีเอช ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน) และอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) มีค่าเฉลี่ย 3.5 6.66 0.7 และ 26.3 ตามลำดับ ในช่วงฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ย 2.8 7.56 17.3 และ 32.2 ตามลำดับ ความเค็มจะมีค่ามากขึ้นเมื่อเข้าใกล้กับจุดเก็บบริเวณปากทะเลสาบ พบว่าความลึกของน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนนอกไม่มีความแตกต่างกันระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง สำหรับค่าพีเอช ความเค็ม และอุณหภูมิ ค่าที่ตรวจวัดได้ในฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ดังผลการวิเคราะห์ในตาราง 14

ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำและดินตะกอนเปรียบเทียบ ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้งพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ รายละเอียดในตารางที่ 15 และ 16 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่าการเปลี่ยนแปลงของ พีเอช ความลึก ความเค็ม อุณภูมิของน้ำ และปริมาณการตกค้างสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กโนคลอรีนในน้ำและดินตะกอนไม่มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือการเปลี่ยนแปลงค่า พีเอช ความลึก ความเค็ม อุณภูมิของน้ำ ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำและดินตะกอน เช่นเดียวกับค่าการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำ ที่ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน ดังรายละเอียดในตารางที่ 17

ตาราง 14 การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพน้ำบางปัจจัยหลัก

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ฤดูฝน Mean (SD)	ฤดูแล้ง Mean (SD)	*p*-value	t-test (α =0.05)
ความลึก (เมตร)	3.5 (2.23)	2.8 (2.56)	0.88	0.26*
พีเอช	6.66 (0.39)	7.56 (0.53)	0.02	0.00**
ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	0.7 (1.42)	17.3 (11.96)	0.00	0.00**
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	26.3 (1.92)	32.2 (0.93)	0.17	0.00**

หมายเหตุ 1. * ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตาราง 15 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำฤดูฝน และฤดูแล้ง

OCP ng/L	ฤดูฝน Mean (SD)	ฤดูแล้ง Mean (SD)	*p*-value	t-test (α =0.05)	ความถี่ในการตรวจพบ OCP (%)
HCHs	6.1 (9.2)	4.3 (5.0)	0.37	0.39*	57.69
Heptachlors	1.0 (1.8)	1.5 (3.0)	0.36	0.42*	32.69
Drins	0.3 (1.8)	nd	-	-	0.02
DDTs	5.4 (5.4)	6.4 (3.6)	0.02	0.45*	73.08
Endosulfans	nd	nd	-	-	0
Total OCPs	12.8 (13.2)	12.2 (6.3)	-	0.80*	88.46

หมายเหตุ 1. * ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตาราง 16 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนฤดูฝน และฤดูแล้ง

OCP µg/kg	ฤดูฝน Mean (SD)	ฤดูแล้ง Mean (SD)	*p*-value	t-test (α =0.05)	ความถี่ในการตรวจพบ OCP (%)
HCHs	9.5 (36.8)	9.0 (10.1)	0.31	0.95*	92.31
Heptachlors	5.9 (18.0)	1.5 (5.8)	0.11	0.24*	59.62
Drins	0.0 (0.0)	3.7 (8.2)	0.00	0.32*	38.46
DDTs	2.7 (2.9)	11.9 (14.2)	0.00	0.00**	98.08
Endosulfans	0.0 (0.0)	0.3 (0.6)	0.00	0.04**	40.38
Total OCPs	18.1 (54.6)	26.2 (21.2)	0.59	0.80*	100.00

หมายเหตุ 1. * ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ
(Correlation Coefficient of Pearson)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	OCPs (น้ำ)	OCPs (ดินตะกอน)	ความลึก	พีเอช	ความเค็ม	อุณหภูมิ
OCPs (น้ำ)	1.00					
OCPs (ดินตะกอน)	-0.07*	1.00				
ความลึก	-0.06*	-0.02*	1.00			
พีเอช	-0.16*	-0.02*	-0.15*	1.00		
ความเค็ม	-0.16*	-0.04*	-0.18*	0.72**	1.00	
อุณหภูมิ	-0.26*	0.16*	-0.08*	0.66**	0.63**	1.00

หมายเหตุ 1. * ไม่สัมพันธ์กันที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95
2. ** มีความสัมพันธ์กันที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95
3. - หมายถึงมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม

ส่วนใหญ่ในการทดสอบสมมุติฐาน ผู้วิจัยจะใช้ค่าความน่าจะเป็น (ค่า p) เป็นตัวพิจารณาปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานทางสถิติ การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ก็เช่นกัน ให้พิจารณาค่า p นอกจากนี้ก็พิจารณาค่า r ด้วย ซึ่งมีระดับความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 18 ความหมายของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)	มีความสัมพันธ์
0.00-0.20	ไม่มี
0.20-0.40	ต่ำ
0.40-0.60	กลาง
0.60-0.80	ค่อนข้างสูง
0.80-1.00	สูง

ที่มา : ธวัชชัย งามสันติวงศ์, 2540

บทที่ 4

บทวิจารณ์

คุณภาพน้ำบางปัจจัยหลัก

จากการตรวจวัด ความลึก พีเอช ความเค็ม และอุณหภูมิของน้ำ ณ จุดเก็บตัวอย่าง พบว่าในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน และธันวาคม 2538) น้ำมีความลึกอยู่ในช่วง 1.6 - 10.0 เมตร มีค่าเฉลี่ย 3.5 เมตร พีเอชพบในช่วง 5.49 - 7.24 มีค่าเฉลี่ย 6.66 ความเค็มพบในช่วง 0.0 - 5.0 ส่วนในพันส่วน มีค่าเฉลี่ย 0.7 ส่วนในพันส่วน อุณหภูมิ พบในช่วง 20.2 - 28.8 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ย 26.3 องศาเซลเซียส สำหรับในช่วงฤดูแล้ง (เดือนมีนาคมและเมษายน 2539) พบว่าน้ำมีความลึกอยู่ ในช่วง 1.0 - 9.6 เมตร มีค่าเฉลี่ย 2.8 เมตร พีเอช พบในช่วง 6.95 - 8.80 มีค่าเฉลี่ย 7.56 ความเค็มพบในช่วง 0.0 - 36.0 ส่วนในพันส่วน มีค่าเฉลี่ย 17.3 ส่วนในพันส่วน อุณหภูมิพบในช่วง 30.4 - 34.0 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ย 32.2 องศาเซลเซียส จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ค่าพีเอช ความเค็ม และอุณหภูมิ ของน้ำ มีลักษณะแปรผันตามฤดูกาล โดยจะมีค่าต่ำในฤดูฝน และมีค่าสูงในฤดูแล้ง โดยสอดคล้องกับการศึกษาของคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2537) ซึ่งพบว่าค่าพีเอช ความเค็ม และอุณหภูมิของน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนนอกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าสู่ฤดูแล้ง การเพิ่มขึ้นของความเค็มในฤดูแล้งเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำทะเลจากอ่าวไทยที่สามารถรุกเข้ามาในทะเลสาบสงขลาได้มากขึ้น เพราะปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาในช่วงฤดูแล้งมีน้อย จึงไม่สามารถดันกระแสน้ำเค็มออกไปได้ ทำให้ตรวจพบค่าความเค็มสูงขึ้นในฤดูแล้ง โดยบริเวณที่ใกล้กับปากทะเลสาบสงขลาจะมีความเค็มสูงกว่าจุดที่ห่างออกไป ค่าพีเอชต่ำในฤดูฝนทั้งนี้เพราะอิทธิพลของน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Runoff) ที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาในช่วงนี้มีพีเอชต่ำ เนื่องจากได้ผ่านพื้นที่ดินบางบริเวณรอบทะเลสาบสงขลาซึ่งดินมีสภาพเป็นกรด (กรมพัฒนาที่ดิน, กองวางแผนการใช้ที่ดิน, 2530) เมื่อมีน้ำท่าไหลผ่านพื้นที่ดังกล่าว จึงเป็นการเพิ่มความเป็นกรดให้กับน้ำในทะเลสาบสงขลาในช่วงฤดูฝน ทำให้ตรวจวัดพีเอชได้ค่าต่ำ แล้วค่าพีเอชจะมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อเข้าสู่ฤดูแล้ง เพราะไม่มีน้ำไหลบ่าหน้าดินเนื่องจากฤดูแล้งมีฝนตกน้อย ทำให้ไม่มีการเพิ่มความเป็นกรดให้กับน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนนอก ประกอบกับอิทธิพลของน้ำเค็มที่รุกเข้ามาในทะเลสาบสงขลาตอนนอก

ในช่วงฤดูแล้ง น้ำทะเลจะมีพีเอช ประมาณ 7 - 8 ความเค็มประมาณ 34 ส่วนในพันส่วน ฉะนั้นจึงเป็นการเพิ่ม พีเอช และความเค็มให้กับน้ำในทะเลสาบสงขลาในช่วง ฤดูแล้งให้มีค่าสูงขึ้น กว่าในช่วงฤดูฝน

ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำ

ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนรวม (OCPs) ในน้ำในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าไม่แตกต่างกัน มีค่าเฉลี่ยในฤดูฝนและฤดูแล้ง 12.8 และ 12.2 นาโนกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แต่ถ้าพิจารณาข้อมูลในแต่ละเดือนของช่วงฤดูฝนจะพบว่าในเดือนพฤศจิกายนจะตรวจพบการตกค้างสูงกว่าเดือนธันวาคมมาก คาดว่าสาเหตุน่าจะมาจากน้ำไหลบ่าหน้าดิน ที่ชะเอาสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่ตกค้างอยู่ตามหน้าดินของพื้นที่โดยรอบทะเลสาบสงขลา ลงมาในปริมาณสูงในช่วงเดือนพฤศจิกายน จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตกในบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอกพบว่าเดือนพฤศจิกายนเป็นช่วงที่มีฝนตกมากที่สุด รองลงมาคือเดือนธันวาคม (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) ฝนตกประมาณ 400-800 มิลลิเมตร (กรมอุตุนิยมวิทยา, ศูนย์อุตุนิยมวิทยาฝั่งตะวันออก, 2540) ฉะนั้นเดือนพฤศจิกายนจึงเป็นเดือนแรกที่ฝนเริ่มตกหนักทำให้มีน้ำไหลบ่าหน้าดิน เกิดการชะล้างเอาสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนนอกเป็นปริมาณมาก ประกอบกับปริมาณน้ำท่าที่เพิ่มมากขึ้นทำให้การไหลของน้ำมีความแรงพอที่จะชะเอาดินตะกอนท้องน้ำในคลองสาขาย่อยต่าง ๆ ให้ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนนอกได้ สามารถสังเกตได้จากความขุ่นของกระแสน้ำที่ไหลออกจากปากคลองต่าง ๆ ซึ่งความขุ่นในเดือนพฤศจิกายนจะสูงกว่าในช่วงเดือนอื่น แม้ว่าในเดือนธันวาคมจะยังมีฝนตกในปริมาณสูงพอที่เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน แต่เนื่องจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ที่ตกค้างอยู่ในดินถูกชะออกไปด้วยน้ำไหลบ่าหน้าดินในช่วงเดือนพฤศจิกายนเป็นปริมาณมากแล้ว จึงทำให้น้ำไหลบ่าหน้าดินในช่วงเดือนธันวาคม มีการปนเปื้อนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในปริมาณน้อยกว่าในเดือนพฤศจิกายน ซึ่งผลการตรวจวัดปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่พบการตกค้างในน้ำฤดูฝน ของเดือนพฤศจิกายน มีค่าสูงกว่าเดือนธันวาคม ช่วงฤดูแล้งปริมาณน้ำฝนมีน้อยจึงคาดว่าไม่มีการปนเปื้อนเพิ่มขึ้นจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์อันเนื่องมาจากน้ำไหลบ่าหน้าดิน ในฤดูแล้งค่าที่ตรวจวัดได้ในเดือนมีนาคม และเมษายนมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เพราะน้ำในทะเลสาบได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงเพียงอย่างเดียว (ต่างจากฤดูฝนที่มีน้ำไหลหลากมาก) ฉะนั้นปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างใน

บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอกจึงถูกชะพาออกไปสู่อ่าวไทยตามกระแสน้ำขึ้นน้ำลงเท่านั้น ซึ่งจะเกิดได้พอ ๆ กันในช่วงฤดูแล้ง ของเดือนมีนาคม และเมษายน

ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในดินตะกอน

เมื่อพิจารณาการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (OCPs) ในดินตะกอนช่วงฤดูฝน ตรวจพบในช่วง 0.3 - 282.7 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 18.1 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม พบกลุ่มเอชซีเอชมากที่สุด รองลงมาคือ พบกลุ่มเฮปตาคลอ และดีดีที โดยมีค่าเฉลี่ย 9.5 5.9 และ 2.7 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ กลุ่มเอนโดซัลแฟนและกลุ่มดรินพบในปริมาณต่ำ ในช่วงฤดูแล้งพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในช่วง 3.3 - 81.9 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 26.2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม โดยพบ กลุ่มดีดีทีมากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มเอชซีเอช กลุ่มดรินและกลุ่มเฮปตาคลอ โดยมีค่าเฉลี่ย 11.9 9.0 3.7 และ 1.5 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ กลุ่มเอนโดซัลแฟนพบในปริมาณต่ำ

การตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในดินตะกอนจะมีค่ามากกว่าในน้ำทั้งชนิดและปริมาณ (เปรียบเทียบในหน่วยความเข้มข้น) ทั้งนี้เพราะปริมาณการตกค้างในดินตะกอนเป็นการตกค้างที่สะสมรวมกันเป็นเวลาหลายปี และดินตะกอนยังเป็นแหล่งรองรับสุดท้ายของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน เช่น จากการตกตะกอนของสารแขวนลอยในน้ำ จากการขับถ่ายของเสียของสัตว์น้ำ ซากพืช ซากสัตว์ที่ตายทับถมเป็นดินตะกอนท้องน้ำ จะมีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่ถูกพัดพาออกสู่ทะเลอ่าวไทยในฤดูน้ำหลาก (เดือนพฤศจิกายนและธันวาคม) ซึ่งต่างจากปริมาณการตกค้างในน้ำที่มีการไหลเวียนและถ่ายเทออกสู่ทะเลอ่าวไทยอยู่เสมอตลอดทั้งปี จากอิทธิพลของฤดูน้ำหลากและกระแสน้ำขึ้นน้ำลง

เนื่องจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำการปนเปื้อนในน้ำจึงอยู่ในรูปของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่เกาะติดกับอนุภาคแขวนลอยต่าง ๆ โดยเฉพาะดินที่ประกอบด้วยเปอร์เซนต์ของอนุภาคดินเหนียวและมีอินทรียสารมาก ฉะนั้นการกระจายของมลสารเหล่านี้จึงเกิดจากการไหลพัดพาเอาอนุภาคแขวนลอยที่มีสารกลุ่มนี้เกาะอยู่ไปยังที่ต่าง ๆ โดยอนุภาคเล็ก ๆ ของที่แขวนลอยอยู่ในน้ำจะเกาะรวมกันเป็นอนุภาคใหญ่แล้วตกลงสู่ท้องน้ำโดยเฉพาะบริเวณปากคลองจะมีอัตราการตกตะกอนมากกว่าบริเวณอื่น ๆ นอกจากนี้กระแสน้ำที่ไหลแรงขึ้นในช่วงฤดูฝนจะมีผลต่อการฟุ้งกระจายของตะกอนท้องน้ำ เป็นการเพิ่มสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำให้เพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่งด้วย

ความสัมพันธ์การตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กับปัจจัยอื่น

จากการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่าการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของ ค่าพีเอช ความเค็ม และอุณหภูมิ ของน้ำในทะเลสาบสงขลาจะไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในน้ำและดินตะกอน ถึงแม้ว่าค่าพีเอช และอุณหภูมิของน้ำจะมีผลต่อการละลายของสารต่าง ๆ เพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนมีคุณสมบัติทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงของพีเอช และอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยจึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณออร์กาโนคลอรีนในน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Alawi *et al.* (1995) ที่พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและ พีเอชจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ พารา-พารา-ดีดีอี และ พารา-พารา-ดีดีที การปนเปื้อนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนส่วนใหญ่คาดว่าจะมาจากน้ำไหลบ่าหน้าดินในช่วงฤดูฝน แต่เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่มากในช่วงนี้จะช่วยในการเจือจางมลสาร จึงทำให้ผลการตรวจพบในตัวอย่างน้ำในฤดูฝนมีค่าไม่แตกต่างกับในฤดูแล้ง (เปรียบเทียบในหน่วยความเข้มข้น) แต่ถ้าดูในเชิงปริมาณ (ความเข้มข้น × ปริมาณน้ำที่ไหลลงทะเลสาบ) อาจกล่าวได้ว่าช่วงฤดูฝน จะมีปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ถูกชะล้างลงสู่ทะเลสาบสงขลามากกว่าฤดูแล้ง ปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่พบในน้ำฤดูฝนและฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ย 12.8 และ 12.2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง (ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95) ความถี่ในการตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 88.46 ของตัวอย่างน้ำทั้งหมด ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 18.1 และ 26.2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ความถี่ในการตรวจพบในตัวอย่างดินตะกอนคิดเป็นร้อยละ 100 นั่นคือดินตะกอนทุกตัวอย่างที่วิเคราะห์จะพบการปนเปื้อนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ในแต่ละจุดปริมาณการตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่พบในตัวอย่างน้ำและในตัวอย่างดินตะกอนไม่มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือยังมีปัจจัยอย่างอื่นอีกที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการตกค้างของสารกลุ่มนี้ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนนอก เช่น ปริมาณการใช้สารในแต่ละพื้นที่ในแต่ละเดือน ความสามารถของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน และอัตราการสะสมในสิ่งมีชีวิต

บริเวณที่พบการปนเปื้อนสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนสูง

เนื่องจากมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ตัวอย่าง ทำให้ต้องเก็บตัวอย่างเพียงจุดละ 1 ตัวอย่างต่อการเก็บในแต่ละครั้ง จึงมีข้อมูลไม่เพียงพอในการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติในแต่ละจุด ในการรายงานบริเวณที่พบสูงสุดจึงเป็นเพียงแนวโน้มที่คาดว่าบริเวณนั้นน่าจะมีค่าสูงกว่าจุดอื่นจากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์และเหตุผลอื่นประกอบ เช่น ปริมาณที่ใช้ในบริเวณนั้น ลักษณะทางกายภาพของคลอง เป็นต้น ซึ่งจะพริจารณาจากปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในดินตะกอนเป็นหลัก เนื่องจากปริมาณการตกค้างในดินตะกอนเป็นการสะสมในระยะยาวและอยู่กับที่จึงเหมาะที่จะใช้เป็นตัวชี้วัดได้ดีกว่าในน้ำซึ่งมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอด ซึ่งจะพบว่าบริเวณที่มีการปนเปื้อนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนสูงสุด คือ บริเวณปากคลองบางกล่ำ (S7) พบการตกค้างในดินตะกอนของเดือนพฤศจิกายน ธันวาคม มีนาคม และเมษายน มีค่า 4.5 282.7 81.9 และ 20.5 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ พบกลุ่มเอชซีเอชมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือกลุ่มดีดีที มีค่า 54.6 และ 18.6 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สาเหตุการปนเปื้อนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในบริเวณนี้มากกว่าในคลองอื่น ๆ เนื่องจากบริเวณคลองดังกล่าวมี เกษตรกรทำอาชีพสวนผักเป็นจำนวนมาก พื้นที่ปลูกผักจะอยู่ใกล้คลองและใกล้ทะเลสาบมาก ความยาวของลุ่มน้ำคลองบางกล่ำไม่ยาวมากการตกค้างในลำคลองมีน้อยกว่าคลองที่มีความยาวมาก เช่น คลองอู่ตะเภา เป็นต้น อีกทั้งลักษณะทางกายภาพของคลองที่มีลักษณะของปากลำคลองที่เลี้ยวหักศอก ซึ่งจะเป็นการต้านให้กระแสน้ำไม่เชี่ยวมากนัก จึงทำให้อนุภาคเล็กมีโอกาสจับเป็นอนุภาคใหญ่แล้วตกตะกอนสะสมบริเวณปากคลองมากขึ้นกว่าปากคลองอื่น ๆ พบว่าจุดที่ตรวจพบสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนเป็นปริมาณต่ำจะเป็นจุดที่น้ำมักถูกรบกวนมาก อันเนื่องมาจากกระแสลม กระแสน้ำ หรืออิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลง ทำให้อนุภาคเล็ก ๆ ที่มีสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนเกาะติดอยู่ไม่สามารถรวมตัวกลายเป็นอนุภาคใหญ่แล้วตกตะกอนได้ เช่น จุดกลางทะเลสาบสงขลา (S8) ซึ่งมีคลื่นลมอยู่ตลอดเวลา และปากทะเลสาบสงขลา (S1) ซึ่งได้รับอิทธิพลของกระแสน้ำขึ้นลงอยู่ตลอดเวลา สำหรับปากคลองรัตภูมิ (S9) ลักษณะดินตะกอนท้องน้ำเป็นเม็ดทรายขนาดใหญ่ ทำให้การเกาะจับของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกับอนุภาคดินตะกอนเกิดขึ้นได้น้อยกว่าอนุภาคที่เป็นดินเหนียวหรือ อนุภาคที่เป็นอินทรียวัตถุ

ปริมาณการตกค้างของกลุ่มเอชซีเอชในน้ำและดินตะกอน

เอชซีเอชเป็นกลุ่มที่ตรวจพบได้บ่อยที่สุด ความถี่ในการตรวจพบในตัวอย่างน้ำและดินตะกอน คิดเป็นร้อยละ 57.69 และ 90.38 ตามลำดับ ปริมาณการตกค้างเอชซีเอชในตัวอย่างน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 6.1 และ 4.3 นาโนกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับตัวอย่างดินตะกอนในฤดูฝนและฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ย 9.5 และ 9.0 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เอชซีเอชในดินตะกอนมีค่า สูงกว่าในน้ำประมาณ 1,796 เท่า

แกมมา-เอชซีเอช เป็นอนุพันธ์เอชซีเอชที่ตรวจพบมากที่สุด รองลงมาคือ เบต้า-เอชซีเอช แอลฟา-เอชซีเอชและเดลต้า-เอชซีเอช แกมมา-เอชซีเอชเป็นอนุพันธุ์ที่พบมากและบ่อยครั้ง โดยตรวจพบคิดเป็นร้อยละ 43.6 และ 80.3 ของเอชซีเอชในน้ำและดินตะกอน ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าสารกลุ่มนี้มีฤทธิ์ตกค้างได้นานและเป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ได้ สารกลุ่มเอชซีเอช จึงถูกห้ามใช้เพื่อกิจกรรมทางการเกษตรโดยกรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2523 สำหรับอนุพันธ์แกมมา-เอชซีเอช ซึ่งนำเข้ามาในรูปของ ลินเดน ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นวัตถุอันตรายทางการเกษตร มีอยู่ด้วยกัน 4 ผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะ Lindane 20 % W/P EC ใช้สำหรับป้องกันกำจัดปลวกและแมลงที่ทำลายลังบรรจุยางพารา ซึ่งใช้อยู่ทั่วไปในภาคใต้ จะเห็นได้ว่าสารกลุ่มนี้สามารถนำมาใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ไม่ได้จำเพาะอาชีพใดอาชีพหนึ่ง สามารถใช้ในบ้านที่อยู่อาศัย ใช้ในการเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ฉะนั้นจึงพบการปนเปื้อนได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม จึงเป็นการยากที่จะหาแหล่งที่มาของมลสารนี้ได้ การห้ามไม่ให้ใช้จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดขณะนี้มีหลายประเทศที่ห้ามการใช้สารกลุ่มดังกล่าวแล้ว

ปริมาณการตกค้างของกลุ่มดีดีทีในน้ำและดินตะกอน

การตกค้างของดีดีทีในน้ำของทะเลสาบสงขลาตอนนอก พบเพียง 2 อนุพันธ์ คือ พารา-พารา-ดีดีที และออโธ-พารา-ดีดีที โดยพบ พารา-พารา-ดีดีที มากกว่ากลุ่มอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 91.5 และพบ ออโธ-พารา-ดีดีที คิดเป็นร้อยละ 8.5 ของปริมาณดีดีทีทั้งหมดในตัวอย่างน้ำ ความถี่ในการตรวจพบดีดีทีในน้ำตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 73.1 ของตัวอย่างทั้งหมดที่วิเคราะห์ โดยในน้ำช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ยเป็น 5.4 และ 6.4 นาโนกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ การพบ พารา-พารา-ดีดีที เป็นอัตราสูงถึงร้อยละ 91.5 แสดงถึงระยะเวลาของการปนเปื้อนได้ว่าเพิ่งเกิดการปนเปื้อนของดีดีทีในตัวอย่างน้ำ เพราะ พารา-พารา-ดีดีทีและออโธ-พารา-ดีดีที เป็นอนุพันธ์หลักที่ใช้เป็นส่วนผสมในดีดีที

ชนิดเทคนิคอลเกรด คิดเป็นอัตราส่วนร้อยละ 77.1 และ 14.9 ตามลำดับ ถึงแม้ว่าดีดีทีจะถูกห้ามนำเข้ามาเพื่อใช้ในการเกษตรในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 แต่ยังคงอนุญาตให้มีการใช้เพื่อการควบคุมมาลาเรีย ของกระทรวงสาธารณสุขได้ จากสถิติปริมาณดีดีทีที่ใช้ในงานควบคุมมาลาเรียในจังหวัดสงขลา พบว่า ในช่วง ปี 2535-2537 มีปริมาณการใช้รวม 20,203 กิโลกรัม (กรมควบคุมโรคติดต่อ, ศูนย์ มาลาเรียเขต 12 สงขลา, 2538) และอาจมีการลักลอบนำเข้ามาใช้บ้าง

ในดินตะกอนพบ ดีดีที 6 อนุพันธ์ คือ พารา-พารา-ดีดีที ออโธ-พารา-ดีดีที พารา-พารา-ดีดีอี ออโธ-พารา-ดีดีอี พารา-พารา-ดีดีดี และออโธ-พารา-ดีดีดี โดยพบ พารา-พารา-ดีดีที ในปริมาณมากกว่าอนุพันธ์อื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 61.5 ของปริมาณดีดีทีทั้งหมด ความถี่ในการตรวจพบดีดีทีในตัวอย่างดินตะกอนคิดเป็นร้อยละ 98.08 ของตัวอย่างทั้งหมดที่วิเคราะห์ อัตราส่วนการพบ พารา-พารา-ดีดีทีในดินตะกอนจะน้อยกว่าในตัวอย่างน้ำ เมื่อเทียบกับกลุ่มดีดีทีทั้งหมด โดยในดินตะกอนจะพบอนุพันธ์ของดีดีที เพิ่มขึ้นคือ ดีดีดี และดีดีอี เนื่องจาก พารา-พารา-ดีดีที สามารถถูกเมตาโบไลท์ด้วยสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ กลายเป็นอนุพันธ์ของ ดีดีดี และดีดีอีได้ ซึ่งจะถูกขับออกทางระบบขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตออกสู่สิ่งแวดล้อม แล้วในที่สุดจะตกตะกอนลงสู่ท้องน้ำสะสมกลายเป็นส่วนหนึ่งของดินตะกอน นอกจากนี้จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินตะกอน ก็มีความสำคัญในการเปลี่ยนรูปของดีดีทีได้ เช่น ปฏิกริยาดีไฮโดรคลอริเนชั่น (Dehydrochlorination) ที่สามารถเปลี่ยนรูปดีดีทีเป็น ดีดีอี ปฏิกริยานี้จะเกิดได้ดีในสัตว์ชั้นสูง ดีดีทีที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อมในสภาวะที่ขาดออกซิเจน (Anaerobic) จะถูกเมตาโบไลท์ด้วยจุลินทรีย์ กลายเป็น ดีดีดี จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีความสามารถในการย่อยสลายสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ได้ต่างกันไป เช่น *Pseudomonas sp.* สามารถย่อย พาราไธออน (Parathion) ดีดีที คาร์บอซิน (Carboxin) และ สารประเภทไดฟีนิลมีเทน (Diphenyl Methane) *Clostridium sphenoides* สามารถย่อย อนุพันธ์ แอลฟา และแกมมา เอชซีเอช ได้ เป็นต้น (Matsumura, 1982) ปริมาณการตกค้างของดีดีทีในดินตะกอนจะพบในช่วงฤดูฝนต่ำกว่าฤดูแล้ง คือมีค่าเฉลี่ย 2.7 และ 11.9 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณการตกค้างของดีดีทีในดินตะกอนมีค่าสูงกว่าในน้ำประมาณ 1,368 เท่า

ปริมาณการตกค้างของสารกลุ่มไซโคลไดอีนและทอกซาฟีนในน้ำและดินตะกอน

สารในกลุ่มนี้ได้แก่ อัลดริน เอนดริน ดีลดริน เฮปตาคลอ เฮปตาคลอ อีพ็อกไซด์ เอนโดซัลแฟนและอนุพันธ์ พบกลุ่มนี้ในปริมาณที่น้อยกว่ากลุ่มเอชซีเอชและกลุ่มดีดีที ในตัวอย่างน้ำตรวจพบ เฮปตาคลอ เฮปตาคลออีพ็อกไซด์ ในปริมาณต่ำ พบดีลดรินเพียง 1 ตัวอย่างจากตัวอย่างทั้ง

หมด (52 ตัวอย่าง) ตรวจไม่พบ อัลดริน เอนดริน เอนโดซัลแฟนและอนุพันธ์ ในตัวอย่างดินตะกอนพบ สารกลุ่มนี้ได้มากขึ้น โดยพบกลุ่มเฮปตาคลอ มากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มดริน และกลุ่มเอนโดซัลแฟนและอนุพันธ์ สารกลุ่มนี้ถูกห้ามนำเข้าโดยกรมวิชาการเกษตร คือเอ็นดรินในปี 2524 อัลดริน ดีลดริน และเฮปตาคลอในปี 2531 ปัจจุบันอนุญาตให้ใช้อยู่เพียงชนิดเดียวคือ เอนโดซัลแฟนและอนุพันธ์ ซึ่งได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นวัตถุอันตรายทางการเกษตร จำนวน 8 ผลิตภัณฑ์ ถ้าเปรียบเทียบการย่อยสลายของสารกลุ่มเอนโดซัลแฟนกับอนุพันธ์แกมมา-เอชซีเอช (Lindane) ในสิ่งแวดล้อมพบว่าแกมมาเอชซีเอชมีครึ่งชีวิต (Half-life) ที่ยาวกว่า เอนโดซัลแฟน โดยแกมมา-เอชซีเอชมีครึ่งชีวิต 266-569 วัน ส่วนเอนโดซัลแฟนมีครึ่งชีวิต 120 วัน (Wilcock, 1993 : 369) ซึ่งอาจจะเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้พบสารในกลุ่มนี้น้อยกว่ากลุ่มเอชซีเอช

ความสัมพันธ์ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำและดินตะกอน และสิ่งมีชีวิตในทะเลสาบสงขลา

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการตกค้างของเอชซีเอช ในน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลา กับบริเวณอื่น ๆ คือ หนองหาน กว๊านพะเยา บึงบอระเพ็ด แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำปิง และแม่น้ำจันทบุรี พบว่าค่ายังค่อนข้างต่ำกว่าบริเวณดังกล่าว รายละเอียดในตาราง 19 อาจจะเป็นเพราะลักษณะทางภูมิประเทศของทะเลสาบสงขลาที่อยู่ติดกับทะเล ทำให้มีการชะสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ออกสู่อ่าวไทยอยู่เสมอ โดยเฉพาะปริมาณการตกค้างของดีดีทีในน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนนอกเมื่อเทียบกับผลการศึกษาในอดีตพบว่าค่าลดลงอย่างมาก อาจมีสาเหตุมาจากนโยบายของกระทรวงสาธารณสุขที่พยายามลดการใช้ดีดีที ทำให้ปริมาณการใช้ ดีดีทีในพื้นที่ทะเลสาบสงขลาลดลงอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับปริมาณการตกค้างในน้ำจะถูกถ่ายเทออกสู่อ่าวไทยอยู่เสมอ ปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนของทะเลสาบสงขลาตอนนอกจะมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาในดินตะกอนที่หนองหาน (จังหวัดสกลนคร) กว๊านพะเยา (จังหวัดพะเยา) แต่มีค่าต่ำกว่าในดินตะกอนของแม่น้ำเจ้าพระยา

เมื่อเทียบอัตราการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำและดินตะกอน ในหนองหาร กว๊านพะเยา และบึงบอระเพ็ด (พบในดินตะกอนมากกว่าในน้ำประมาณ 517 เท่า) เปรียบเทียบกับการศึกษาครั้งนี้ (ในดินตะกอนมากกว่าในน้ำประมาณ 1,500 เท่า) พบว่าในทะเลสาบสงขลาตอนมีอัตราส่วนมากกว่าถึง 3 เท่า แม้ว่าจะพบปริมาณการตกค้างในดินตะกอนมีค่าใกล้เคียงกันแต่ในน้ำทะเลสาบสงขลามีค่าต่ำ อาจจะเป็นเพราะน้ำในทะเลสาบสงขลามีการไหลถ่ายเท

ออกสู่อ่าวไทยอยู่เสมอปริมาณการตกค้างในน้ำจึงมีค่าค่อนข้างต่ำกว่าที่ หนองหาร กว๊านพะเยา และบึงบอระเพ็ด ซึ่งมีลักษณะเป็นบึงน้ำจืดขนาดใหญ่ไม่มีทางออกสู่ทะเล ทำให้ปริมาณในดินตะกอนสูงกว่าในน้ำหลายเท่า การปนเปื้อนในดินตะกอนจะมีค่าค่อนข้างสูง ทั้งนี้เพราะคุณสมบัติของสาร กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่มีครึ่งชีวิตยาว ทำให้คงทนอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้นานหลายปีจึงทำให้ปริมาณการสะสมในดินตะกอนมีค่าสูงขึ้น การชะออกสู่อ่าวไทยก็มีปริมาณน้อยกว่าในน้ำ จึงทำให้พบปริมาณการตกค้างในดินตะกอนมีค่าสูงแม้ว่าปริมาณการตกค้างในน้ำจะมีแนวโน้มลดลงอย่างมากก็ตาม

จากข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำและดินตะกอน เปรียบเทียบกับสิ่งมีชีวิตบริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาพบว่าปริมาณการตกค้างมีค่าสูงขึ้นตามลำดับของผู้ล่า โดยมีค่าเฉลี่ยในตัวอย่างน้ำ 0.01 ไมโครกรัมต่อลิตร ในดินตะกอน 22.99 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม สัตว์น้ำ 183.9 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (บุญสิน จิตตะประพันธ์, 2540) และไข่นกน้ำ 243.19 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (Metta Penpolcharoen, 1994) ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ในดินตะกอนจะสูงกว่าในน้ำประมาณ 2,300 เท่า ในปลาจะสูงกว่าในดินตะกอนประมาณ 8.0 เท่า ในไข่นกจะสูงกว่าในตัวอย่างสัตว์น้ำ 1.3 เท่า จะเห็นว่าปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในสิ่งมีชีวิตจะมีค่าสูงกว่าในสิ่งแวดล้อมและจะมีค่าสูงขึ้นตามลำดับของผู้ล่า เนื่องจากสารกลุ่มนี้มีคุณสมบัติในการสะสมในสิ่งมีชีวิตได้ (Bioaccumulation) จึงทำให้เกิดการสะสมตามลำดับของห่วงโซ่อาหาร ซึ่งผู้ล่าอันดับสุดท้ายมักจะมีการสะสมของสารกลุ่มนี้ได้มาก นอกจากนี้ถิ่นอาศัยและการกินอาหารของสัตว์น้ำจะมีผลต่อการสะสมสารพิษในกลุ่มนี้ได้เช่นกัน

ตาราง 19 เปรียบเทียบผลการศึกษาสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำและดินตะกอนในทะเลสาบสงขลากับบริเวณอื่น

สถานที่ศึกษา	ปีที่ศึกษา	น้ำ		ดินตะกอน	
		เอชซีเอช	ดีดีที	เอชซีเอช	ดีดีที
หนองหาน [1]	1989	-	-	3.0-9.0 (7.0)	1.0-8.0 (5.0)
				mg/kg dry wt.	
กว๊านพะเยา [1]	1989	-	-	2.0-7.0 (3.0)	1.0-8.0 (4.0)
				mg/kg dry wt.	
บึงบอระเพ็ด [1]	1989	-	-	4.0-16.0 (9.0)	1.0-17.0 (11.0)
				mg/kg dry wt.	
แม่น้ำจันทบุรี [2]	1990	10-20	20-710	1.0-77.6	1.0-480
		ng/l		µg/kg dry wt.	
แม่น้ำเจ้าพระยา [3]	1988-1991	0.18-75	0.23-2.5	0.48-3.2	5.4-200.0
		ng/l		ng/g dry wt	
คลองสำโรง (กทม)[4]	1990	1.10	2.60	0.48	83
		ng/l		µg/g dry wt	
แม่น้ำปิง [5]	1994	nd-560	nd-10.0	-	-
		ppm			
ทะเลสาบสงขลาตอนนอก [6]	1990-1991	-	0.0195-0.2032	-	-
			ppm		
ทะเลสาบสงขลาตอนนอก [7]	1995-1996	nd-44.53 (5.17)	nd-16.79 (5.90)	nd-188.9 (9.21)	nd-54.3 (8.11)
		ng/l		µg/kg dry wt	

หมายเหตุ : ค่าในวงเล็บคือค่าเฉลี่ย, nd=non detectable

ที่มา : 1. ประภัสสรา พิมพ์พันธุ์ และคณะ (2535)

2. นพดล ฟักอังกูร. (2534)

3. Tabucanon, *et al.* (1991)

4. Iwata, *et al.* (1993)

5. Saowanee Rattanaphani, *et al.* (1996)

6. Proespichaya Kanatharana, *et al.* (1994)

7. การศึกษาในครั้งนี้

บทที่ 5

สรุปและเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาคุณภาพน้ำบางปัจจัยหลัก ชนิดและปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำ และดินตะกอน บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก ในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายนและธันวาคม 2538) และฤดูแล้ง (เดือนมีนาคมและเมษายน 2539) สรุปได้ดังนี้

1. คุณภาพน้ำบางปัจจัยหลัก ตรวจวัดคุณภาพน้ำในพารามิเตอร์ดังนี้ คือ พีเอช ความเค็ม (ppt.) อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) และความลึก (เมตร) พบว่าในช่วงฤดูฝนมีค่าเฉลี่ย 6.66 0.7 26.3 และ 3.5 ตามลำดับ ในฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 7.56 17.3 32.2 และ 2.78 ตามลำดับ โดยค่าพีเอช ความเค็ม และอุณหภูมิของน้ำในฤดูแล้งจะสูงกว่าในฤดูฝน

2. ชนิดและปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำ ตรวจพบทั้งสิ้น 9 ชนิด คือ พารา-พารา-ดีดีที ออโธ-พารา-ดีดีที อัลดริน ดีลดริน เฮปตาคลอ และเอชซีเอช (α β γ และ δ) ไม่พบ เฮปตาคลอ อีพ๊อกไซด์ เอนดริน พารา-พารา-ดีดีอี ออโธ-พารา-ดีดีอี พารา-พารา-ดีดีดี ออโธ-พารา-ดีดีดี และเอนโดซัลแฟน ซัลเฟตและอนุพันธ์ (α และ β) ปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนรวม (OCPs) ในน้ำช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ย 12.8 และ 12.2 นาโนกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ความถี่ในการตรวจพบในตัวอย่างน้ำคิดเป็นร้อยละ 88.46 โดยตรวจพบกลุ่มเอชซีเอชและกลุ่มดีดีที มีปริมาณสูงกว่ากลุ่มอื่น ในช่วงฤดูฝนมีค่าเฉลี่ย 6.1 และ 5.4 นาโนกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในช่วงฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 4.3 และ 6.4 นาโนกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในกลุ่มเอชซีเอช พบอนุพันธ์ แกมมา-เอชซีเอช ในปริมาณสูงกว่าอนุพันธ์อื่น ๆ ในกลุ่มดีดีที พบเพียง 2 อนุพันธ์ คือ ออโธ-พารา-ดีดีที และ พารา-พารา-ดีดีที โดยพบพารา-พารา-ดีดีทีเป็นปริมาณสูงกว่าอนุพันธ์อื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 91.50 ของดีดีทีทั้งหมดที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำ ในฤดูฝนพบปริมาณการตกค้างสูงสุดบริเวณปากคลองสำโรง (S2) ในฤดูแล้งพบปริมาณการตกค้างสูงสุดบริเวณปากทะเลสาบ (S8)

3. ชนิดและปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในดินตะกอน ตรวจพบทุกชนิดที่ทำการวิเคราะห์ (18 ชนิด) คือ แอลฟา-เอชซีเอช เบต้า-เอชซีเอช แกมมา-เอชซีเอช เดลต้า-เอชซีเอช เฮปตาคลอ เฮปตาคลอ อีพ๊อกไซด์ ออโธ-พารา-ดีดีอี พารา-พารา-ดีดีอี ออโธ-พารา-ดีดีดี พารา-พารา-ดีดีดี ออโธ-พารา-ดีดีที พารา-พารา-ดีดีที อัลดริน เอนดริน ดีลดริน เอนโดซัลแฟน เบต้า เอนโดซัลแฟน แอลฟา และเอนโดซัลแฟน ซัลเฟต ปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (OCPs) ในดินตะกอนช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ย 18.1 และ 26.2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ความถี่ในการตรวจพบในตัวอย่างดินตะกอนคิดเป็นร้อยละ 100 โดยกลุ่มเอชซีเอชและกลุ่มดีดีที ตรวจพบได้บ่อยและมีปริมาณสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ พบกลุ่มเอชซีเอช ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ย 9.5 และ 9.0 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ พบกลุ่มดีดีที ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ย 2.7 และ 11.9 นาโนกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในกลุ่มเอชซีเอช พบ อนุพันธ์ แกมมา-เอชซีเอช ในปริมาณสูงกว่าอนุพันธ์อื่น ๆ ในกลุ่มดีดีทีพบ พารา-พารา-ดีดีที ในปริมาณสูงกว่าอนุพันธ์อื่น ๆ ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งตรวจพบปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนสูงสุดที่บริเวณปากคลองบางกล่ำ (S7)

4. ความสัมพันธ์ของปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำและดินตะกอน พบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ พีเอช ความเค็ม และความลึกของน้ำไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ในน้ำ และดินตะกอน การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน ปริมาณการตกค้างในน้ำและดินตะกอน ระหว่างช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีความแปรปรวนของข้อมูลในช่วงฤดูฝนมากกว่าในช่วงฤดูแล้ง

5. ปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนพบสูงสุดที่บริเวณปากคลองบางกล่ำ (S7) โดยมีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม รองลงมาคือเดือนมีนาคม และเมษายน มีค่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน ในบริเวณลุ่มน้ำคลองบางกล่ำนี้เกษตรกรจะนิยมทำสวนผักกันมาก โดยเฉพาะที่บ้านบางเหรียง การปลูกผักต้องอาศัยสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในปริมาณสูง ทำให้ตรวจพบปริมาณการตกค้างของสารดังกล่าวในบริเวณนี้ สูงกว่าบริเวณอื่น ซึ่งคาดว่าการปนเปื้อนส่วนใหญ่มาจากน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Runoff) ในเดือนพฤศจิกายน

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากมลภาวะที่เกิดจากการปนเปื้อนสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ในสิ่งแวดล้อมนั้นไม่สามารถทราบแหล่งกำเนิดของสารพิษที่แน่นอนได้ (Non-Point Source) การแก้ปัญหาการปนเปื้อนของสารพิษที่ปลายทาง (เมื่อตรวจพบการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม) จึงทำได้ยาก เพราะสารในกลุ่มนี้สามารถกระจายไปได้กว้างขวางทั้งในน้ำ ในดิน ในอากาศ และในสิ่งมีชีวิต ตลอดจนสามารถถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหารได้ด้วย ฉะนั้นการป้องกันไม่ให้สารพิษเหล่านั้นปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมจึงเป็นแนวทางที่ดีที่สุด รัฐจึงควรควบคุมและยกเลิกการใช้สารกลุ่มดังกล่าว ปัจจุบันสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์เหล่านี้มนุษย์เป็นผู้สังเคราะห์ขึ้นมา ฉะนั้นเกษตรกรควรเลือกใช้ให้เหมาะสม แต่เนื่องจากสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนมีฤทธิ์ตกค้างนานทำให้เกษตรกรนิยมใช้เพราะไม่ต้องทำการฉีดพ่นบ่อยและราคายังถูกกว่าสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตซึ่งมีคุณสมบัติสลายตัวในสิ่งแวดล้อมได้เร็วกว่า ฉะนั้นการที่จะจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมในเรื่องของสารพิษให้มีประสิทธิภาพจึงควรมีการประสานกันตั้งแต่ระดับนโยบายลงมาจนถึงเกษตรกรผู้ใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ โดยตรง

การจัดการปัญหาการปนเปื้อนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนนอก

จากการศึกษาปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่พบในน้ำและดินตะกอนครั้งนี้ โดยภาพรวมพบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำคลองบางกล่ำ (อำเภอควนเนียงและอำเภอบางกล่ำ) เป็นบริเวณที่มีการปนเปื้อนของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนมากที่สุด ซึ่งลักษณะสภาพการใช้ที่ดินในบริเวณนี้ พบว่าเกษตรนิยมทำสวนผักกันมาก จากสถิติครัวเรือนเกษตรกรและพื้นที่ปลูกพืชใน ปี 2537 พบว่าอำเภอควนเนียงและอำเภอบางกล่ำมีพื้นที่สำหรับปลูกผักและพืชไร่ จำนวน 4,117 และ 287 ไร่ ตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร, สำนักงานเกษตรจังหวัดสงขลา, 2538) การป้องกันแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์จึงควรมุ่งเน้นในพื้นที่ดังกล่าวก่อน ซึ่งหน่วยงานของรัฐควรทำหน้าเป็นองค์กรหลักในการดำเนินการ ดังนี้ คือ

1. ควบคุมธุรกิจการนำเข้า ผลิต ขาย การใช้และการเก็บรักษาสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ โดยเฉพาะสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน อย่างเข้มงวด

2. ให้ความรู้และประชาสัมพันธ์ แก่เกษตรกรเกี่ยวกับพิษภัยของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ โดยเฉพาะกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่มีคุณสมบัติคงทนต่อสภาพแวดล้อมได้นาน และเป็นสาเหตุของการดื้อยาของแมลงได้

3. ให้ความรู้เกี่ยวกับระบบนิเวศน์ในนาข้าว สวนผักและวัฏจักรของแมลง

4. ใช้โครงการนำร่องในการปลูกผักผลไม้ที่ปลอดสารพิษอย่างถูกวิธี สนับสนุนอุปกรณ์และการจัดการศัตรูพืชโดยวิธีผสมผสาน (IPM : Integrated Pest Management)

5. ควรมีองค์กรที่ตรวจคุณภาพพืชผักปลอดสารพิษ เพื่อรักษามาตรฐานของผลิตภัณฑ์และสร้างความเชื่อมั่นกับผู้บริโภคว่าได้ผักที่ ปลอดภัยจากสารพิษจริง

6. หาตลาดจำหน่ายให้กับเกษตรที่ปลูกผักปลอดสารพิษ

7. ส่งเสริมให้ประชาชนรับประทานผักพื้นบ้านที่มีอยู่ในท้องถิ่น ที่สามารถปลูกได้โดยไม่ต้องอาศัยสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ เช่น กระถิน ผักตำลึง ผักโขม เป็นต้น

แนวทางในการทำวิจัยต่อไป

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดด้านงบประมาณและเวลา ทำให้การศึกษามีรายละเอียดไม่ครบทุกด้าน โดยเฉพาะด้านสังคม เช่น ลักษณะและวิธีการใช้ ค่านิยมการใช้ พฤติกรรมการใช้และการทิ้งภาชนะบรรจุสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ตลอดจนปริมาณการตกค้างของสารดังกล่าวในพืชผัก ดิน และในคลองสาขาโดยเฉพาะในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองบางกล่ำที่พบว่ามีปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนมีค่าสูงกว่าคลองอื่น ๆ ในทะเลสาบสงขลาตอนนอก และควรมีการศึกษาสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มอื่น ๆ ด้วย เช่น กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต เป็นต้น เนื่องจากในปัจจุบันมีการใช้สารกลุ่มนี้ในปริมาณที่สูงกว่ากลุ่มอื่น

บรรณานุกรม

ควบคุมโรคติดต่อ, กรม. ศูนย์มาเลเรียเขต 4 สงขลา. 2538. รายงานประจำปีการใช้ดีดีที 2535 - 2538. สงขลา.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2530. คู่มือการเก็บตัวอย่างและรักษาตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์. กรุงเทพ ฯ.

ธวัชชัย งามสันติวงศ์. 2540. SPSS/PC+ SPSS FOR WINDOWS. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ.

นพดล ฟักอังกูร. 2534. "ชนิดและปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินน้ำ ดินตะกอน ตามสภาพการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำ จันทบุรี (Pesticide Residue Level of Organochlorine in Soil, Water and Sediment from Various Types of Land Use of Chanthaburi River Basin)", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สำเนา).

บุญสิน จิตตะประพันธ์. 2540. "ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้างในสัตว์น้ำบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก (Organochlorine Pesticide Residue in Aquatic Organism in the Outer of Songkhla Lake)", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ฉบับร่าง).

ปัญหาการใช้สารพิษกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร. ว. ส่งเสริมการเกษตร. 24 (2537).

ประภัสสรา พิมพันธุ์, จันทร์ทิพย์ ธำรงศรีสกุล และนวลศรี ทยาพัชร. 2535. "การสะสมและถ่ายทอดสารพิษผ่านห่วงโซ่อาหารในแหล่งน้ำ", การประชุมวิชาการกองวัตถุมีพิษการเกษตร. ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ.

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

พาลาภ สิงหเสนี. 2537. พิษของยาฆ่าแมลงต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มณฑิพย์ ศรีรัตนา ทาบูกานอน. 2537. รายงานการสำรวจปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในน้ำทะเลสาบสงขลา ปทุมธานี : ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

ไมตรี สุทธจิตต์. 2531. สารพิษรอบตัวเรา. เชียงใหม่ : ภาควิชาเคมี คณะแพทย์ศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วรชัย เยาวปาณี. 2532. โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติสำหรับ ไมโครคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

วิชาการเกษตร, กรม. กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2537. การขึ้นทะเบียนวัตถุมีพิษทางการเกษตรในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : สมาคมไทย-ผู้ประกอบธุรกิจสารเคมีเกษตร.

------------. 2538. สถิติการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืช. กรุงเทพฯ.

ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2537. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สงขลานครินทร์, มหาวิทยาลัย. สำนักวิจัยและพัฒนา. 2533. การติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลารายงานฉบับสุดท้าย. เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กันยายน 2537. สงขลา.

------------. 2537. สารสนเทศทรัพยากรธรรมชาติลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา. สงขลา.

สงขลานครินทร์, มหาวิทยาลัย. คณะทรัพยากรธรรมชาติ. 2537. พลวัตของระบบนิเวศในทะเลสาบสงขลาตอนนอก ประเทศไทยทางใต้. เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กันยายน 2537. สงขลา.

ส่งเสริมการเกษตร, กรม. สำนักงานเกษตรจังหวัดสงขลา. 2538. งานส่งเสริมการเกษตรจังหวัดสงขลา. สงขลา.

ส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, กรม. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม. 2535. การวิเคราะห์หาปริมาณออร์กาโนคลอรีนเพสติไซด์ในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม ปทุมธานี.

สมพร บุญวรรณโน. 2534. "ชนิดและปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่ตกค้างในทะเลสาบสงขลาตอนนอก (Study of Pesticide Residues in Thale Sap Songkla)", วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (สำเนา).

สุปราณี ผลชีวิน, 2536. การฟื้นฟูโลก. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

อุตุนิยมวิทยา, กรม. ศูนย์อุตุนิยมวิทยาฝั่งตะวันออก. 2540. สถิติน้ำฝน ปี พ.ศ. 2538-2539. สงขลา.

Alawi, M. ; Khalili, F. and Da-as, K. 1995. "Interaction Behavior of Organochlorine Pesticide with Dissolved Jordanian Humic Acid", Arch. Environ. Contam. Toxicol. 28(1995), 513-518.

Coulston, F. 1985. "Reconsideration of the Dilemma of DDT for the Establishment of an Acceptable Daily Intake", Regul. Toxicol Pharmacul. 5(1985), 332-383. quoted in Smith, Andrew G. 1991. "Chlorinated Hydrocarbon Insecticides", in Handbook of Pesticide Toxicology Volume 2 Classes of Pesticides. p 731-915. Hayes, Wayland J. and Laws, Edward R. eds. New York : Academic Press.

Davidow, B. and Frawley, J.P. 1951. "Tissue Distribution, Accumulation and Elimination of the Isomer of Benzene Hexachloride", Prox. Soc. Exp. Biol. Med. 76(1951), 780-783. quoted in Smith, Andrew G.1991. "Chlorinated Hydrocarbon Insecticides", in Handbook of Pesticide Toxicology Volume 2 Classes of Pesticides. p 731-915. Hayes, Wayland J. and Laws, Edward R. eds. New York : Academic Press.

Edward, C.A. 1973. Persistant Pesticides in the Environmental. 2nd. Boca Raton : CRC Press. quoted in Strachan, W.M.J ; Glooschenko, W.A. and Maguire, R.J. 1986. "Environmental Impact and Significance of Pesticides", in Analysis of Pesticide in Water Volume I Significant, Principles, Techniques, and Chemistry of Pesticides. p 1-23. Chau, Y. Alfred. ; Afghan, B.K. and Robinson, James W. eds. Florida : CRC Press.

------------. 1976. Pesticide Residue in Soil and Water in Environmental Pollution by Pesticide. New York : Plenum Press. อ้างใน นพดล ฟักอังกูร. "ชนิดและปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดิน น้ำ ดินตะกอน ตามสภาพการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำ จันทบุรี (Pesticide Residue Level of Organochlorine in Soil, Water and Sediment from Various Types of Land Use of Chanthaburi River Basin)", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สำเนา).

Eichler, D. ; Heupt, W. and Paul, W. 1983. "Comparative Study on Distribution of α-and γ-Hexachlorocyclohexane in the Rat with Particular Reference to the Problem of Isomerization", quoted in Smith, Andrew G.1991. "Chlorinated Hydrocarbon Insecticides", in Handbook of Pesticide Toxicology Volume 2 Classes of Pesticides. p 731-915. Hayes, Wayland J. and Laws, Edward R. eds. New York : Academic Press.

Hodge, H.C. 1967. "Toxicology and No-Effect Level of Aldrin and Dieldrin", Toxicol Appl. Pharmacol. 10(1967) : 613-675.

Iwata, H. ; Tanabe, S. ; Sakai, N. ; Nishimura, A. and Tatsukawa, R. 1993. "Geographical Distribution of Persistent Organochlorines in Air, Water and Sediment from Asia and Oceania and their Implications for Global Redistribution from Lower Latitudes", Environmental Pollution. 85(1994), 15-33.

Matsumura, Fumio. 1982. "Degradation of Pesticides in the Environment by Microorganisms and Sunlight", in Biodegradation of Pesticides. p 67-87. Matsumura, Fumio. and Murti, C. R. Krishna. eds. New York : Plenum Press.

Metta Penpolcharoen. 1994. "Contamination in Eggs of Two Species of Waterfowl from the Songkhla Lake Basin" M.Sc. (Environmental Science) Asian Institute of Technologg, Bankok.

Ofner, R.R. and Calvery, H.O. 1945. "Determination of DDT (2,2-bis-(p-chlorophenyl) -1,1,1-trichloroethane) and its Metabolite in Biological Material by Use of the Schecter-Haller Method", J. Pharmacol. Exp. Ther. 85(1945), 636-370 quoted in Smith, Andrew G. 1991. "Chlorinated Hydrocarbon Insecticides", in Handbook of Pesticide Toxicology Volume 2 Classes of Pesticides. p 731-915 Hayes, Wayland J. and Laws, Edward R. eds. New York : Academic Press.

Oshiba, K. and Kawakita, H. 1972. "Interaction Between Toxicant and Nutrition. Relationship Between Concentration of γ-HCH in Diet and Deposition of the Chemical in Animal Tissues", J. food Hyg. Sco. Jpn. 11(1970), 445-448 quoted in Smith, Andrew G. 1991 "Chlorinated Hydrocarbon Insecticides", in Handbook of Pesticide Toxicology Volume 2 Classes of Pesticides. p 731-915 Hayes, Wayland J. and Laws, Edward R. eds. New York : Academic Press.

Prats, D. ; Ruiz, F. and Zarzo, D. 1992. "Polychlorinated Biphenyls and Organochlorine Pesticide in Marine Sediment and Sea", Mar.Pollut.Bull. 24(1992), 441-446.

Proespichaya Kanatharana ; Sompom Bunvanno and Bongkoch Kaewnarong. 1994. "Organochlorine Pesticide Residues in Songkhla Lake", Environmental Monitoring and Assessment. 33(1994), 43-52.

Sakar, A. ; Singbal, S.Y.S and Fondeker, S.P.1994. "Pesticide in the Sediments from the Lakes of Schimacher Oasis, Antarctica", Polar-Rec. 30(1994), 33-38.

Saowanee Rattanaphani. and Aphiruk Chaisena. 1996. "Monitoring of Some Organochlorine Pestcide Residue in Ping River", The Third International Symposium of Eternet apr: Conservation the Hydrospheric Environment. Bangkok : Chulalongkorn University.

Smith, Andrew G. 1991. "Chlorinated Hydrocarbon Insecticides". in Handbook of Pesticide Toxicology Volume 2 Classes of Pesticides. p 731-915. Hayes, Wayland J. and Laws, Edward R. eds. New York : Academic Press.

Smith, M. I. and Stohlman, E.F. 1944. "The Pharmacologic Action of 2,2-bis-(p-chlorophenyl)-1,1,1-trichloroethane and Its Estimation in the Tissue and Body Fluide", Public. Health. Rep. 59(1944), 984-993. quoted in Smith, Andrew G. 1991. "Chlorinated Hydrocarbon Insecticides", in Handbook of Pesticide Toxicology Volume 2 Classes of Pesticides. p 731-915. Hayes, Wayland J. and Laws, Edward R. eds. New York : Academic Press.

Srimivasan, K. and Radhakrishnamurty, R. 1983. "Induction of Liver Mixed Function Oxygenase System by β-and γ- Hexachlorocyclohexane", India J. Biochem. Biophys. 20(1983), 84-91. quoted in Smith, Andrew G. 1991. "Chlorinated Hydrocarbon Insecticides", in Handbook of Pesticide Toxicology Volume 2 Classes of Pesticides. P 731-915. Hayes, Wayland J. and Laws, Edward R. eds. New York : Academic Press.

Stein, K. ; Porting, J. ; Fuhrmann, H. ; Koransky, W. and Noack, G. 1980. "Steric Factors in the Pharmacokinectics of Lindane and α-Hexachlorocyclohexane in Rats", Xenobiotica. 10(1980), 65-77. quoted in Smith, Andrew G. 1991. "Chlorinated Hydrocarbon Insecticides", in Handbook of Pesticide Toxicology Volume 2 Classes of Pesticides. p 731-915. Hayes, Wayland J. and Laws, Edward R. eds. New York : Academic Press.

Strachan, W.M.J. ; Glooschenko, W.A. and Maguire, R.J. 1986. "Environmental Impact and Significance of Pesticides", in Analysis of Pesticide in Water Volume I Significant, Principles, Techniques, and Chemistry of Pesticides. p 1-23. Chau, Alfred Y. ; Afghan, B.K. and Robinson, James W. eds. Florida : CRC Press.

Tabucanon, M. S. ; Watanabe, S. ; Siriwong, C. ; Boonyatumanond, R. ; Tanabe, S. ; Iwata, H. ; Tatsukava, R. and Ohgakaki, S. 1991. "Current Status of Contamination by Persistent Organochlorines in the Lower Chao Phraya River, Thailand", in Hazard Assessment and Control of Environmental Contaminants in Water. p 26-31. Matsui, Saburo. ed. Osaka : T.I.C Ltd.

Tanabe, S. ; Tanaka, H. and Tatsukawa, R. 1984. "Polychlorobiphenyls, ΣDDT, and Hexachlorocyclohexane Isomers in the Western North Pacific Ecosystem", Arch. Environ. Contam. Toxicol. 13(1984), 731-738.

Thao, Vu Duc ; Kawano, M. and Tatsukawa, R. 1992. "Persistent Organochlorine Residue in Soils from Tropical and Sub-Tropical Asian Countries", Environmental Pollution. 81(1993), 61-71.

Turner, W.V. ; Engel, J.L. and Casida, J.E. 1977. "Toxaphene Components and Related Compounds : Preparation and Toxicity of some Hepta-, Octa-and Nona-Chlorobronanes, Hexa- and Heptachlorobronanes, and Hexachlorobornadiene", J. Agri. Food Chem. 25(1977), 1394-1401. quoted in Smith, Andrew G. 1991. "Chlorinated Hydrocarbon Insecticides", in Handbook of Pesticide Toxicology Volume 2 Classes of Pesticides. p 731-915. Hayes, Wayland J. and Laws, Edward R. eds. New York : Academic Press.

Wakita, M. ; Hoshino, S. ; Yamada, K.; Miyata, K., and Tsubota, H. 1972. "BHC (1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane) Residue in Sheep", Jpn. J. Zootech Sci. 43(1972) : 620-624. quoted in Smith, Andrew G. 1991. "Chlorinated Hydrocarbon Insecticides", in Handbook of Pesticide Toxicology Volume 2 Classes of Pesticides. p 731-915. Hayes, Wayland J. and Laws, Edward R. eds. New York : Academic Press.

Wilcock, Robert J. 1993. " Application of Land-Use Date and Screening Tests for Evaluating Pesticide Runoff Toxicity in Surface Water", Environmental Management. 17(1993) : 365-371. New York : Springer-verlag.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การเตรียมอุปกรณ์

1. การเตรียมเครื่องแก้ว

เครื่องแก้วทุกชนิดที่ใช้ควรล้างให้สะอาดด้วยน้ำยาล้างเครื่องแก้ว ใช้แปรงชนิดอ่อนขัดตอนแรก แล้วจึงล้างด้วยน้ำประปา น้ำกลั่น แล้วนำไปอบจนแห้ง

ก่อนการใช้เครื่องแก้วทุกครั้งควรล้าง (Rinse) ด้วยเฮกเซน โดยใช้หลอดหยดดูดเฮกเซนฉีดทำความสะอาดผิวแก้วให้มากที่สุด

2. การเตรียมน้ำกลั่น

น้ำกลั่นที่ใช้ในการวิเคราะห์จำเป็นต้องเตรียมให้แน่ใจว่าไม่มีสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์เจือปน จึงควรสกัดด้วยสารละลายเฮกเซนที่ผ่านการกลั่นแล้ว ดังขั้นตอนต่อไปนี้คือ

2.1. เทน้ำกลั่นลงในกรวยแยกโดยให้ ปริมาณน้ำในกรวยแยกมีประมาณครึ่งหนึ่ง

2.2. เติมสารละลายเฮกเซนปริมาตร 20 % ของปริมาตรน้ำที่ต้องการสกัด

2.3. เขย่าอย่างแรงเป็น 2 นาที และตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น

เฮกเซนที่ใช้ในการสกัดสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนจากน้ำกลั่น สามารถใช้ซ้ำในการสกัดแยกได้อีก 4 ครั้ง ก่อนเปลี่ยนเฮกเซนใหม่ต่อไป

3. การเตรียมสารละลายอินทรีย์

การกลั่นสารละลายอินทรีย์เพื่อใช้สำหรับการสกัดตัวอย่างหาสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนมีความสำคัญมาก เพราะเป็นการลดสารปนเปื้อนในสารละลายอินทรีย์ อันจะทำให้ผลการวิเคราะห์น่าเชื่อถือมากขึ้น ดังนั้นการกลั่นสารละลายอินทรีย์ควรทำในห้องที่สะอาด และควบคุมให้อยู่ในสภาวะที่คงที่ นอกจากนี้ผู้วิเคราะห์ควรทราบคุณสมบัติของสารละลายอินทรีย์ที่จะทำการกลั่นเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น

ขั้นตอนการกลั่น

3.1 บรรจุสารละลายลงใน ขวดก้นกลม (Round Bottom Flask) ไม่ควรเกิดครึ่งหนึ่งของปริมาตรของภาชนะบรรจุ เนื่องจากการขยายตัวของสารละลายในขณะได้รับความร้อน หากใส่มากเกินไปอาจจะระเบิดได้

ควรทำเครื่องหมายไว้ที่ขวดก้นกลมเพื่อบอกระดับของสารละลายที่เริ่มต้นกลั่น เพื่อความสะดวกในการเติมเฮกเซน

3.2 ใส่ลูกแก้วกันเดือด (Glass Bead) ลงไปเล็กน้อย ไม่ควรใส่ขณะที่สารละลายร้อน เพราะจะทำให้ติดไฟได้

3.3 ตั้งอุปกรณ์การกลั่นให้มั่นคง

3.4 ปรับอุณหภูมิของเตาไฟฟ้า (Heating Mantle) ให้เหมาะสมกับจุดเดือดของสารละลายนั้น ๆ

3.5 ผ่านน้ำหล่อคอนเดนเซอร์ (Condenser) อยู่เสมอ

3.6 ทิ้งสารละลายแรกที่ผ่านการกลั่น ซึ่งอาจปนเปื้อนด้วยสารอื่น ๆ

3.7 เก็บสารละลายที่ผ่านการกลั่นด้วยขวดสะอาดพร้อมปิดจุกให้แน่น

3.8 เมื่อหยุดกลั่น ควรบรรจุสารละลายให้มีปริมาตรเท่ากับตอนเริ่มต้น อย่ากลั่นจนสารละลายหมดเนื่องจากเมื่อกลั่นสารละลายอินทรีย์เป็นเวลานานอาจมีสารอีเธอร์ปะปนอยู่ทำให้เกิดระเบิดได้

หมายเหตุ การกลั่นสารประเภท มีขั้ว (Polar) และไม่มีขั้ว (Non-polar Solvent) ควรใช้ชุดกลั่นที่แยกจากกันเนื่องจากหากใช้ร่วมกันเฮกเซนอาจถูกปนเปื้อนด้วย สารละลายมีขั้ว และจะทำให้ Elution Pattern เปลี่ยนแปลงไป หากจำเป็นเนื่องจากมีชุดกลั่นชุดเดียวควรกลั่นเฮกเซนก่อน

4. การศึกษา Elution Pattern ของการทำให้สะอาด (Clean up)

สารที่นิยมใช้ในการ Clean up ได้แก่ ซิลิกาเจล ฟลอริซิล ถ่านชาโคลและอลูมิน่า โดยการทำ Column Chromatography ซึ่งจะประกอบด้วย Mobile phase คือ สารละลายหรือของเหลวที่ผ่าน และ Stationary phase คือของแข็งซึ่งมีกลไกของการแยก คือ การดูดซับ โดยค่า Retention Volume จะขึ้นกับพารามิเตอร์หลายอย่าง เช่น ขนาดของฟลอริซิล ประสิทธิภาพของฟลอริซิล คุณภาพของสารละลายที่ใช้ และ Partition Coefficient ของ Elute ระหว่างฟลอริซิลและสารละลาย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาปริมาณของสารที่ใช้สำหรับการ Elute สารตัวอย่างออกจากคอลัมน์ โดยการศึกษาหา Elution Pattern ของสารก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ตัวอย่างโดยวิธี Florisil Column Chromatography ต่อไป

วิธีการศึกษา Elution Pattern ขั้นต้น

4.1 นำคอลัมน์แก้วขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ตั้งคอลัมน์บนขาตั้งให้ตรง

4.2 ใส่ Glass Wool จำนวนเล็กน้อยโดยใช้แท่งแก้ว สอดเข้าไปให้ติดปลายคอลัมน์บริเวณข้อต่อ

4.3 ทำความสะอาดโดย ล้างผนังคอลัมน์แก้วด้านในด้วยเฮกเซน 3 ครั้ง

4.4 นำฟลอริซิล ที่ผ่านการ activate ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่งโมงสำหรับตัวอย่างดินตะกอน และ activate ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ชั่งโมงสำหรับตัวอย่างน้ำ บรรจุลงในคอลัมน์ที่เตรียมไว้

4.5 เติมโซเดียมซัลเฟต ชนิดที่ปราศจากน้ำ สูงประมาณ 1 เซนติเมตร ลงบนชั้นผิวของฟลอริซิล

4.6 ผ่านเฮกเซนลงสู่คอลัมน์ ระวังไม่ให้คอลัมน์แห้ง โดยคุมระดับเฮกเซนให้สูงกว่าชั้นผิวฟลอริซิลเสมอ

4.7 ปิเปตสารละลายมาตรฐานออร์กาโนคลอรีนปริมาณ 4-5 มิลลิลิตร ลงสู่คอลัมน์ ไม่ควรให้ปลายของปิเปตสัมผัสกับผิวคอลัมน์แก้ว

4.8 เติมสารละลายของไดเอธิลอีเธอร์ : เฮกเซน (15 : 85) หรือ ไดคลอโรมีเทน ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

4.9 เริ่ม Elute โดยปรับอัตราการไหลให้เป็น 1 หยดต่อ 1 วินาที

4.10 เก็บสารละลายที่ผ่านคอลัมน์ทุก ๆ 5 มล.

4.11 วิเคราะห์สารละลายแต่ละส่วนที่เก็บได้ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟและนำมาเขียนเป็นกราฟ

4.12 ถ้าหากปริมาตรสารละลายที่ใช้ในการศึกษา Elution pattern มากกว่า 100 มล. ในกรณีนี้ควรทำการลดน้ำหนักของฟลอริซิล ที่ใช้ในคอลัมน์แก้วดังกล่าว

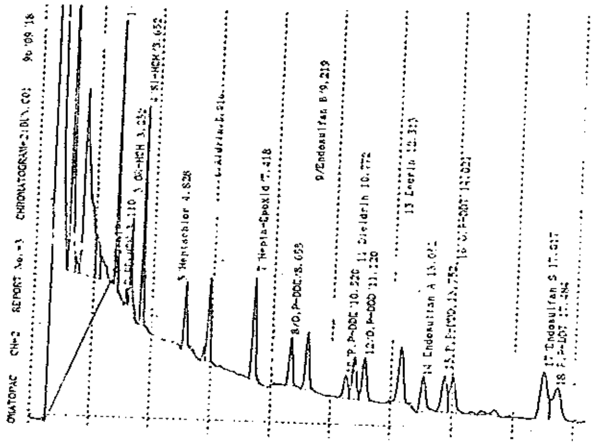
ผลการทำ Elution Pattern Florisil โดยวิธี Florisil Column Chromatography

1. Florisil Column Chromatography สำหรับทำความสะอาดตัวอย่างน้ำ ใช้ Florisil ที่ได้ activate ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 14 ชั่วโมง สารละลายไดเอธิลอีเธอร์ในเฮกเซนที่ใช้ในการ Elute ปริมาณ 30 มิลลิลิตร สามารถ Elute สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนได้โดยเฉลี่ย 84 เปอร์เซนต์

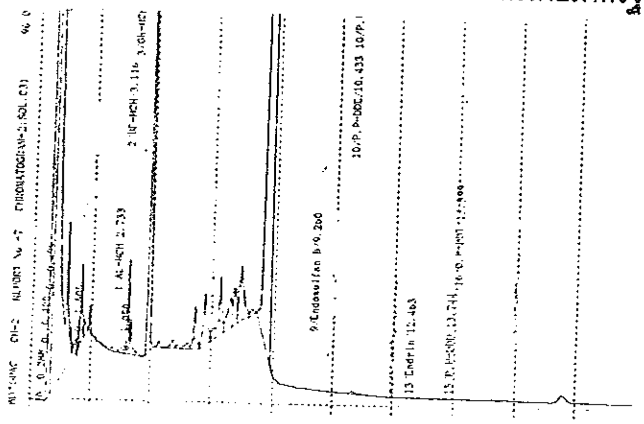
2. Florisil Column Chromatography สำหรับทำความสะอาดตัวอย่างดินตะกอน ใช้ Florisil ที่ได้ activate ที่ 130 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ปริมาณสารละลายไดคลอโรมีเทน 40 มิลลิลิตร จะสามารถ Elute สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนได้โดยเฉลี่ย 82 เปอร์เซนต์

ภาคผนวก ข

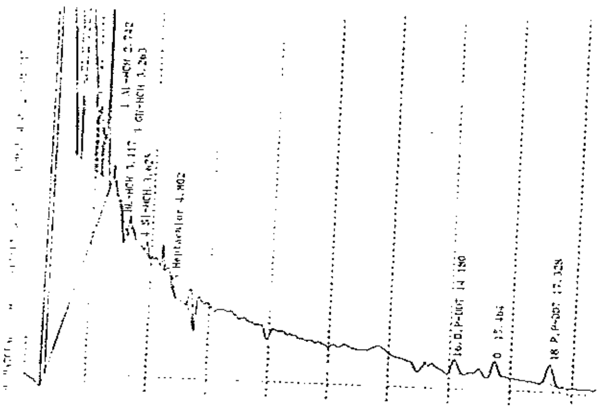
ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและดินตะกอน



ภาพประกอบ 26 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐานกลุ่มออร์กาโนคลอรีน



ภาพประกอบ 27 ตัวอย่างโครมาโตแกรมของดินตะกอนตัวอย่าง



ภาพประกอบ 28 ตัวอย่างโครมาโตแกรมของน้ำตัวอย่าง

ตารางภาคผนวก 1 ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน 2538

OCPs (ng/l)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	รวม	เฉลี่ย
α-HCH	2.59	23.44	3.41	5.29	4.42	nd	nd	nd	6.94	nd	2.60	nd	2.34	51.03	3.93
β-HCH	8.41	8.59	2.05	nd	2.65	2.49	nd	nd	nd	2.85	nd	2.72	nd	29.76	2.29
γ-HCH	5.82	12.50	4.77	3.31	4.42	2.49	2.77	2.88	3.86	4.27	5.19	2.72	5.47	60.47	4.65
δ-HCH	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2.34	2.34	0.18
Heptachlor	3.23	nd	2.05	nd	4.42	3.12	2.46	nd	6.94	3.56	nd	2.72	nd	28.50	2.19
Heptachlor epoxide	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Dieldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Endrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	8.92	0.69
o,p′-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p′-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p′-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p′-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p′-DDT	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p′-DDT	5.17	14.84	7.50	9.92	16.79	6.63	5.54	10.52	2.32	6.41	6.49	10.87	14.84	117.84	9.06
Endosulfan α	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Endosulfan β	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Endosulfan sulfate	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total OCPs	25.22	59.37	19.78	18.52	32.70	14.73	10.77	13.40	20.06	17.09	14.28	19.03	24.99	289.94	22.30

nd = non detectable, < 2 ng/l

ตารางภาคผนวก 2 ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำตัวอย่าง เดือนธันวาคม 2538

OCPs (ng/l)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	รวม	เฉลี่ย
α-HCH	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
β-HCH	nd	nd	nd	nd	nd	nd	5.44	nd	nd	nd	nd	6.67	nd	12.11	0.93
γ-HCH	nd	nd	nd	2.07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2.07	0.16
δ-HCH	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Heptachlor	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Heptachlor epoxide	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Dieldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	8.92	nd	nd	nd	8.92	0.69
Endrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p'-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p'-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p'-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p'-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p'-DDT	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p'-DDT	9.38	nd	nd	nd	5.56	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	8.23	23.17	1.78
Endosulfan β	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Endosulfan α	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Endosulfan sulfate	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total OCPs	9.38	nd	nd	2.07	5.56	nd	5.44	nd	nd	8.92	nd	6.67	8.23	46.27	3.56

nd = non detectable, < 2 ng/l

ตารางภาคผนวก 3 ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในตัวอย่างน้ำเดือนมีนาคม 2539

OCPs (ng/l)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	รวม	เฉลี่ย
α-HCH	2.13	3.90	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3.41	nd	nd	nd	nd	9.44	0.73
β-HCH	2.13	3.20	2.40	nd	nd	8.10	6.90	4.70	2.84	nd	3.69	2.62	nd	36.84	2.83
γ-HCH	2.13	3.20	3.00	nd	nd	6.90	5.80	8.10	3.41	6.95	2.11	5.23	3.11	50.08	3.85
δ-HCH	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Heptachlor	nd	nd	nd	3.50	nd	nd	2.90	nd	2.27	nd	nd	nd	nd	8.73	0.67
Heptachlor epoxide	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Dieldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Endrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p′-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p′-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p′-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p′-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p′-DDT	nd	11.00	nd	nd	9.20	3.70	nd	nd	nd	nd	3.69	nd	nd	27.59	2.12
p,p′-DDT	5.68	nd	nd	nd	nd	nd	4.60	10.10	6.25	13.91	4.22	9.16	6.21	60.24	4.63
Endosulfan β	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Endosulfan α	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Endosulfan sulfate	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total OCPs	12.07	21.30	5.49	3.56	9.25	18.83	20.30	22.90	18.18	20.86	13.71	17.01	9.32	205.92	14.83

nd = non detectable, < 2 ng/l

ตารางภาคผนวก 4 ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำตัวอย่างเดือนเมษายน 2539

OCPs (ng/l)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	รวม	เฉลี่ย
α-HCH	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
β-HCH	nd	nd	nd	nd	2.19	nd	nd	nd	nd	nd	nd	10.10	nd	12.29	0.95
γ-HCH	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2.84	nd	nd	nd	nd	2.84	0.22
δ-HCH	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Heptachlor	nd	nd	14.51	3.37	2.19	2.04	nd	2.40	nd	nd	2.76	nd	3.91	31.18	2.40
Heptachlor epoxide	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Dieldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Endrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p'-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p'-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p'-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p'-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p'-DDT	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p'-DDT	5.4	8.82	7.25	7.42	8.02	9.18	6.70	8.80	6.25	nd	2.76	nd	7.25	77.85	5.99
Endosulfan β	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Endosulfan α	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Endosulfan sulfate	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total OCPs	5.40	8.82	21.76	10.79	12.40	11.22	6.70	11.20	9.09	nd	5.52	10.10	11.16	124.16.	9.55

nd = non detectable, < 2 ng/l

ตารางภาคผนวก 5 ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในตัวอย่างดินตะกอน เดือนพฤศจิกายน 2538

OCPs (μg/kg dry wt.)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	รวม	เฉลี่ย
α-HCH	0.07	nd	nd	nd	1.09	nd	nd	nd	nd	0.37	nd	2.26	nd	3.79	0.29
β-HCH	nd	nd	nd	2.52	nd	nd	0.24	0.09	0.08	nd	nd	nd	nd	2.93	0.23
γ-HCH	0.18	0.40	1.26	0.17	nd	1.22	0.37	nd	0.18	nd	nd	nd	nd	3.78	0.29
δ-HCH	0.28	4.81	nd	nd	0.85	0.61	nd	0.03	nd	0.18	0.69	nd	nd	7.45	0.57
Heptachlor	nd	1.43	3.83	nd	5.38	0.97	nd	nd	0.10	2.24	nd	10.58	4.22	28.75	2.21
Heptachlor Epoxide	0.11	0.17	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.28	0.02
Aldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.06	0.08	nd	nd	nd	nd	0.14	0.01
Dieldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Endrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p'-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p'-DDE	nd	1.83	0.29	2.93	0.85	1.82	0.55	nd	nd	nd	0.50	3.29	0.35	12.41	0.95
o,p'-DDD	nd	0.11	nd	1.40	4.39	0.18	nd	0.03	nd	nd	nd	nd	nd	6.11	0.47
p,p'-DDD	nd	1.49	nd	0.70	0.14	nd	nd	nd	nd	1.14	0.86	1.29	nd	5.62	0.43
o,p'-DDT	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.68	0.25	nd	nd	nd	nd	nd	0.93	0.07
p,p'-DDT	0.71	2.18	0.73	0.95	0.47	1.40	2.58	0.06	0.28	0.56	0.28	1.29	0.89	12.37	0.952
Endosulfan β	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.06	nd
Endosulfan α	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.13	nd	nd	nd	nd	nd	0.13	0.01
Endosulfan sulfate	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total OCPs	1.35	12.42	6.11	8.67	12.76	6.20	4.48	0.65	0.72	4.48	2.33	18.71	5.46	84.75	6.52

nd = non detectable, < 0.01 μg/kg dry wt.

ตารางภาคผนวก 6 ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในตัวอย่างดินตะกอนเดือนธันวาคม 2538

OCPs (μg/kg dry wt.)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	รวม	เฉลี่ย
α-HCH	0.11	nd	0.27	nd	0.66	0.53	2.46	nd	nd	0.11	0.03	0.59	0.05	4.81	0.37
β-HCH	nd	nd	nd	nd	nd	nd	46.73	nd	nd	nd	15.06	nd	nd	61.79	4.75
γ-HCH	4.48	nd	nd	nd	nd	nd	139.68	nd	nd	nd	nd	14.84	1.95	160.95	12.38
δ-HCH	0.11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.12	nd	0.23	0.02
Heptachlor	1.16	0.8	2.97	4.49	nd	12.95	92.56	0.03	nd	nd	nd	10.15	0.14	125.25	9.63
Heptachlor Epoxide	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Dieldrin	nd	0.13	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.13	0.01
Endrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
o,p′-DDE	0.11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.11	nd
p,p′-DDE	0.17	1.27	0.42	1.4	1.88	nd	nd	nd	0.21	nd	0.29	5.64	0.74	12.02	0.92
o,p′-DDD	nd	0.04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.24	0.14	0.42	0.03
p,p′-DDD	nd	0.64	0.19	0.63	0.31	nd	nd	nd	nd	nd	1.32	1.31	nd	4.40	0.34
o,p′-DDT	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p′-DDT	0.99	1.31	0.57	0.84	0.76	nd	1.29	0.25	0.05	0.44	nd	6.53	0.19	13.22	1.02
Endosulfan β	0.16	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.16	0.01
Endosulfan α	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.12	nd	0.12	nd
Endosulfan sulfate	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.05	0.05	nd
Total OCPs	7.29	4.19	4.42	7.36	3.1	13.48	282.72	0.28	0.26	0.55	16.7	39.54	3.26	383.66	29.51

nd = non detectable, < 0.01 μg/kg dry wt.

ตารางภาคผนวก 7 ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในตัวอย่างดินตะกอนเดือนมีนาคม 2539

OCPs (µg/kg dry wt.)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	รวม	เฉลี่ย
α-HCH	0.07	7.95	0.54	nd	nd	nd	0.82	nd	0.11	0.3	nd	nd	nd	9.79	0.75
β-HCH	0.13	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.13	0.01
γ-HCH	3.66	14.72	16.24	41.22	8.51	16.84	26.74	6.09	9.34	13.44	1.44	17.15	15.16	190.55	14.66
δ-HCH	nd	nd	nd	nd	nd	0.04	nd	nd	0.05	0.05	nd	0.44	0.19	0.77	0.06
Heptachlor	nd	nd	nd	29.39	6.09	nd	nd	0.08	0.97	nd	nd	nd	nd	36.53	2.81
Heptachlor epoxide	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.08	nd	nd	0.04	nd	nd	0.12	nd
Aldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3.92	nd	4.7	32.27	nd	nd	40.89	3.15
Dieldrin	nd	1.17	1.61	nd	nd	0.26	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3.04	0.23
Endrin	0.07	0.09	nd	nd	nd	1.08	nd	1.15	nd	nd	0.08	nd	nd	2.47	0.19
o,p′-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
p,p′-DDE	0.13	nd	1.35	2.36	nd	nd	1.42	1.46	nd	5.25	0.43	nd	nd	12.40	0.95
o,p′-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.04	nd	nd	0.04	nd
p,p′-DDD	0.13	nd	nd	5.04	nd	nd	4.78	nd	nd	1.85	nd	0.87	nd	12.67	0.97
o,p′-DDT	0.13	0.99	1.76	nd	1.58	nd	nd	0.04	nd	nd	nd	nd	nd	4.50	0.35
p,p′-DDT	nd	18.51	4.01	0.45	15.54	0.09	48.1	4.98	7.72	17.14	nd	18.35	35.99	170.88	13.14
Endosulfan β	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.04	nd	nd	0.04	nd
Endosulfan α	nd	0.18	2.44	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2.62	0.20
Endosulfan sulfate	nd	nd	nd	0.12	nd	nd	nd	nd	0.05	nd	nd	nd	nd	0.17	0.01
Total OCPs	4.32	43.61	27.95	78.58	31.72	18.31	81.86	17.8	18.24	42.73	34.34	36.81	51.34	487.61	37.51

nd = non detectable, < 0.01 µg/kg dry wt.

ตารางภาคผนวก 8 ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในตัวอย่างดินตะกอนเดือนเมษายน 2539

OCPs (μg/kg dry wt.)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	รวม	เฉลี่ย
α-HCH	nd	nd	nd	0.06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.39	0.04	0.49	0.04
β-HCH	0.33	nd	0.29	nd	nd	nd	nd	0.42	nd	nd	nd	nd	nd	1.04	0.08
γ-HCH	0.28	6.56	0.37	2.85	2.95	6.96	1.24	0.54	2.5	1.2	0.14	2.23	0.66	28.48	2.19
δ-HCH	0.05	0.24	nd	nd	nd	nd	nd	0.05	nd	nd	nd	nd	nd	0.34	0.03
Heptachlor	0.09	nd	0.11	nd	nd	nd	nd	nd	0.34	0.89	nd	0.06	0.74	2.23	0.17
Heptachlor epoxide	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.03	0.15	nd	nd	nd	nd	nd	0.18	0.01
Aldrin	0.37	1.5	1.51	nd	0.63	nd	0.41	10.05	nd	28.39	0.99	nd	0.51	44.36	3.41
Dieldrin	0.05	0.78	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.83	0.06
Endrin	nd	nd	0.03	0.17	2.41	nd	0.09	0.02	0.02	nd	nd	0.99	nd	3.73	0.29
o,p′-DDE	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.09	nd	nd	nd	nd	nd	0.04	0.13	0.01
p,p′-DDE	0.05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.43	0.8	nd	nd	1.28	0.10
o,p′-DDD	nd	0.42	nd	nd	0.45	nd	nd	0.02	0.2	0.15	0.09	0.06	0.23	1.62	0.12
p,p′-DDD	nd	nd	0.27	nd	nd	nd	0.21	0.07	nd	0.23	0.09	0.17	0.08	1.12	0.09
o,p′-DDT	nd	3.61	0.3	1.06	1.07	nd	0.65	0.05	0.87	0.92	0.66	1.95	0.86	12.00	0.92
p,p′-DDT	16.15	0.78	5.83	13.27	3.41	8.06	17.63	nd	nd	5.79	0.52	14.74	5.37	91.55	7.04
Endosulfan β	0.05	nd	nd	nd	0.36	nd	0.03	0.02	nd	nd	nd	0.06	nd	0.52	0.04
Endosulfan α	nd	nd	0.05	0.86	0.89	nd	0.21	0.02	nd	0.08	nd	0.28	0.04	2.43	0.19
Endosulfan sulfate	0.14	0.24	0.02	nd	0.27	nd	nd	0.02	0.11	0.03	nd	nd	0.04	0.87	0.07
Total OCPs	17.56	14.13	8.78	18.27	12.44	15.02	20.59	11.43	4.04	38.11	3.29	20.93	8.61	202.20	14.86

nd = non detectable, < 0.01 μg/kg dry wt.

ภาคผนวก ค

ปริมาณน้ำฝนบริเวณทะเลสาบสงขลา ปี 2538-2529

ตารางภาคผนวก 9 แสดงปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) ในอำเภอต่าง ๆ บริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลตอนนอก ประจำปี 2538

เดือน	สถานีวัดน้ำฝน											
	ศตอ.	ท่าฯ หาด ใหญ่	เกษตร คอหงส์	ระโนด	เกษตร หาดใหญ่	สะเดา	รัตภูมิ	สทิงพระ	นาหม่อม	กิ่งกระแส สินธ์	นิคมรัตภูมิ	ควนเนียง
ม.ค.	72.8	43.5	65.8	25.7	17.2	12.9	2.5	57.2	29.8	44.3	39.7	26.5
ก.พ.	10.1	35.4	25.1	2.8	19.3	10.8	3.2	24.5	21.8	20.1	22.7	0.0
มี.ค.	114.5	21.4	14.3	68.1	-	35.0	3.7	100.9	113.9	31.5	35.3	6.4
เม.ย.	7.1	15.4	7.6	96.3	0	125.1	0	21.3	31.0	3.3	11.6	2.5
พ.ค.	127.8	30.5	109.8	63.9	95.7	39.5	149.0	91.7	66	63.2	-	97.6
มิ.ย.	73.7	232.7	137.7	22.9	91.7	113.9	77.3	71.2	100.8	21.6	36.6	162.6
ก.ค.	175.8	234.1	229.1	164.2	205.4	15.1	127.8	143.7	276.9	104.2	145.3	265.9
ส.ค.	122.2	146.6	134.9	83.6	163.3	217.5	63.6	36.7	206.8	119.8	191.5	161.9
ก.ย.	174.0	190.9	210.8	52.2	180.7	342.9	72.4	86.3	174.6	62.4	193.0	126.8
ต.ค.	186.2	98.1	247.9	364.8	190.0	208.2	261.9	122.4	213.1	211.8	130.7	195.9
พ.ย.	826.5	386.4	396.6	822.2	353.6	228.6	462.2	951.9	383.5	1120.6	-	494.6
ธ.ค.	420.6	299.4	443.8	46.3	291.2	144.8	285.2	452.3	540.1	276.3	-	294.8
รวม	2311.4	1664.5	2023.4	1813.0	1536.1	1554.3	1375.2	2160.1	2168.5	2079.1	-	1835.5

ตารางภาคผนวก 10 แสดงปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) ในอำเภอต่าง ๆ บริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนนอก ประจำปี 2539

เดือน	สถานีวัดน้ำฝน														
	ศตอ.	ท่าฯ หาดใหญ่	เกษตร คอหงส์	ระโนด	เกษตร หาดใหญ่	สะเดา	รัตภูมิ	สทิงพระ	นาหม่อม	กิ่งกระแสสินธ์	นิคมรัตภูมิ	คลองหอยโข่ง	สิงหนคร	กิ่งบางกล่ำ	ควนเนียง
ม.ค.	94.3	65.2	42.8	32.0	58.5	10.2	8.5	71.7	55.0	85.4	-	32.2	35.5		65.8
ก.พ.	65.3	15.3	33.9	27.4	9.3	8.3	12.4	24.7	7.0	15.2	-	3.2	40.7		40.7
มี.ค.	1.2	13.9	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	-	0.0	0.0		0.0
เม.ย.	234.9	263.4	102.8	52.1	107.8	108.9	45.5	164.1	66.2	144.4	-	172.6	34.6		157.3
พ.ค.	135.5	144.2	229.5	158.5	166.5	101.5	30.8	89.0	88.5	71.1	-	32.8	96.5		127.7
มิ.ย.	21.1	142.2	140.9	95.4	131.8	155.8	75.4	86.8	124.8	159.0	168.5	64.8	54.0		80.1
ก.ค.	89.8	208.4	100.2	41.9	87.9	100.4	90.3	71.6	81.3	55.4	-	66.0	17.0		75.1
ส.ค.	111.0	123.6	228.9	125.8	212.6	88.5	39.4	72.4	170.1	124.3	116.6	23.5	103.7	142.0	196.3
ก.ย.	13.7	104.8	67.9	135.6	129.2	138.5	19.1	156.1	94.6	11.3	73.2	58.9	23.5	31.6	107.5
ต.ค.	260.0	209.6	211.6	231.8	188.1	189.2	95.9	341.5	113.4	166.1	195.6	55.7	126.7	147.0	116.1
พ.ย.	440.4	225.5	234.5	728.1	219.3	259.6	227.8	753.8	370.9	700.5	-	142.5	470.5	268.6	270.4
ธ.ค.	895.8	350.2	428.3	777.6	343.7	227.1	307.1	954.1	546.2	1091.0	-	399.2	818.4	433.1	662.1
รวม	2363.0	1866.3	1822.0	2406.2	1654.7	952.2	2251.4	2785.8	1718.0	2497.2	-	1051.4	1826.1	1022.3	1836.1

ภาคผนวก ง

วัตถุอันตรายที่ห้ามนำเข้าหรือสั่งเข้ามาในประเทศไทย

โดยอาศัยอำนาจตามความในมาตรา 12 ทวิ แห่งพระราชบัญญัติวัตถุมีพิษ พ.ศ. 2510 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติวัตถุมีพิษ (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2516 และกฎกระทรวง ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2517) ออกตามความในพระราชบัญญัติวัตถุมีพิษ พ.ศ. 2510 และพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 กรมวิชาการเกษตรได้ดำเนินการขึ้นทะเบียนวัตถุมีพิษทางการเกษตรเมื่อปี พ.ศ. 2518 มาจนกระทั่งถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2537 มีวัตถุอันตรายทางการเกษตรได้รับการขึ้นทะเบียนไปแล้วประมาณ 270 ชนิด และนอกเหนือจากนั้นยังมีวัตถุอันตรายอีก 26 ชนิดที่อนุกรรมการพิจารณา รับขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตร และกรมวิชาการเกษตรไม่รับขึ้นทะเบียนและไม่อนุญาตให้นำเข้ามาจำหน่ายในประเทศ ด้วยเหตุผลหลัก 2 ประการ คือ

1. เป็นวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่เมื่อนำเข้ามาใช้แล้วทั้งผู้ใช้ ผู้บริโภค และผู้เกี่ยวข้องอื่น ๆ จะมีความเสี่ยงภัยในเรื่องพิษภัยมาก

2. เป็นวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่สามารถหาวัตถุอันตรายอื่นใช้ทดแทนได้ดังนี้

ตารางภาคผนวก 11 แสดงรายชื่อวัตถุมีพิษกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ห้ามใช้เพื่อการเกษตร

ลำดับ	ชื่อวัตถุมีพิษ	เดือนปี ที่ห้าม	เหตุผล
1.	chlordimeform	เมษายน 2520	- เป็นสารที่อาจก่อมะเร็ง
2.	leptophos	เมษายน 2520	- บริษัทขอถอนผลิตภัณฑ์จากตลาดเนื่องจากผลการทดลองมีแนวโน้มว่าจะเป็นสารก่อมะเร็ง จึงห้ามนำเข้า
3.	BHC	มีนาคม 2523	- มีฤทธิ์ตกค้างนานมาก - เป็นสารที่อาจก่อมะเร็ง
4.	endrin	กรกฎาคม 2524	- มีฤทธิ์ตกค้างนาน เสี่ยงภัยในการใช้และการบริโภค - มีฤทธิ์ตกค้างอยู่ในเมล็ดพืชที่ส่งไปจำหน่ายต่างประเทศ ทำให้ถูกห้ามนำเข้าผลิตผลเกษตร
5.	DDT	มีนาคม 2526	- เป็นสารที่มีแนวโน้มทำให้สัตว์ทดลองเกิดเป็นมะเร็งได้ - มีฤทธิ์ตกค้างนาน

ลำดับ	ชื่อวัตถุมีพิษ	เดือนปี ที่ห้าม	เหตุผล
6.	toxaphene	มีนาคม 2536	- เป็นสารที่มีแนวโน้มทำให้สัตว์ทดลองเกิดเป็นมะเร็งได้ - มีฤทธิ์ตกค้างนาน
7.	2, 4, 5-T	กันยายน 2526	- เป็นสารที่ใช้แล้วมีพิษตกค้างนาน - เป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งและอาจทำให้ครรภ์ผิดปกติได้
8.	sodium chlorate	ตุลาคม 2529	- เป็น Strong Oxidant ติดไฟได้ง่าย เสี่ยงภัยในการเก็บรักษา - กระทรวงกลาโหมควบคุมเป็นยุทธปัจจัยอยู่แล้ว
9.	dieldrin	พฤษภาคม 2531	- เป็นสารที่มีฤทธิ์ตกค้างนาน สะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมและร่างกายมนุษย์และสัตว์ได้ - ไม่มีการพิสูจน์พิษเรื้อรังอย่างเด่นชัด - เสี่ยงภัยในการใช้มากกว่าสารตัวอื่น ๆ ในกลุ่มเดียวกันเนื่องจากมีค่าความเป็นพิษต่ำกว่าสารชนิดอื่น
10.	aldrin	กันยายน 2531	- เป็นสารที่มีฤทธิ์ตกค้างนาน สะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมและในร่างกายมนุษย์และสัตว์ได้
11.	heptachlor	กันยายน 2531	- เป็นสารที่มีฤทธิ์ตกค้างนาน สะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมและในร่างกายมนุษย์และสัตว์ได้
12.	ethylene chloride	กันยายน 2537	- เป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งได้

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร, 2537

ภาคผนวก จ.

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ตารางภาคผนวก 12 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (เฉพาะสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน)

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าสูงสุดที่ยอมให้มีในแหล่งน้ำ ประเภทที่ 2 ประเภทที่ 3 และประเภทที่ 4
สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)	มิลลิกรัม./ลิตร	0.05
- ดีดีที (DDT)	ไมโครกรัม/ลิตร	1.0
- บีเอชซีชนิดแอลฟา (α-BHC)	ไมโครกรัม/ลิตร	0.02
- ดีลดริน (Dieldrin)	ไมโครกรัม/ลิตร	0.1
- อัลดริน (Aldrin)	ไมโครกรัม/ลิตร	0.1
- เฮปตาคลอ (Heptachlor)	ไมโครกรัม/ลิตร	0.2
- เอนดริน (Endrin)	ไมโครกรัม/ลิตร	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด

ที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษาประกาศทั่วไป เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537 (ภาคผนวก ฌ) อ้างโดย กรมควบคุมมลพิษ (2538)

การแบ่งประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่มีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท และสามารถเป็นประโยชน์ เพื่อ

- การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน
- การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติ
- การอนุรักษ์ระบบนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์ เพื่อ

- การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
- การอนุรักษ์สัตว์น้ำ
- การประมง
- การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์ เพื่อ

- การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
- การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์ เพื่อ

- การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน
- การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- การคมนาคม

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายบุญเสริม เช่งล่าย

วัน เดือน ปี และสถานที่เกิด 1 มิถุนายน 2514 จ. สงขลา

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (ชีววิทยา)	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ภาคใต้	2536

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับระหว่างการศึกษา)

- ทุนผู้ช่วยสอน คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2537
- ทุนสนับสนุนการนำเสนอผลงานทางวิชาการในรูปแบบโปสเตอร์ ในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23 (วทท. 23) เชียงใหม่ ประจำปีการศึกษา 2540

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายบุญเสริม เซ่งล่าย

วัน เดือน ปี และสถานที่เกิด 1 มิถุนายน 2514 จ. สงขลา

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (ชีววิทยา)	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ภาคใต้	2536

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับระหว่างการศึกษา)

- ทุนผู้ช่วยสอน คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2537
- ทุนสนับสนุนการนำเสนอผลงานทางวิชาการในรูปแบบโปสเตอร์ ในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23 (วทท. 23) เชียงใหม่ ประจำปีการศึกษา 2540