

การศึกษาหาตำแหน่งที่ตกค้างในน้ำและตะกอนใต้น้ำ

ปริญญานิพนธ์

ของ

เสวก สัจจากุล

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ปริญญากิตติมศักดิ์

กันยายน ๒๕๑๙

การศึกษานาฬิกาแมลงที่ตกค้างในน้ำและตะกอนใต้น้ำ

บทคัดย่อ

ของ

เสวต สัจจากุล

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ปริญญากการศึกษามหาบัณฑิต

กันยายน 2519

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ หาชนิดและปริมาณของยาฆ่าแมลงพวก คลอริเนตเต็ดไฮโดรคาร์บอน ที่ตกค้างในน้ำ และตะกอนใต้น้ำ ในแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย และคลองคำเนินสะวก จังหวัดราชบุรี และเพื่อเปรียบเทียบ ปริมาณยาฆ่าแมลงที่ตกค้างอยู่ในน้ำ กับในตะกอนใต้น้ำ ของแหล่งน้ำเดียวกัน การ วิเคราะห์ใช้ Gas - Liquid Chromatography ซึ่งประกอบด้วย electron capture detector

ผลจากการศึกษาปรากฏว่า ในแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย พบ p,p'- DDT 0.04 ppb p,p' - DDE 0.02 ppb อยู่ในน้ำ และพบ p,p'- DDT 4.26 ppb p,p'- DDE 3.0 ppb p,p' - TDE 4.94 ppb o,p' - DDT 0.2 ppb Aldrin 0.34 ppb ในตะกอนใต้น้ำ ส่วนคลองคำเนินสะวก จังหวัดราชบุรี พบ p,p'- DDT 0.07 ppb p,p'-DDE 0.13 ppb p,p'-TDE 0.07 ppb Dieldrin 0.02 ppb อยู่ในน้ำ และพบ p,p' - DDT 12.33 ppb p,p'-DDE 10.5 ppb p,p'- TDE 18.61ppb o,p' - DDT 2.14 ppb Dieldrin 4.53 ppb ในตะกอนใต้น้ำ ซึ่งปรากฏว่า ยาฆ่าแมลงทุกชนิดที่พบในน้ำจะมีปริมาณน้อยกว่าในตะกอนใต้น้ำ.

A STUDY OF INSECTICIDE RESIDUES
IN WATER AND SEDIMENTS

ABSTRACT

BY

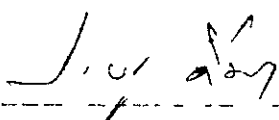
SAWET SATCHAKUL

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education Degree
Srinakharinwirot University
September 1976

The purpose of this study was to determine qualitatively and quantitatively chlorinated hydrocarbon insecticide residues in water and sediments in the Yom River in Sukhothai Province and Damneonsaduag Canal in Ratchaburi Province, as well as to compare the quantity of insecticide residues in water and sediments of each place. Analyses were performed on Gas - Liquid Chromatography using electron capture detectors.

The result of this study indicated that in the Yom River p,p'- DDT 0.04 ppb p,p'- DDE 0.02 ppb were found in water and p,p'- DDT 4.26 ppb p,p'- DDE 3.0 ppb p,p'- TDE 4.94 ppb o,p' - DDT 0.2 ppb Aldrin 0.34 ppb in sediments while in Damneonsaduag Canal p,p'- DDT 0.07 ppb p,p'- DDE 0.13 ppb p,p'- TDE 0.07 ppb Dieldrin 0.02 ppb were found in water and p,p'- DDT 12.33 ppb p,p'- DDE 10.5 ppb p,p'- TDE 18.61 ppb o,p'- DDT 2.14 ppb Dieldrin 4.53 ppb in sediments. This study also revealed that the quantity of every insecticides found in water is less than the quantity of those found in sediments.

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำทวีปได้พิจารณาปัญหานี้อย่างถี่ถ้วนแล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษามูลนิธิบูรณะปฏิรูปการศึกษาของ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้.

	ประธาน
	กรรมการ

ประกาศกฤษฎีกา

การทำปฏิญานี้เรื่องนี้ ได้ได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก กร.ประยูร กีมา
คุณนวลศรี ทายาทธร สาขาวิจัยวัฒนธรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
และอาจารย์สมเกียรติ กรีกทอง คณะวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร ผู้เขียนขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ สาขาวิจัยวัฒนธรรมทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และร่วมมือ
เป็นอย่างดี.

เสวต สัจจากุล

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	คำนำ	1
	✓ความมุ่งหมายของการศึกษากันควา	3
	✓สมมุติฐานการศึกษากันควา	4
	ความสำคัญของการศึกษากันควา	4
	ขอบเขตของการศึกษากันควา	4
	คำจำกัดความศัพท์เฉพาะ	4
	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษากันควา	5
2	ทฤษฎี	10
	โครมาโตกราฟี	10
	ก๊าซโครมาโตกราฟี	10
3	การดำเนินการทดลอง	19
	เครื่องมือ	19
	สารเคมี	19
	การเก็บกลุ่มตัวอย่าง	20
	การเตรียมตัวอย่าง	20
	การทดลองหาเปอร์เซ็นต์ recovery	21
	การวิเคราะห์ด้วย Gas - Liquid Chromatography	22

บทที่	หน้า
4 การวิเคราะห์ข้อมูล และผลการทดลอง	27
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	34
บรรณานุกรม	41
ภาคผนวก	45

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณยาฆ่าแมลงในน้ำ แม่น้ำยม จ.สุโขทัย	28
2 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณยาฆ่าแมลงในตะกอนใต้น้ำ แม่น้ำยม จ.สุโขทัย	29
3 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณยาฆ่าแมลงในน้ำ คลองคำเนินสะวก จ.ราชบุรี	30
4 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณยาฆ่าแมลงในตะกอนใต้น้ำ คลองคำเนินสะวก จ.ราชบุรี	31
5 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณยาฆ่าแมลงในน้ำและตะกอนใต้น้ำ ในแม่น้ำยม จ.สุโขทัย และคลองคำเนินสะวก จ.ราชบุรี	32
6 แสดงชนิดและปริมาณยาฆ่าแมลงที่พบในน้ำและตะกอนใต้น้ำ ใน แม่น้ำยม จ.สุโขทัย และคลองคำเนินสะวก จ.ราชบุรี	35
7 แสดงจุดที่เก็บตัวอย่างน้ำ และตะกอนใต้น้ำ ในแม่น้ำยม จ.สุโขทัย	49
8 แสดงจุดที่เก็บตัวอย่างน้ำ และตะกอนใต้น้ำ ในคลองคำเนินสะวก จ.ราชบุรี	50
9 แสดงวันที่เก็บตัวอย่างจากแม่น้ำยม จ.สุโขทัย	51
10 แสดงวันที่เก็บตัวอย่างจากคลองคำเนินสะวก จ.ราชบุรี	52
11 แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตะกอนใต้น้ำเก็บครั้งที่ 1 จากแม่น้ำยม จ.สุโขทัย	54
12 แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตะกอนใต้น้ำเก็บครั้งที่ 2 จากแม่น้ำยม จ.สุโขทัย	55
13 แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตะกอนใต้น้ำเก็บครั้งที่ 3 จากแม่น้ำยม จ.สุโขทัย	56

14	แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตะกอนใต้น้ำ เก็บครั้งที่ 4 จากแม่น้ำยม จ.สุโขทัย	57
15	แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในน้ำ เก็บครั้งที่ 1 จากแม่น้ำยม จ.สุโขทัย	58
16	แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในน้ำ เก็บครั้งที่ 2 จากแม่น้ำยม จ.สุโขทัย	59
17	แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในน้ำ เก็บครั้งที่ 3 จากแม่น้ำยม จ.สุโขทัย	60
18	แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในน้ำ เก็บครั้งที่ 4 จากแม่น้ำยม จ.สุโขทัย	61
19	แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตะกอนใต้น้ำ เก็บครั้งที่ 1 จาก คลองคำเนินสะวก จ.ราชบุรี	62
20	แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตะกอนใต้น้ำ เก็บครั้งที่ 2 จาก คลองคำเนินสะวก จ.ราชบุรี	63
21	แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตะกอนใต้น้ำ เก็บครั้งที่ 3 จาก คลองคำเนินสะวก จ.ราชบุรี	64
22	แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตะกอนใต้น้ำ เก็บครั้งที่ 4 จาก คลองคำเนินสะวก จ.ราชบุรี	65
23	แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในน้ำ เก็บครั้งที่ 1 จากคลองคำเนินสะวก จ.ราชบุรี	66
24	แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในน้ำ เก็บครั้งที่ 2 จาก คลองคำเนินสะวก จ.ราชบุรี	67
25	แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในน้ำ เก็บครั้งที่ 3 จาก คลองคำเนินสะวก จ.ราชบุรี	68
26	แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในน้ำ เก็บครั้งที่ 4 จาก คลองคำเนินสะวก จ.ราชบุรี	69

บัญชีภาพ

ภาพ		หน้า
1	แสดงภาพเครื่อง Gas - Liquid Chromatograph	12
2	แสดงแผนผังเครื่อง Gas Chromatograph	13
3	แสดง Sample Injection System	15
4	แสดงส่วนประกอบของ Electron Capture Detector	18
5	แสดง Chromatogram ของสารมาตรฐาน Heptachlor, Heptachlor epoxide, Dieldrin, p,p'-TDE, p,p'-DDT	23
6	แสดง Chromatogram ของสารมาตรฐาน Aldrin, p,p'-DDE, Endrin, o,p'-DDT	24
7	แสดง Chromatogram ของสารมาตรฐานและสารตัวอย่าง	25

คำนำ

มนุษย์ได้ใช้วิทยาศาสตร์ในการแก้ไข้ปัญหา และพัฒนาการดำรงชีวิตให้ดีขึ้น แต่ขณะเดียวกันก็ทำให้เกิดปัญหาขึ้นมาหลายประการ ปัญหาหนึ่งที่จะมีผลร้ายอันน่าวิตกอย่างยิ่ง และมีแนวโน้มที่จะเป็นปัญหาเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในอนาคต ก็คือปัญหาล้างแวล้อมเป็นพิษ เช่น อากาศเป็นพิษ น้ำเป็นพิษ อาหารเป็นพิษ การทิ้งสิ่งในธรรมชาติเหล่านี้เกิดเป็นพิษกัมสำคัญเนื่องมาจากการกระทำของมนุษย์แทบทั้งสิ้น เช่น การปล่อยของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม คับนเขมาจากเครื่องยนต์ การทิ้งสิ่งปฏิกูล และการใช้วัตถุมีพิษในการเกษตร และสาธารณสุข เป็นต้น

วัตถุมีพิษที่ใช้ในการเกษตร ส่วนใหญ่เป็นสารที่สังเคราะห์ขึ้นมา มีพิษร้ายแรง ที่นิยมใช้กันมีอยู่ 3 พวก ได้แก่

1. วัตถุมีพิษพวกคลอรีเนเตดไฮโดรคาร์บอน (Chlorinated Hydrocarbons)
 เช่น คีคที (1,1,1 - trichloro - 2,2 - bis (p - chlorophenyl) ethane)
 เอ็นกรีน (1,2,3,4,10,10 - hexachloro - 6,7 - epoxy - 1,4,4a,5,6,7,8,8a - octahydro - 1,4 - endo - endo - 5,8 - dimethanonaphthalene) คีคที
 (1,1 - dichloro - 2,2 - bis (p - chlorophenyl) ethylene)
2. วัตถุมีพิษพวกออร์แกนโนฟอสเฟต (Organophosphates) เช่น มาลาไธออน
 (0,0 - Dimethyl S - (1,2 - dicarbethoxyethyl) phosphorodithioate)
 พาราไธออน (0,0 - Diethyl O - p - nitrophenyl phosphorothioate)
3. วัตถุมีพิษพวก คาร์บาเมต (Carbamates) เช่น การนาฟิธ (1 - Naphthyl - N - methylcarbamate) เบกอน (o - isopropoxyphenyl - methylcarbamate)

วัตถุมงคลเหล่านี้ใช้ในการเกษตรเพื่อป้องกันและปราบศัตรูพืช โดยการฉีกแผ่นลงบนพืชที่ทำทำการเพาะปลูก เพื่อมิให้ศัตรูพืช เวน พวกแมลง มารบกวน หรือใช้กำจัดวัชพืชที่ไม่ต้องการ ตลอดจนศัตรูของสัตว์เลี้ยง

วัตถุมงคลที่ใช้ในการเกษตรบางชนิดเป็นสารที่สลายตัวยาก โดยเฉพาะวัตถุมงคลพวกคลอรีเนเตดไฮโดรคาร์บอน สลายตัวช้ามาก กองไว้เวลาหลาย ๆ ปีจึงจะสลายตัวหมด ควบคุมสมบัติดังกล่าว วัตถุมงคลจึงสามารถสะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้ และจากการค้นคว้าวิจัยพบว่า เมื่อมนุษย์หรือสัตว์ได้รับวัตถุมงคลพวกนี้เข้าไปแม้ที่ละน้อยก็สามารถสะสมอยู่ในร่างกายได้ ซึ่งจะไปทำลายไทรย่นประสาทและกล้ามเนื้ออ่อนแอ และเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งไขกระดูก และร่างกายได้รับวัตถุมงคลเข้าไปจำนวนหนึ่งก็ทำให้เสียชีวิตได้

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลัก และนิยมใช้วัตถุมงคลในการป้องกันและปราบศัตรูพืชกันอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อเนื้อที่ให้สูงขึ้น แต่วัตถุมงคลที่ฉีกแผ่นลงบนเนื้อที่การเกษตรก็จะสลายตัวคงใช้เวลาช้านาน ฉะนั้นเมื่อฉีกวัตถุมงคลลงไปบ่อย ๆ ก็จะมีวัตถุมงคลสะสมอยู่ในดิน ในอากาศ และส่วนหนึ่งจะถูกชะล้างลงสู่แม่น้ำหรือน้ำที่ใช้ในการเกษตรไหลไปสะสมอยู่ในแหล่งน้ำ

ดินที่มีวัตถุมงคลสะสมอยู่ เมื่อเราปลูกพืชลงไป พืชจะถูกเอาวัตถุมงคลเข้าไป วัตถุที่มีพิษในดินพืช จึงอาจมาจากการฉีกแผ่นวัตถุมงคลลงบนพืชโดยตรง หรือได้รับจากดินที่สะสมวัตถุมงคลเอาไว้ นอกจากนี้แมลงอาจสร้างภูมิต้านทานวัตถุมงคลขึ้นมา ทำให้ไร้วัตถุมงคลนั้นไม่ไ้ผลของเปลี่ยนวัตถุมงคลใหม่ หรือใช้วัตถุมงคลเพิ่มปริมาณมากขึ้น การที่แมลงสามารถสร้างภูมิต้านทานวัตถุมงคลได้ นับเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้นักวิทยาศาสตร์ต้องถกกันคิดสังเคราะห์วัตถุมงคลที่มีพิษร้ายแรงกว่าชนิดใหม่เรื่อย ๆ มนุษย์จึงยังมีโอกาสจะได้รับอันตรายจากวัตถุมงคลเหล่านี้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และการใช้วัตถุมงคลเกินกว่าพอดี ควบคุมเอาไม่ถึงการ หรือขาดการควบคุม นอกจากจะทำให้วัตถุมงคลสะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมมากแล้ว ยังอาจเป็นอันตรายต่อบุคคลที่ใช้วัตถุมงคล หรือผู้บริโภคพืชถึงแก่ชีวิตได้

วัตถุดิบที่ถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ เนื่องจากสารพวกนี้ไปคอยละลายน้ำ ส่วนใหญ่ จึงมักจะเกาะอยู่กับของแข็งที่กระจายอยู่ในน้ำ แล้วอาจตกตะกอนลงไป อันเป็นเหตุให้วัตถุดิบ สะสมอยู่ในตะกอนใต้น้ำ ถ้าเราเขาน้ำที่วัตถุดิบสะสมอยู่มาไว้บริโภคนั้นจะเป็นอันตราย และ ในน้ำเป็นที่อยู่ของพืชและสัตว์เล็ก ๆ ซึ่งสามารถรับวัตถุดิบเข้าไป หรือให้วัตถุดิบเกาะอยู่ พืชและสัตว์เล็ก ๆ เหล่านี้เป็นอาหารของปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ วัตถุดิบจึงสามารถถ่ายทอด มาสู่คนหรือสัตว์อื่นที่ใช้สัตว์น้ำเป็นอาหาร การที่วัตถุดิบสะสมอยู่ในแหล่งน้ำจึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ ที่จะไม่ให้วัตถุดิบเข้ามาอยู่ในวงจรอาหาร (Food Chain) วัตถุดิบที่สะสมอยู่ในแหล่งน้ำ แม้จะไม่มากก็อาจทำให้พืชและสัตว์เล็ก ๆ ในน้ำตายได้ ทำให้วงจรอาหารขาดตอน และถ้า เราตรวจสอบว่ามีวัตถุดิบจำนวนหนึ่งสะสมอยู่ในน้ำ ก็ไม่รู้ว่า พวกพืชหรือสัตว์เล็ก ๆ หรือ พวกปลาในแหล่งน้ำนั้นจะมีวัตถุดิบสะสมอยู่ในตัวหาจำนวนนั้นด้วย ความจริงแล้วพวกสิ่งมีชีวิต เหล่านี้จะมีวัตถุดิบสะสมมากกว่าจำนวนที่สะสมอยู่ในน้ำหลายเท่าที่เกี่ยว เช่นปลาอาจจะ สะสมไว้ได้มากกว่าถึงหมื่นเท่า และจากการค้นคว้าวิจัย ปรากฏว่า สิ่งมีชีวิตยังมีระบบอวัยวะ ขับรอนั้นจะยังสามารถสะสมวัตถุดิบได้มากขึ้นด้วย

ในบริเวณที่มีการเกษตรกรรม จะใช้วัตถุดิบเพื่อป้องกันและกำจัดศัตรูพืชกันมาก เมื่อ เช่นตกลงมาชะล้างผิวดินจึงมีวัตถุดิบสะสมอยู่ไหลลงสู่แหล่งน้ำ ปรากฏว่าบางแห่งสามารถทำให้ ปลาที่อาศัยอยู่ตาย แสดงว่ามีวัตถุดิบลงไปมาก ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีการที่จะศึกษา วัตถุดิบที่ใช้ในการเกษตร โดยเฉพาะยาฆ่าแมลงพวก คลอริเนตเต็คไปโคโรคาร์บอน จึงเป็นสารที่สลายตัวช้า และนิยมใช้กันแพร่หลาย ในแหล่งน้ำที่อยู่ในพื้นที่เกษตรกรรม

ความมุ่งหมายของการศึกษากันควา

1. เพื่อหาชนิดและปริมาณของยาฆ่าแมลงที่ตกค้างในน้ำและตะกอนใต้น้ำในแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย และกลองคำเนินสะวก จังหวัดราชบุรี
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของยาฆ่าแมลงที่ตกค้างอยู่ในน้ำ และในตะกอนใต้น้ำ ของแหล่งน้ำเดียวกัน

สมมติฐานการศึกษากันควา

ในแผนนัยมจังหวัดสุโขทัย และคลองคำเนินสะกวก จังหวัดราชบุรี จะมียาฆ่าแมลง ตกค้างอยู่ในตะกอนดินน้ำมากกว่าในน้ำหลายเท่า

ความสำคัญของการศึกษากันควา

1. ผลจากการศึกษากันควาครั้งนี้ ทำให้ทราบชนิดและปริมาณของยาฆ่าแมลงที่ ตกค้างในแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย และคลองคำเนินสะกวก จังหวัดราชบุรี ซึ่งสามารถใช้ เป็นข้อมูลประกอบการหาทางป้องกันให้ยาฆ่าแมลงสะสมอยู่มากในแหล่งน้ำ
2. วิธีการในการศึกษากันควาครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ในการหายาฆ่าแมลงที่ตกค้าง ในแหล่งน้ำอื่นต่อไปได้
3. เทคนิคและวิธีการกนควาทดลอง สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาเคมี ในระดับอุดมศึกษาได้

ขอบเขตของการศึกษากันควา

1. ศึกษาเฉพาะในแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย และคลองคำเนินสะกวก จังหวัดราชบุรี
2. ศึกษาเฉพาะชนิดและปริมาณของยาฆ่าแมลงพวกคลอรีเนเตดไฮโดรคาร์บอน ที่นิยมใช้กันทั่วไป ได้แก่ คีคที (p,p'-DDT) คีคอี (p,p'-DDE) ทีคอี (p,p'-TDE) คีคที (o,p'-DDT) อัลดริน (Aldrin) ดีลดริน (Dieldrin) เอนด์ริน (Endrin) เฮปทาคลอร์ (Heptachlor) เฮปทาคลอร์เอพอกไซด์ (Heptachlor epoxide)

คำจำกัดความศัพท์เฉพาะ

1. ยาฆ่าแมลงที่ตกค้าง (Insecticide Residues) หมายถึงวัตถุพิษ พวก คลอรีเนเตดไฮโดรคาร์บอน ที่เกษตรกรนิยมใช้ป้องกันและปราบแมลง แล้วตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม

2. วัตถุพิษพวกคลอรีเนตเต็ดไฮโดรคาร์บอน (Chlorinated Hydrocarbons) หมายถึงวัตถุพิษที่มีธาตุ คาร์บอน ไฮโดรเจน และคลอรีน เป็นองค์ประกอบ

3. น้ำ หมายถึง น้ำในระบิต่ำกว่าผิวประมาณ 1 ฟุต ในแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย และคลองกำเนินสะควก จังหวัดราชบุรี

4. ตะกอนใต้น้ำ หมายถึง ผิวหน้าของตะกอนที่อยู่ใต้น้ำ ในแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย และคลองกำเนินสะควก จังหวัดราชบุรี

5. ppm (part per million) เป็นหน่วยวัดปริมาณยาฆ่าแมลง ยาฆ่าแมลง 1 ppm หมายถึง มียาฆ่าแมลงอยู่ 1 ส่วนในล้านส่วนของสารตัวอย่าง

6. ppb (part per billion) เป็นหน่วยวัดปริมาณยาฆ่าแมลง ยาฆ่าแมลง 1 ppb หมายถึง มียาฆ่าแมลงอยู่ 1 ส่วนใน 1 พันล้านส่วนของสารตัวอย่าง

7. เมช (mesh) เป็นความถี่ของตะแกรงสำหรับร่อนตะกอนใต้น้ำที่แห้งแล้ว ตะแกรง 20 mesh หมายถึง 1 ตารางนิ้ว มี 20 ช่อง

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

Fredeen และคณะ (10, 11) ได้ทดลองใส่ คีดีที ลงในแม่น้ำในระยะที่ทดลอง พบว่ามี คีดีที 551 ppm อยู่ในตะกอนที่ลอยแขวนอยู่ (suspended sediment) และตัวอย่างที่ทางออกไป 66 ไมล์ จากจุดที่ระบาย พบว่ามี คีดีที อยู่ 0.24 - 2.26 ppm ผลจึงคาดว่า คีดีที จะถูก ดูดซับ (adsorb) ด้วย suspended sediment แล้วไหลไปตามน้ำ

ก่อน ค.ศ. 1960 มีรายงานเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์วัตถุพิษ (pesticides) ในน้ำอยู่เพียงเรื่องหนึ่ง คือของ Rosen และคณะ (14, 23) ซึ่งรายงานว่า วัตถุพิษพวก คลอรีเนตเต็ดไฮโดรคาร์บอน (chlorinated pesticides) สามารถแยกออกจากน้ำได้ โดยการใส่ activated carbon เป็นตัวดูดซับ (adsorb) ออกจากน้ำ แล้วใช้ตัวทำละลายที่จับกับคีดีที เช่น คลอโรฟอร์ม (chloroform) สกัดออกจาก carbon เมื่อเอาสารละลายมาระเหยาก็จะได้คีดีที วิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของวัตถุพิษ โดยใช้ Infrared Spectrophotometer

ค.ศ. 1961 และ 1962 ในระหว่างฤดูการเพาะปลูกในอเมริกา ได้มีการวิเคราะห์หาคณิพหุพวงกลอรีเนตเต็กไฮโครคาร์บอนในน้ำ (14) โดยใช้การ adsorb ควบ activated carbon และวิเคราะห์ในตะกอนใต้น้ำควบ โดยการเอาตะกอนใต้น้ำมาทิ้งไว้จนแห้ง แล้วสกัดด้วยตัวทำละลาย petroleum naphtha วิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography ใช้ microcoulometric detector พบว่ามีน้ำจากแหล่งการเพาะปลูกมีหาคณิพหุพวงกลอรีเนตเต็กไฮโครคาร์บอน 0.06 - 18 nanogram คอลิตร และได้เปรียบเทียบปริมาณของหาคณิพหุพวง กลอรีเนตเต็กไฮโครคาร์บอน ที่อยู่ในน้ำ และในตะกอนใต้น้ำ โดยการเก็บตัวอย่างจากจุดเดียวกันในแม่น้ำ Entiat และแม่น้ำ Wenatchu พบว่ามี คีตที่ อยู่ในตะกอนมากกว่าในน้ำถึง 18000 เท่า

Bevenue และคณะ (9, 12) ได้ศึกษาหาคณิพหุพวงกลอรีเนตเต็กไฮโครคาร์บอนในบาราย โดยศึกษาในน้ำคลองเปรียบเทียบกับในอัลจี (algae) ตะกอนและใบปลาที่อาศัยอยู่ในคลองนั้น พบว่าปริมาณหาคณิพหุพวงในน้ำ : อัลจี : ตะกอน : ปลา เป็น 1 : 4000 : 9000 : 32000

ค.ศ. 1965 โครงการสำรวจทางธรณีวิทยาของอเมริกาได้วิเคราะห์หาคณิพหุพวง (19, 24) อัลกริน คีตที่ คีตที่ คีตที่ คีตที่ คีตที่ เอ็นกริน เดพทาคลอร์ เดพทาคลอร์-อีพอกไซด์ ลินเคน และยาปราบวัชพืช 2,4 - D 2,4,5 - T Silvex ในแหล่งน้ำทางภาคตะวันตกของอเมริกา โดยเอาน้ำมาสกัดด้วย hexane แล้ว dried ใน anhydrous sodium sulphate 1 ชั่วโมง เอาสารละลายมาลดปริมาณใน Kuderna Danish Concentrator ให้เหลือ 2 - 3 มิลลิลิตร แล้วลดปริมาณกรดให้เหลือ 0.5 มิลลิลิตร โดยใช้ Heat Lamp พร้อมกับเป่ากาบไนโตรเจนไปบนสารละลาย จึง elute ควบ hexane 4 - 5 มิลลิลิตร ผ่าน anhydrous sodium sulphate สูง 0.5 เซนติเมตร และ deactivated alumina สูง 3 เซนติเมตร ในปิเปต ร่องรับสารละลายด้วย Graduate Concentrator Tube แล้วลดปริมาณให้เหลือ 1 มิลลิลิตร โดยใช้ Heat Lamp และเป่ากาบไนโตรเจน วิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography มี column ที่ packed ควบ 60/80 mesh Gas - Chrom Q/coated ควบ 3 - 5 %

DC - 200 หรือ 3 - 5 % QF - 1 ผลปรากฏว่าพบยาฆ่าแมลง และยาปราบวัชพืช ทุกตัวในครั้งหนึ่งก็หลายครั้ง ยาฆ่าแมลงที่พบบ่อยและพบมีปริมาณมากที่สุด คือ คีซี มีปริมาณ 0.12 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนยาปราบวัชพืชที่พบมากที่สุดคือ 2,4 - D นอกจากนั้นยังพบว่า น้ำที่ตะกอนหอยเชรอน (suspended sediment) อยู่มาก จะพบยาฆ่าแมลงมากกว่าน้ำที่ ตะกอนหอยเชรอนอยู่น้อย

ค.ศ. 1972 - 1973 ได้มีการวิเคราะห์หาฆ่าแมลงในน้ำ (16) ในแหล่งน้ำ ทางภาคตะวันตกของอิสราเอล โดยเก็บน้ำในระบึกต่ำกว่าผิว 10 - 20 เซนติเมตร เอามา สกัดด้วย hexane แล้ว dried บน anhydrous sodium sulphate ลดปริมาตร ใน Buchi Rotavapor Apparatus / cleanup โดยการ elute ด้วย hexane ผ่าน anhydrous sodium sulphate และ deactivated alumina ใน column การวิเคราะห์ใช้ Gas Chromatography ประกอบด้วย electron capture detector column (a) 5 % OV - 1 + 2 % QF - 1 และ (b) 5 % QF - 1 ใช้ไนโตรเจน เป็น carrier gas อุณหภูมิ injection port 210°C column oven 190°C และ detector 200°C เอา sample ฉีดเข้าทั้ง 2 column ผลปรากฏว่าพบ γ - BHC (gamma isomer ของ 1,2,3,4,5,6 - hexachlorocyclohexane) และ α - BHC (1,2,3,4,5,6 - hexachlorocyclohexane) แพร่หลายที่สุด และพบว่า ปริมาณของยาฆ่าแมลงในน้ำค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้เพราะมันตกตะกอนลงไปอยู่ในตะกอนใต้น้ำ

ในปี 1964, 1966, และ 1967 ได้มีการวิเคราะห์หาวัชพืชที่มีพวกกลอรีนาเต็ก ไฮโดรคาร์บอน (e) ในน้ำ และในตะกอนใต้น้ำ จากแม่น้ำมิสซิซิปปี ตอนล่าง และแควที่แยก ออกไป สกัดตะกอนโดยใช้ตะกอนชั้น 300 กรัม ผสมกับ 3 : 1 hexane : isopropanol ปริมาณ 600 มิลลิลิตร และ anhydrous sodium sulphate 25 กรัม ใน glass jar เขย่า 4 ชั่วโมง กรองผ่าน anhydrous sodium sulphate และ celite ลงใน กรวยแยก ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง แล้วเอามาเติม anhydrous sodium sulphate 10 - 20 กรัม และ celite 5 - 10 กรัม เขย่าแล้วกรองบรรจุขวดสำหรับไว้วิเคราะห์

ส่วนนำสกัดโดยใช้น้ำ 4 แกลลอน ผสมกับ 3 : 1 pentane : ether ใน carboy แล้ว rotate บน ball mill ด้วยอัตรา 30 รอบ ต่อ นาที เติมน้ำสารละลายภายหลังการสกัดมาลคปริมาตรให้เหลือ 50 มิลลิลิตร โดยใช้ Snyder Column การวิเคราะห์ใช้ Gas Chromatography ประกอบด้วย electron capture detector และ sample ฉีดเข้า 2 column คือ 3 % DC - 200 on Gas - Chrom Q อุณหภูมิ column 180°C และ 9 % QF - 1 on Diatoport อุณหภูมิ column 166°C ผลปรากฏภาพ Dieldrin, Aldrin, Endrin, Endrineto, Isodrin, Chlordane, Heptachlor, Hexachloronorbomadiene และ Heptachloronorbomene มีความเข้มข้นสูงในตอนกลางของลำน้ำใกล้เคียงแหล่งที่ผลิต Endrin และ Heptachlor ส่วนวัตถุที่มีพิษพวกคลอรีนเต็เกิดไปโครงการบ่อนจำนวนมากที่ใช้ในการเกษตร แถบสมุทรแม่น้ำมิสซิสซิปปี ตรวจไม่พบในตะกอน

Goerlitz และ Law (12) ได้ทดลองเก็บตะกอนดินน้ำจากแม่น้ำทางภาคกลาง และภาคตะวันตกของอเมริกา มาทดลองหา percent recovery ของยาฆ่าแมลง พวกคลอรีนเต็เกิดไปโครงการบ่อน โดยวิธีการดังนี้คือ เอาตะกอนขึ้น 40 กรัม ผสมกับอะซิโตน (acetone) 40 มิลลิลิตร เขย่า 20 นาที เติมน้ำ hexane ลงไป 80 มิลลิลิตร เขย่า 10 นาที decant เอาของเหลวใส่กรวยแยก แล้วเอาตะกอนมาสกัดอีกครั้งหนึ่ง ทำเช่นเดียวกันครั้งแรก แต่ใช้ acetone เพียง 20 มิลลิลิตร เติมน้ำ 500 มิลลิลิตร ลงในกรวยแยก ปล่อยให้แยกชั้น แยกเอาชั้นน้ำมาสกัดด้วย hexane 20 มิลลิลิตร เอาน้ำยามารวมกัน เติมน้ำ anhydrous sodium sulphate 0.5 กรัม แล้วลคปริมาตรโดย Kuderna Danish Evaporator ลคปริมาตรเหลือ 0.5 มิลลิลิตร โดยใช้ Heat Lamp พร้อมกับการเป่าก๊าซไนโตรเจนไปจนสารละลาย เอนายามา elute ด้วย hexane 40 มิลลิลิตร ผ่าน alumina ใน column รองรับสารละลาย 20 มิลลิลิตรแรกเป็นส่วนของ 1 และรองรับส่วนที่เหลือต่อไปเป็นส่วนของ 2 ประมาณ 15 มิลลิลิตร ลคปริมาณแต่ละส่วนให้เหลือ 1 มิลลิลิตร เอาส่วนของ 1 มาเติมปรอทลงไป 0.2 มิลลิลิตร แล้วแยกกำหนดออกตามวิธีของ Goerlitz และ Law.

และถ้ามี polychlorinated biphenyl (PCBs) หรือ polychloronaphtha-
 lene (PCNs) อยู่ภายในโหลมาผ่าน column ของ silica gel โดย elute
 ด้วย hexane 30 มิลลิลิตร รองรับ 25 มิลลิลิตร แรกไว้ เป็นส่วนที่ 1 แล้วเติม
 benzene ลงไปใน column 20 มิลลิลิตร รองรับสารละลายไว้เป็นส่วนที่ 2 สกปรก
 แต่ละส่วนให้เหลือ 1 มิลลิลิตร วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatograph ผลปรากฏ
 ว่าได้ค่า percent recovery อยู่ในวง 75 - 95

โครมาโตกราฟี (Chromatography)

โครมาโตกราฟี เป็นวิธีการหนึ่งในการแยกสารซึ่งผสมกันอยู่ออกจากกัน โดยอาศัย moving phase จะ (elute) สาร ผ่าน stationary phase อัตราการเคลื่อนที่ของสารแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับแรงกระทำทางกายภาพและทางเคมีของสารนั้นกับ stationary phase และ moving phase เช่น การดูดซับ (adsorption) การละลาย (solubility) การเกิดพันธะเคมี (chemical bonding) การแพร่ของโมเลกุล (molecular filtration) สารที่เคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วไม่เท่ากันก็จะแยกออกจากกัน

แก๊สโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography)

เป็นโครมาโตกราฟีชนิดหนึ่ง ซึ่งมี แก๊ส เป็น moving phase ส่วน stationary phase บรรจุไว้ใน column สารที่จะแยกจะถูกพาผ่าน column ไปในรูปของไอ stationary phase จะหน่วงเหนี่ยว (retard) ให้สารแต่ละชนิดออกจาก column ในเวลาต่างกัน แก๊สโครมาโตกราฟีมีอยู่ 2 ชนิดคือ

1. Gas - Solid Chromatography (GSC) มี stationary phase เป็นของแข็ง (solid) ที่คุณสมบัติในการดูดซับ (adsorb) สารได้แก่ เช่น silica gel, molecular sieve การแยกสารใน column ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในการดูดซับของ stationary phase

2. Gas - Liquid Chromatography (GLC) มี stationary phase เป็นของเหลว (Liquid) กระจายบนพื้นผิวบาง ๆ อยุ่ตามผิวของตัวรองรับ (support solid)

ขั้นตอนการพื้นฐานของการแยกใน Gas - Liquid Chromatography เป็นการแบ่งละลาย (partition) ของสารใน moving phase ก๊าซ และ stationary phase ของเหลว (nonvolatile liquid solvent) เมื่อสารเข้าไปใน column จะทำให้เกิด equilibrium คือ

$$K = \frac{C_L}{C_M}$$

K เรียกว่า partition coefficient

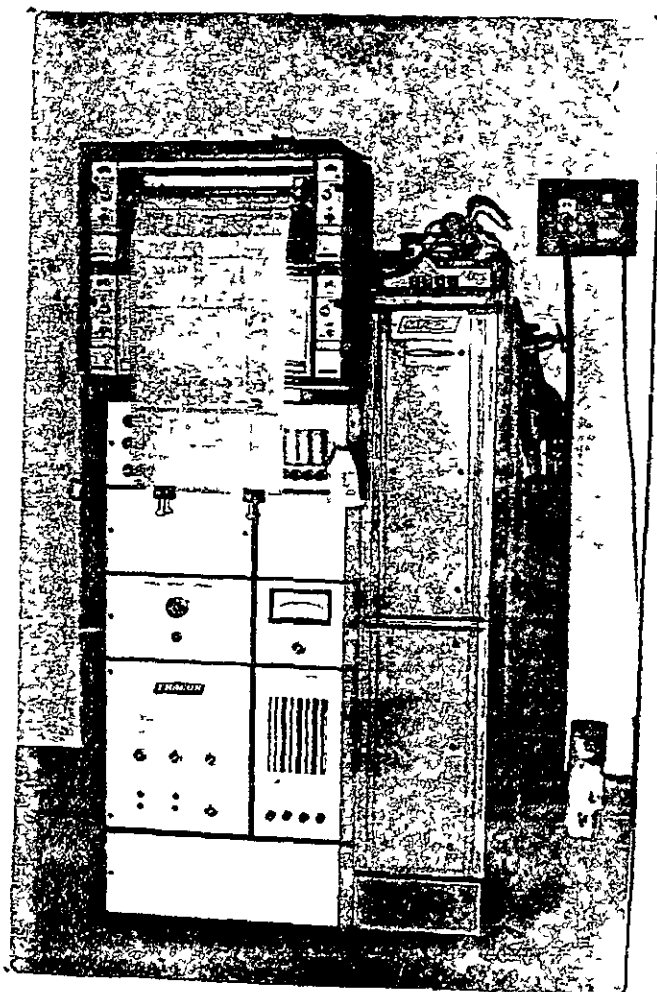
C_L = ความเข้มข้นของ solute ใน Liquid phase

C_M = ความเข้มข้นของ solute ใน Gas phase

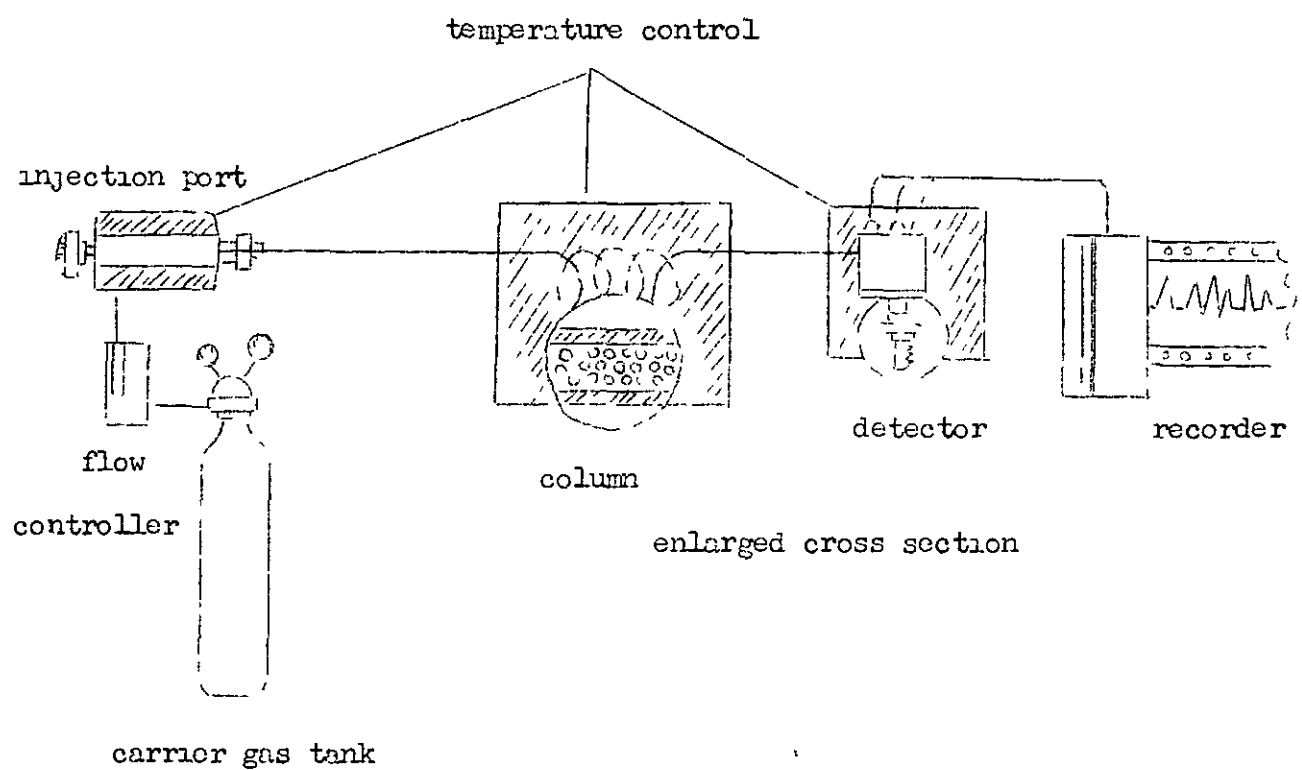
solute ต้องใช้เวลาจำนวนหนึ่งจึงจะผ่านออกจาก column จำนวนเวลานี้สัมพันธ์กับค่า K สารที่มีค่า K ไม่เท่ากัน ก็จะออกจาก column ในเวลาต่างกัน

ส่วนประกอบของ Gas - Liquid Chromatography

1. Carrier Gas Supply
2. Sample Injection System
3. Separation Column
4. Temperature Control System
5. Detector System
6. Recorder



ภาพ 1 แสดงเครื่อง Gas - Liquid Chromatograph



ภาพ 2 แสดงแผนผังเครื่อง Gas Chromatograph

Carrier Gas Supply

เป็นส่วนที่จ่าย moving phase คือ carrier gas ซึ่งเป็นตัวพาสารผ่าน column carrier gas ที่มีความคงตัวสม่ำเสมอ

1. inert ไม่ทำปฏิกิริยากับ sample หรือกับ stationary phase
2. บริสุทธิ์
3. เหมาะกับ detector ที่ใช้ เช่น ถ้าใช้ Thermal Conductivity detector

Conductivity detector

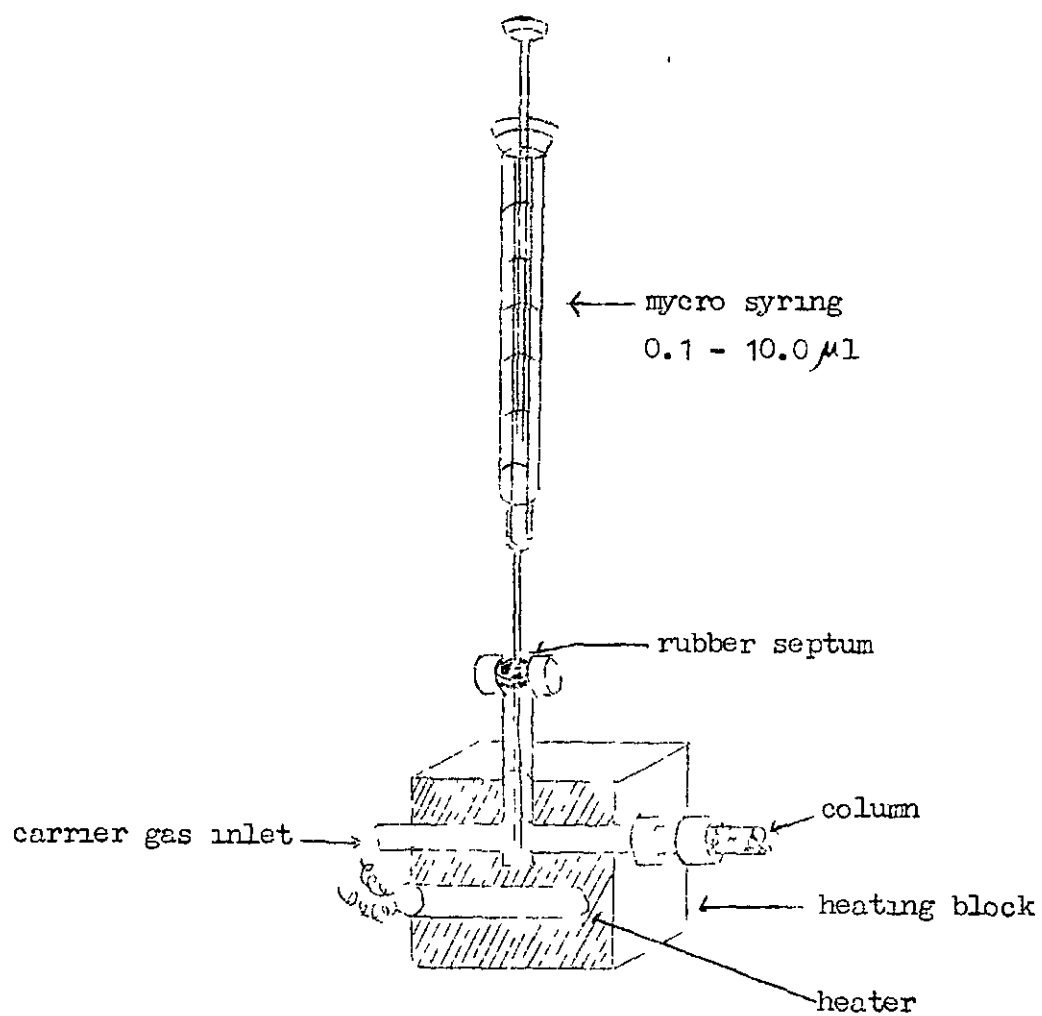
4. การแพร่ของก๊าซต่ำ

carrier gas บรรจุไว้ในถังที่มีความดันสูง มีลิ้นปิดเปิด มีเครื่องบังคับอัตราการไหล (flow meter) ซึ่งสามารถปรับได้ และมีตัวควบคุมความดัน (pressure regulator) ก๊าซที่ไหลผ่าน column จะคงมีความดัน และมีอัตราการไหลคงที่ตลอดเวลา ทำการวิเคราะห์

ก๊าซที่นิยมใช้เป็น carrier gas ได้แก่ ไฮโดรเจน ฮีเลียม และไนโตรเจน

Sample Injection System

เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องสำหรับฉีดสารที่จะวิเคราะห์เข้าไปใน column สารจะถูกเปลี่ยนเป็นไอทันที ควบคุมความดันและเข้าสู่ column โดย carrier gas เป็นตัวพา การฉีดสารใช้ micro syringe บรรจุสารปริมาณที่แน่นอนจุดผ่าน rubber septum เข้าสู่ heating block การฉีดสารต้องกระทำอย่างรวดเร็ว



ภาพ 3 แสดง Sample Injection System

Column

Column เป็นหัวใจสำคัญของเครื่อง Gas Chromatograph เป็นส่วนที่ทำให้สารแยกจากกัน column มีลักษณะเป็นทอตรง หรือเป็นรูปตัว U หรือเป็นขด (coil) column มี 2 ชนิด คือ

1. Packed Column ท่อแก้ว ทอตรง หรือเหล็กที่ไม่เป็นสนิม โดยทั่วไปมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 - 2 นิ้ว ยาว 120 นิ้ว - 150 เมตร column ที่มีขนาดเล็กจะมีประสิทธิภาพในการแยกดีกว่า column ขนาดใหญ่ ภายใน column จะบรรจุแก้ว

ก. Solid support เป็นตัวรองรับให้ Stationary phase ซึ่ง เป็นของเหลวเกาะอยู่ คุณสมบัติของตัวรองรับที่ดีคือ

1. inert ไม่เกิดการดูดซับ (adsorption)
2. มีความแข็งแรงสูง
3. มีพื้นที่ผิวมาก
4. มีรูปร่างและขนาดเดียวกัน ขนาดที่ใช้ 60/80 80/100 หรือ

100/120 mesh

สารที่ใช้เป็น solid support เช่น Chromosorb P (pink) Chromosorb W (white)

ข. Stationary Phase เป็นของเหลวที่เคลือบอยู่ภายในผิวของ solid support ซึ่งการมีคุณสมบัติดังนี้

1. เป็นตัวทำละลายที่ดีสำหรับสารที่จะแยก
2. ให้สารแต่ละตัวมี partition ต่างกัน
3. มีความหนืดต่ำ ที่อุณหภูมิที่อุณหภูมิของ column

2. Capillary Column มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 - 0.5 มิลลิเมตร ยาว 30 - 300 เมตร ภายใน coated ด้วยของเหลว เป็น column ที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถแยกได้ที่อุณหภูมิต่ำโดยใช้เวลานาน

Temperature Control System

ระบบที่ควบคุมอุณหภูมิได้แก่ Injection system, Column, และ Detector

ก. Injection Port Temperature ทำหน้าที่เปลี่ยนสารให้เป็นไอ ฉะนั้น อุณหภูมิที่สูงพอจะทำให้สารกลายเป็นไอได้ทันที แต่ไม่สูงจนทำให้สารเกิดการแตกตัว (decomposition) หรือเกิด rearrangement

ข. Column Temperature อุณหภูมิของ column ต้องสูงพอเพื่อให้การวิเคราะห์เสร็จในเวลาที่สมควร แต่ค่าพอที่จะทำให้การแยกของสารได้ อุณหภูมิของ column มีผลต่อ retention time ถ้าอุณหภูมิลดลงทุก ๆ 30°C จะทำให้ retention time เพิ่มขึ้น 2 เท่า ที่อุณหภูมิกำ ๆ สารส่วนมากจะสามารถ partition ใน stationary phase ได้ จึงทำให้แยกได้ดี ของผสมที่ประกอบด้วยสารที่มีจุดเดือดต่างกัน มาก ๆ ต้องทำให้อุณหภูมิของ column เพิ่มขึ้นเป็นช่วง ๆ จึงเรียกว่า temperature programming

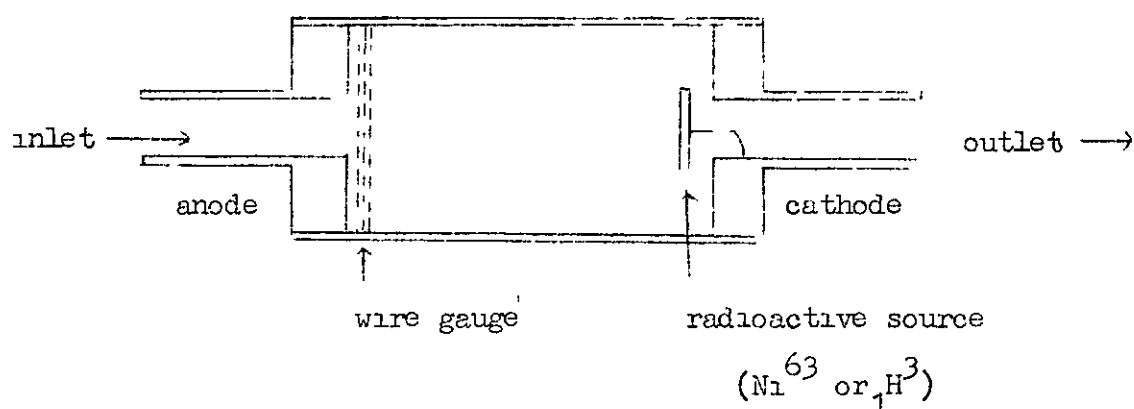
ค. Detector Temperature อุณหภูมิของ detector ขึ้นอยู่กับชนิดของ detector ที่ใช้ แต่หลักโดยทั่วไปคือ อุณหภูมิที่สูงพอ จะทำให้สารที่ออกจาก column ไม่เกิด condensation เมื่อเข้าสู่ detector ถ้าเกิด condensation จะพบว่า peak ของสารบางตัวหายไป และเกิดมี peak ที่กว้าง (broaden peak)

Detector

Detector เป็นตัวตรวจวัดสารที่ออกมาจาก column detector ที่ใช้ได้ ทางขวางได้แก่ conductivity cell และ flame ionization detector แต่ก็มี detector อื่น ๆ อีกหลายชนิด ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เฉพาะการวิเคราะห์สารประเภท ๆ เช่น electron capture detector

Electron Capture detector เหมาะกับการวิเคราะห์พวก halogen compound, anhydride, peroxide, nitrate, ozone, oxygen, organometallic

compound หลักการทำงานของ detector แบบนี้คือ ภายใน detector เกิดสารรังสี เช่น tritium หรือ Ni^{63} ไวนั้นผ่าน titanium ทรงตัวสเป เป็น carrier gas ไนโตรเจน เข้าสู่ detector ไนโตรเจนจะถูก β - particle จากสารรังสี ionize เกิด thermal electron แล้วจะวิ่งมายังขั้วบวก ซึ่งมี voltage supply ปรับได้ 10 - 100 volts ทำให้กระแสไหลระหว่างขั้วบวก และขั้วลบคงที่ตลอดเวลา แต่เมื่อมี สารกักอย่างเข้าไประสารกักอย่างนั้น electron affinity ก็จับ electron ทำให้กระแสที่ไหลในวงจรลดลงจากเดิม กระแสที่ลดลงไปจะสัมพันธ์กับค่า ลอการิทึม ของ ความเข้มข้นของสาร



ภาพ 4 แสดงส่วนประกอบของ Electron Capture Detector

Recorder

เป็นส่วนที่แปลงสัญญาณจาก detector ออกมา อาจใช้ potentiometric type recorder ซึ่งอาศัยการเคลื่อนที่ของ motor เพื่อปรับ voltage ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง ให้เท่ากัน การเคลื่อนที่ของ motor จะเป็นสัดส่วนกับการปรับ voltage ปากกาซึ่ง ติดไว้กับ motor จะบันทึกลงบนกระดาษเป็น peak ออกมา

การดำเนินการทดลอง

เครื่องมือ

1. Gas - Liquid Chromatography Model MT - 220 ประกอบด้วย
Detector ชนิด Electron Capture (Ni^{63})
Column 3 % QF - 1, 3 % OV - 1
Carrier Gas ใช้ Nitrogen
Flow Rate 90 ml./min.
Column Temperature 200°C
Detector Temperature $275 - 290^{\circ}\text{C}$
2. Soxhlet Extractor
3. Separatory Funnel
4. Measuring Cylinder
5. Flash Evaporator
6. Sieve No. 20
7. Column
8. Glass Wool

สารเคมี

1. Hexane (analytical grade)
2. Chloroform (analytical grade)
3. Ethyl Ether (analytical grade)
4. Anhydrous Sodium Sulphate (analytical grade)

5. Florisil (analytical grade)
6. สารมาตรฐานของ p,p'-DDT, p,p'-DDE, p,p'-TDE, o,p'-DDT, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Heptachlor, และ Heptachlor epoxide

การเก็บกลุ่มตัวอย่าง

1. เก็บน้ำและตะกอนใต้น้ำ จากแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย และคลองคำเนินสะทาก จังหวัดราชบุรี
2. เก็บน้ำโดยใช้ขวดแก้วสีน้ำตาล ขนาดประมาณ 4 ลิตร บรรจุเอาน้ำในระดับก้นกว่าผิวประมาณ 1 ฟุต 1 ขวด เป็น 1 ตัวอย่าง เก็บจากแม่น้ำยม 9 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างเก็บห่างกันประมาณ 7 กิโลเมตร และเก็บจากคลองคำเนินสะทาก 9 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างห่างกันประมาณ 2 กิโลเมตร
3. เก็บตะกอนใต้น้ำ โดยการกวาดเอาผิวหน้าของตะกอนที่อยู่ใต้น้ำใช้ขวดโหลได้ประมาณ 1 กิโลกรัม 1 ขวดเป็น 1 ตัวอย่าง เก็บจากแม่น้ำยม 9 ตัวอย่าง และคลองคำเนินสะทาก 9 ตัวอย่าง โดยเก็บที่จุดเดียวกับที่เก็บน้ำ
4. เก็บน้ำและตะกอนใต้อีก 4 ครั้ง แต่ละครั้งใช้เวลาห่างกันประมาณ 1 เดือน ได้ตัวอย่างน้ำทั้งหมด 72 ตัวอย่าง และตะกอนใต้น้ำ 72 ตัวอย่างด้วย

การเตรียมตัวอย่าง

1. การเตรียมตัวอย่างน้ำ โดยเอาตัวอย่างน้ำ 800 มิลลิลิตร สกัดโดยการ partition ในกรวยแยกขนาด 1 ลิตร ด้วย n - hexane 3 ครั้ง ละ 100, 50 และ 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ น้ำยาที่สกัดได้ทั้ง 3 ครั้งมารวมกัน กรองผ่าน anhydrous sodium sulphate แล้วนำไประเหย โดยใช้ Flash Evaporator น้ำยาที่เหลือ ภายหลังการระเหย ปริมาณน้ำได้ 5 มิลลิลิตร โดยใช้ n - hexane บรรจุขวด เก็บไว้วิเคราะห์ต่อไป

2. การเตรียมตัวอย่างตะกอนใต้น้ำ เอาตัวอย่างตะกอนใต้น้ำมาตากไว้ในที่ร่ม เป็นเวลา 7 - 10 วัน แล้วทุบให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 mesh ตะกอนที่ได้เอามากระทำการนี้

2.1 การสกัดยาฆ่าแมลงจากตะกอนใต้น้ำ โดยใช้ Soxhlet Extraction ซึ่งตะกอนมา 50 กรัม ใส่ extraction thimble ใน extraction column ซึ่งต่อกับ condenser ต่อ extraction column เขาก็มีขวดกลั่น ซึ่งบรรจุ chloroform 250 มิลลิลิตร วางบน heating mantle ตั้งอุณหภูมิ 60°C ใช้เวลาสกัด 12 ชั่วโมง แล้วเอาน้ำยาที่สกัดได้มาระเหย โดยใช้ Flash Evaporator

2.2 การ Cleanup เอาน้ำยาหลังจากการระเหยมานำ cleanup column ขนาด 20 X 400 มิลลิเมตร ซึ่ง packed ด้วย florisil 15 กรัม ที่ activate ที่อุณหภูมิ 130°C แล้ว 5 ชั่วโมง และ anhydrous sodium sulphate ลง 2 นิ้ว โดย pre-wet ด้วย n-hexane 30 มิลลิลิตรก่อน แล้วจึง elute น้ำยากับ 6 % ethyl ether ใน hexane 200 มิลลิลิตร ตามด้วย 15 % ethyl ether ใน hexane 200 มิลลิลิตร เอาน้ำยาที่ผ่านการ cleanup มาะเหย โดยใช้ Flash Evaporator น้ำยาที่เหลือหลังจากการระเหยปรับปริมาตรให้ได้ 5 มิลลิลิตร โดยใช้ n-hexane บรรจุขวดเก็บไว้วิเคราะห์

2.3 ซึ่งตะกอนมา 10 กรัม นำไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 10 ชั่วโมง เอามาชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณหา moisture content

การทดสอบหาเปอร์เซ็นต์ recovery

1. หาเปอร์เซ็นต์ recovery ของวิธีการทดสอบหาฆ่าแมลงในน้ำ โดยใช้สารมาตรฐาน (Standard pesticide) p,p'-DDT และ p,p'-DDE ความเข้มข้นแต่ละตัว 0.1 nanogram / microliter ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร แล้วมาชั่งน้ำหนัก เปรียบเทียบกับการเตรียมตัวอย่างน้ำ และทำ control

โดยใช้น้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร ผ่านขบวนการเตรียมตัวอย่างน้ำ โดยไม่ใส่สารมาตรฐานลงไป
วิเคราะห์ด้วย Gas - Liquid Chromatography โครมาโทกราฟฟี recovery
เฉลี่ยอยู่ในช่วง 86 - 99

2. หาเปอร์เซ็นต์ recovery ของวิธีการทดลองหาขนาดแมลงในตะกอนดินน้ำ
โดยใส่สารมาตรฐาน (Standard pesticide) p,p'-DDT และ p,p'-DDE
แต่ละตัวมีความเข้มข้น 0.1 nanogram / microliter ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงใน
ตะกอน 50 กรัม แล้วผ่านขบวนการเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่างตะกอนดินน้ำ และทำ
control โดยใส่ตะกอน 50 กรัม วิเคราะห์ด้วย Gas - Liquid Chromatography
โครมาโทกราฟฟี recovery เฉลี่ยอยู่ในช่วง 79 - 98

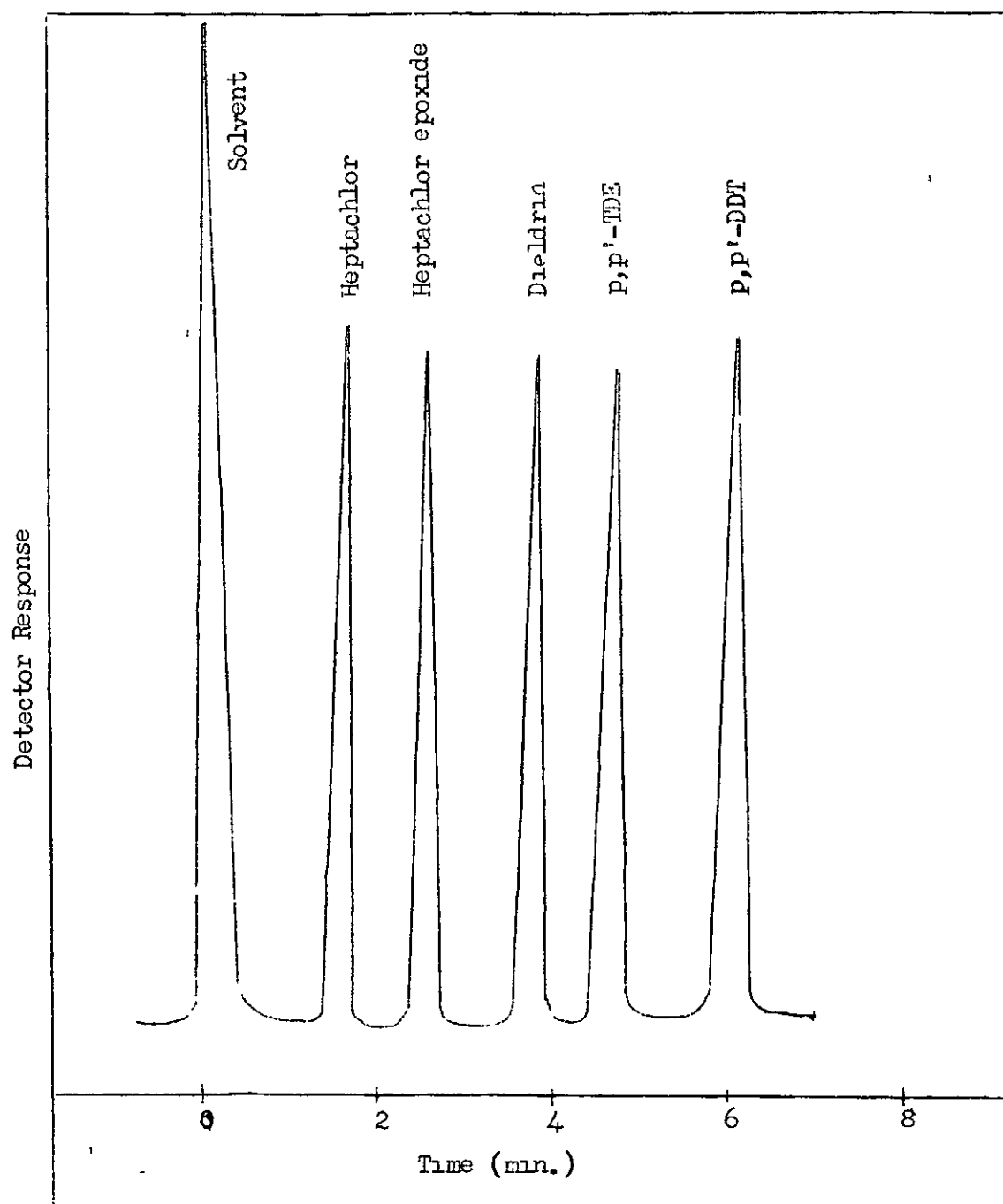
การวิเคราะห์ด้วย Gas - Liquid Chromatography

1. ใช้ micro syringe ๑๐๐ ไมครอลิตร ๑๐๐ ไมครอลิตร และ ๐.๑ ไมครอลิตร/
microliter ปริมาณ 3 - 5 microliter ฉีดเข้าเครื่อง Gas-Liquid Chromato-
graph จะปรากฏเป็น peak ของสารมาตรฐานแต่ละตัวออกมา

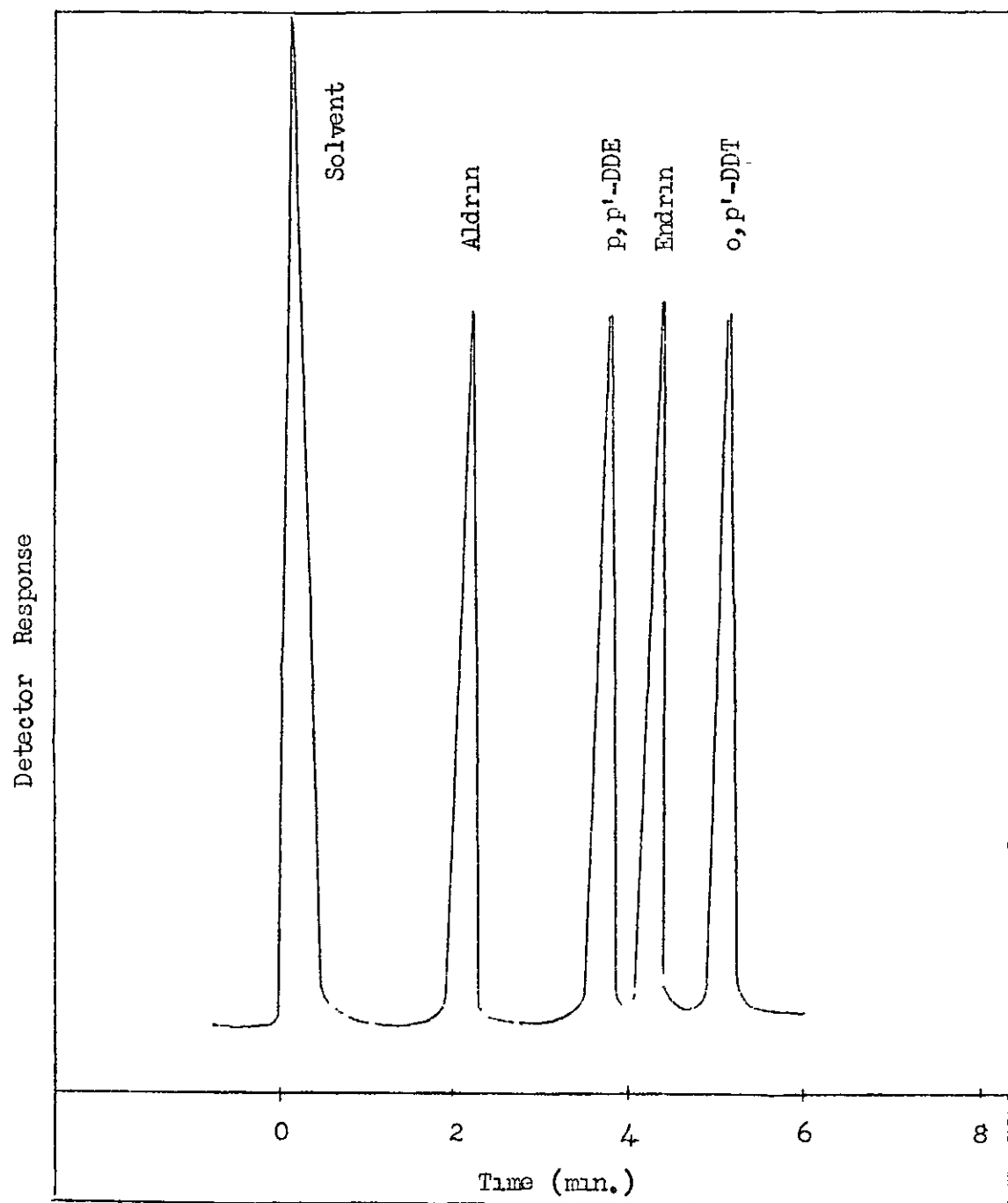
2. หลังจากฉีดสารมาตรฐานแล้ว ก็ใช้ micro syringe ๑๐๐ ไมครอลิตร และ ๐.๑ ไมครอลิตร/
microliter ปริมาณ 3 - 5 microliter ฉีดเข้าเครื่อง Gas - Liquid Chromatograph จะ
ปรากฏออกมาเป็น peak ของสารแต่ละตัวที่ประกอบอยู่ในสารตัวอย่าง

3. ทาหนักของยาฆ่าแมลงได้โดยการเปรียบเทียบ ค่า retention time กับ
สารมาตรฐาน ถ้าเป็นสารชนิดเดียวกันจะมีค่า retention time เท่ากัน และเราอาจ
ไล่ระยะจาก peak ของ solvent ไปยังยอด peak ของสาร เปรียบเทียบกันแทนค่า
retention time ก็ได้

4. หาปริมาณของยาฆ่าแมลง โดยการเปรียบเทียบพื้นที่ใต้ peak ของสารนั้น
กับของสารมาตรฐานชนิดเดียวกัน

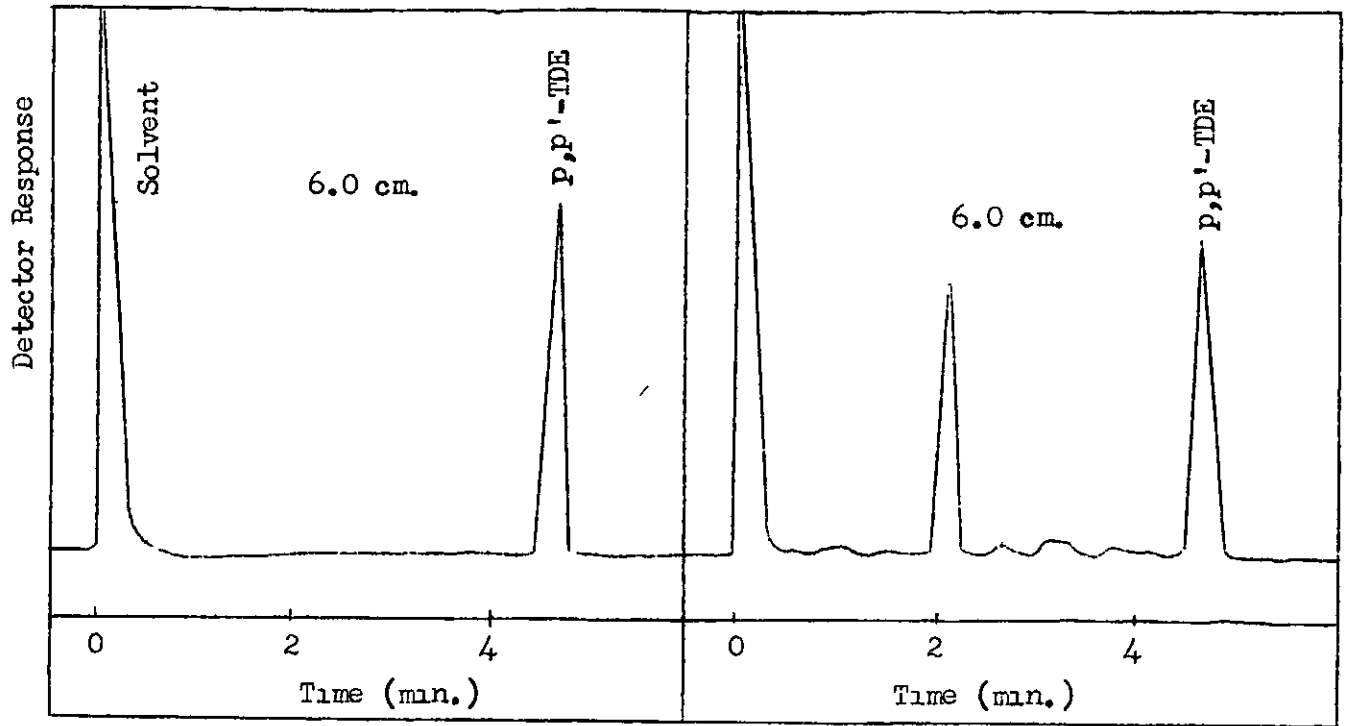


ภาพ 5 แสดง Chromatogram ของสารมาตรฐาน Heptachlor, Heptachlor epoxide, Dieldrin, p,p'-TDE, และ p,p'-DDT จาก column 3 % OV-1



ภาพ 6 แสดง Chromatogram ของสารมาตรฐาน Aldrin, p,p'-DDE, Endrin, และ o,p'-DDT. ใช้ column 3 % OV-1

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณ p,p'-TDE



ก. Chromatogram ของสารมาตรฐาน
p,p'-TDE 0.3 ng/3 μ l

ข. Chromatogram ของสารตัวอย่าง 3 μ l

ภาพ 7 แสดง Chromatogram ของสารมาตรฐานและสารตัวอย่าง

$$\begin{aligned}
 \text{ในสารมาตรฐาน p,p'-TDE มีพื้นที่ peak} &= \bar{x} \times \text{ฐาน} \times \text{สูง} \\
 &= \bar{x} \times 0.4 \times 4.6 \text{ cm}^3 \\
 &= 0.92 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ในสารตัวอย่าง p,p'-TDE มีพื้นที่ peak} &= \frac{1}{2} \times \text{ฐาน} \times \text{สูง} \\
 &= \frac{1}{2} \times 0.45 \times 4.0 \text{ cm}^3 \\
 &= 0.9 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{พื้นที่ peak } 0.92 \text{ cm}^3 \text{ จะมี p,p'-TDE} = 0.3 \text{ ng}$$

$$\text{พื้นที่ peak } 0.9 \text{ cm}^3 \text{ จะมี p,p'-TDE} = \frac{0.3 \times 0.9}{0.92} \text{ ng}$$

$$\text{สารตัวอย่าง } 3 \mu\text{l} \text{ จะมี p,p'-TDE} = \frac{0.3 \times 0.9}{0.92} \text{ ng}$$

$$\text{ฉะนั้นสารตัวอย่างทั้งหมด } 5 \text{ ml (5000 } \mu\text{l) จะมี p,p'-TDE} = \frac{0.3 \times 0.9 \times 5000}{0.92 \times 3} \text{ ng}$$

$$\text{น้ำหนักตะกอนไอน้ำ } 50 \text{ g จะมี p,p'-TDE} = \frac{0.3 \times 0.9 \times 5000}{0.92 \times 3} \text{ ng}$$

$$\text{ตะกอนไอน้ำ } 1 \text{ g จะมี p,p'-TDE} = \frac{0.3 \times 0.9 \times 5000}{0.92 \times 3 \times 50} \text{ ng}$$

$$= \frac{0.01 \times 0.9 \times 1000}{0.92} \text{ ng}$$

$$= \frac{0.01 \times 0.9}{0.92} \mu\text{g}$$

$$\text{ในตะกอนไอน้ำจะมี p,p'-TDE} = .0098 \text{ ppm}$$

การวิเคราะห์ข้อมูล และผลการทดลอง

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าเฉลี่ย (mean) โดยใช้สูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของปริมาณยาฆ่าแมลง

$\sum X$ = ผลรวมของปริมาณยาฆ่าแมลง

N = จำนวนตัวอย่างน้ำ หรือตะกอนใต้น้ำ

ในการวิเคราะห์ข้อมูลให้หาค่าเฉลี่ยของ

1.1 ค่าเฉลี่ยปริมาณยาฆ่าแมลงในน้ำ แม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย

ของการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง และค่าเฉลี่ยทั้งหมด

1.2 ค่าเฉลี่ยปริมาณยาฆ่าแมลงในตะกอนใต้น้ำ แม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย

ของการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง และค่าเฉลี่ยทั้งหมด

1.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณยาฆ่าแมลงในน้ำ คลองกำเนินสะควก จังหวัด-

ราชบุรี ของการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง และค่าเฉลี่ยทั้งหมด

1.4 ค่าเฉลี่ยปริมาณยาฆ่าแมลงในตะกอนใต้น้ำ คลองกำเนินสะควก

จังหวัดราชบุรี ของการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง และค่าเฉลี่ยทั้งหมด

2. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) โดยใช้สูตร

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

เมื่อ S.D. = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X = ปริมาณยาฆ่าแมลงในแต่ละตัวอย่าง

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยปริมาณยาฆ่าแมลง

N = จำนวนตัวอย่างน้ำ เรือตะกอนใต้น้ำ

ตาราง 1 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณยาฆ่าแมลงในน้ำ แบน่ายบ จังหวัดอุทัย
ของการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง และค่าเฉลี่ยทั้งหมด (เป็น ppb)

ครั้งที่เก็บ ตัวอย่าง	ปริมาณยาฆ่าแมลงเป็น ppb	
	p,p'- DDT	p,p'- DDE
1	0.1	Tr
2	0.07	0.12
3	0.01	Tr
4	Tr	Tr
$\bar{X}$	0.04	0.02
S.D.	0.06	0.06

ตาราง 2 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณยาฆ่าแมลงในตะกอนดินน้ำ แบน้ำยม
จังหวัดสุโขทัย ของการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง และค่าเฉลี่ย
ทั้งหมด (เป็น ppb)

ครั้งที่เก็บ ตัวอย่าง	ปริมาณยาฆ่าแมลงเป็น ppb				
	p,p'- DDT	p,p'- DDE	p,p'- TDE	o,p'- DDT	Aldrin
1	6.56	4.0	7.44	0.56	Tr
2	6.22	4.44	7.78	0.11	Tr
3	1.33	1.22	1.0	Tr	1.33
4	2.75	2.25	3.38	0.13	Tr
$\bar{X}$	4.26	3.0	4.94	0.2	0.34
S.D	3.13	2.3	4.24	0.63	0.8

ตาราง 3 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณยาฆ่าแมลงในน้ำ คลองจำเนียงสะทาก
จังหวัดราชบุรี ของการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง และค่าเฉลี่ย
ทั้งหมด (เป็น ppb)

ครั้งที่เก็บ ตัวอย่าง	ปริมาณยาฆ่าแมลงในน้ำ ppb			
	p,p'- DDT	p,p'- DDE	p,p'- DDE	Dieldrin
1	0.07	0.12	0.08	Tr
2	0.11	0.13	0.09	0.04
3	0.04	0.02	0.02	Tr
4	0.06	0.24	0.08	Tr
$\bar{X}$	0.07	0.13	0.07	0.02
S.D.	0.06	0.1	0.07	0.04

ตาราง 4 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณยาฆ่าแมลงในตะกอนใต้น้ำ ถอดองค์าเนินสะกวก
จังหวัดราชบุรี ของการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง และค่าเฉลี่ย
ทั้งหมด (เป็น ppb)

ครั้งที่เก็บ ตัวอย่าง	ปริมาณยาฆ่าแมลงเป็น ppb				
	p,p' - DDT	p,p' - DDE	p,p' - DDE	o,p' - DDT	Dieldrin
1	20.56	9.89	25.44	0.56	3.22
2	11.11	6.56	15.11	1.11	4.56
3	9.22	18.67	13.33	6.89	5.78
4	8.44	6.89	20.56	Tr	4.56
$\bar{X}$	12.33	10.5	18.61	2.14	4.53
S.D	10.66	5.78	10.27	3.23	3.8

ตาราง 5 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณยาฆ่าแมลงในน้ำ และตะกอนใต้น้ำ ใน
แม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย และคลองกาเนินสะเทวก จังหวัดราชบุรี
ตลอดการเก็บตัวอย่างทั้ง 4 ครั้ง (เป็น ppb)

ชื่อ ยาฆ่าแมลง	แม่น้ำยม		คลองกำเนินสะเทวก	
	น้ำ	ตะกอนใต้น้ำ	น้ำ	ตะกอนใต้น้ำ
p,p'- DDT	0.04	4.26	0.07	12.33
p,p'- DDE	0.02	3.0	0.13	10.5
p,p'- TDE	Tr	4.94	0.07	18.61
o,p'- DDT	Tr	0.2	Tr	2.14
Aldrin	Tr	0.34	Tr	Tr
Dieldrin	Tr	Tr	0.02	4.53

ผลการเปรียบเทียบปริมาณยาฆ่าแมลงในแหล่งน้ำเดียวกัน

1. แ่งน้ำยม จังหวัดสุโขทัย

- | | | |
|-----|-----------------|--|
| 1.1 | พม p,p' - DDT | สะสมอยู่ในตะกอนใต้น้ำสูงกว่าในน้ำ 100 เท่า |
| 1.2 | พม p,p' - DDE | สะสมอยู่ในตะกอนใต้น้ำสูงกว่าในน้ำ 141 เท่า |

2. กลองคำเนินสะวก จังหวัดราชบุรี

- | | | |
|-----|-----------------|--|
| 2.1 | พม p,p' - DDT | สะสมอยู่ในตะกอนใต้น้ำสูงกว่าในน้ำ 177 เท่า |
| 2.2 | พม p,p' - DDE | สะสมอยู่ในตะกอนใต้น้ำสูงกว่าในน้ำ 80 เท่า |
| 2.3 | พม p,p' - TDE | สะสมอยู่ในตะกอนใต้น้ำสูงกว่าในน้ำ 279 เท่า |
| 2.4 | พม Dieldrin | สะสมอยู่ในตะกอนใต้น้ำสูงกว่าในน้ำ 204 เท่า |

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และขอเสนอแนะ

ความมุ่งหมาย

1. เพื่อหาชนิดและปริมาณของยาฆ่าแมลงพวก คลอรีเนตเกิดไฮโดรคาร์บอน ที่ตกค้างอยู่ในน้ำและตะกอนใต้น้ำ ในแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย และคลองดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของยาฆ่าแมลงที่ตกค้างอยู่ในน้ำและตะกอนใต้น้ำ ของแหล่งน้ำเดียวกัน

กลุ่มตัวอย่าง

เก็บน้ำและตะกอนใต้น้ำ จากแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย และคลองดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี โดยเก็บน้ำและตะกอนใต้น้ำที่จุดเดียวกัน

วิธีดำเนินการ

สกัดยาฆ่าแมลงจากน้ำ โดยการ partition ด้วย hexane ในกรวยแยก ส่วนตะกอนใต้น้ำ ที่งัวให้แห้ง แล้วสกัดด้วย Chloroform ใน Soxhlet Extractor แล้ว Cleanup ด้วย 6% และ 15% ethyl ether ใน hexane ผ่าน florisil column

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

Gas - Liquid Chromatography Model MT-220 ใช้ detector ชนิด electron capture (Ni^{63})

การวิเคราะห์ข้อมูล

หาค่าเฉลี่ย (mean) และ ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของปริมาณแมลงแต่ละชนิด

ผลการทดลอง

1. ชนิดและปริมาณของยาฆ่าแมลงที่พบในแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย และคลองคำเนินสะวก จังหวัดราชบุรี มีดังนี้

ตาราง 6 แสดงชนิดและปริมาณของยาฆ่าแมลงที่พบในน้ำและตะกอนใต้น้ำ เป็น ppb ในแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย และคลองคำเนินสะวก จังหวัดราชบุรี

ชนิด ยาฆ่าแมลง	แม่น้ำยม		คลองคำเนินสะวก	
	น้ำ	ตะกอนใต้น้ำ	น้ำ	ตะกอนใต้น้ำ
p,p'- DDT	0.04	4.26	0.07	12.33
p,p'- DDE	0.02	3.0	0.13	10.5
p,p'- TDE	Tr	4.94	0.07	18.61
o,p'- DDT	Tr	0.2	Tr	2.14
Aldrin	Tr	0.34	Tr	Tr
Dieldrin	Tr	Tr	0.02	4.53

2. ทั้งในแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย และคลองคำเนินสะวก จังหวัดราชบุรี ปรากฏว่า ยาช่าแมลงทุกชนิดที่พบในน้ำ จะพบอยู่ในตะกอนใต้น้ำด้วย และยาช่าแมลงทุกชนิดที่พบในตะกอนใต้น้ำ จะมีปริมาณสูงกว่าในน้ำ

อภิปรายผลการทดลอง

1. วาณผลการศึกษายาช่าแมลงในแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย และคลองคำเนินสะวก จังหวัดราชบุรี ปรากฏว่ายาช่าแมลงทุกชนิดที่พบในน้ำ จะพบในตะกอนใต้น้ำด้วย และพบในตะกอนใต้น้ำมีปริมาณสูงกว่า แสดงว่ายาช่าแมลงเมื่อลงสู่แหล่งน้ำแล้ว เนื่องจากสารพวกนี้ไม่ค่อยละลายน้ำส่วนใหญ่มักตกตะกอนลงไป จึงเป็นเหตุให้มียาช่าแมลงสะสมอยู่ในตะกอนใต้น้ำสูงกว่าในน้ำ ส่วนยาช่าแมลงที่พบในตะกอนใต้น้ำ แต่ไม่พบในน้ำ อาจเป็นเพราะว่ายาช่าแมลงชนิดนั้นไต่ลงสู่แหล่งน้ำมาเป็นเวลานาน แล้วยาช่าแมลงตกตะกอนลงไปเรื่อย ๆ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของสภาพน้ำในแหล่งน้ำ และการพัดพาของกระแสน้ำ ก็จะทำให้มียาช่าแมลงอยู่ในน้ำบริเวณนั้นน้อยลงจนตรวจไม่พบ

2. การเก็บตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย มาวิเคราะห์หายาช่าแมลง ปรากฏว่าในตัวอย่าง 2 ครั้งแรกที่เก็บพบยาช่าแมลงในหลายตัวอย่าง แต่ตัวอย่างเก็บครั้งที่ 3 พบยาช่าแมลงเพียง 2 ตัวอย่าง และมีปริมาณน้อย ส่วนตัวอย่างเก็บครั้งที่ 4 ไม่พบยาช่าแมลงเลย ที่เป็นเช่นนี้คงเป็นเพราะ 2 ครั้งแรกที่เก็บตัวอย่าง ตรงกับหน้าแล้ง น้ำในแม่น้ำมีน้อย ความเข้มข้นของยาช่าแมลงจึงสูง แต่ 2 ครั้งหลัง น้ำในแม่น้ำมีมาก ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มข้นของยาช่าแมลงลดลงจึงตรวจไม่พบ

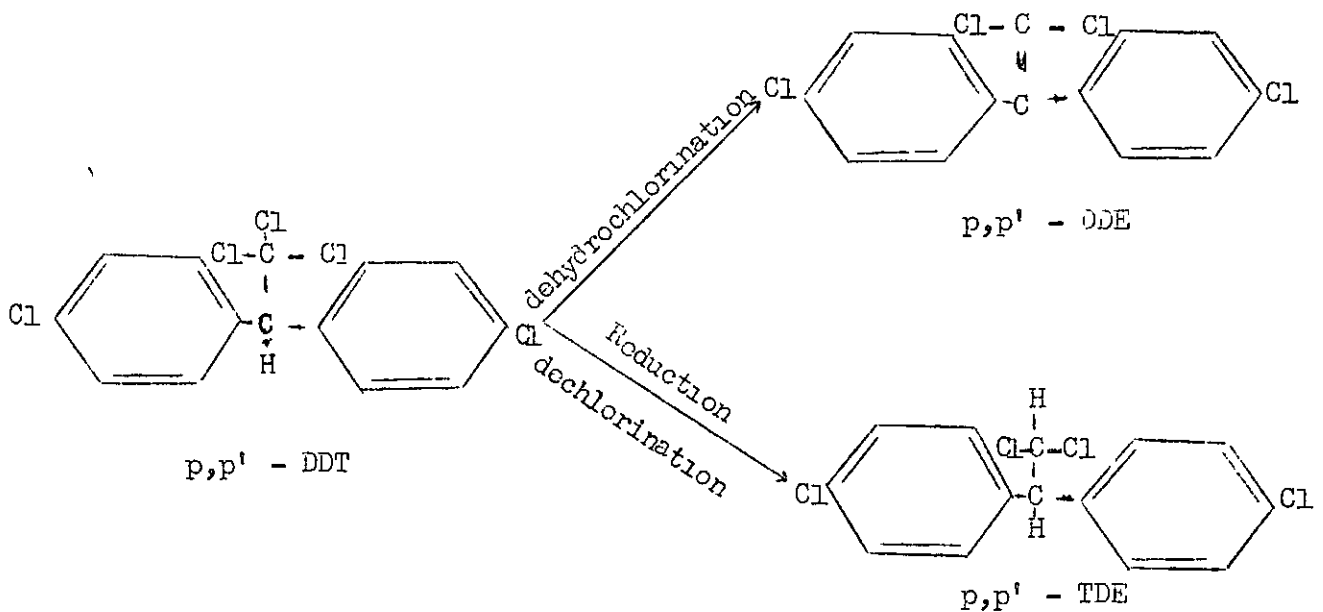
สำหรับคลองคำเนินสะวก จังหวัดราชบุรี แม้ปริมาณน้ำจะมากขึ้น ก็ยังคงพบยาช่าแมลง ทั้งนี้เพราะคลองคำเนินสะวกเป็นแหล่งน้ำขนาดเล็กไม่ใหญ่ น้ำที่เพิ่มขึ้นจึงไม่มาก และที่สำคัญคือ คลองคำเนินสะวกมีการเกษตรกรรมอยู่ริมคลอง เพื่อผลิตก็จะชะเอายาช่าแมลงที่ไ้ใช้ในการเกษตรซึ่งตกค้างอยู่ในดินลงสู่ลำคลอง ยาช่าแมลง

ในคลองจึงเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นมาด้วย

3. น้ำจากแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย ทั้งหมด 33 ตัวอย่าง ตรวจพบ p,p'-DDT 15 ตัวอย่าง ปริมาณสูงสุด 0.2 ppb และ p,p'-DDE 5 ตัวอย่าง ปริมาณสูงสุด 0.3 ppb ส่วนตะกอนใต้น้ำ ทั้งหมด 35 ตัวอย่าง ตรวจพบ p,p'-DDT 33 ตัวอย่าง ปริมาณสูงสุด 1/4 ppb p,p'-DDE 32 ตัวอย่าง ปริมาณสูงสุด 10 ppb p,p'-TDE 32 ตัวอย่าง ปริมาณสูงสุด 21 ppb o,p'-DDT 4 ตัวอย่าง ปริมาณสูงสุด 3 ppb และ Aldrin 7 ตัวอย่าง ปริมาณสูงสุด 3 ppb

สำหรับคลองดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี ตัวอย่างน้ำทั้งหมด 36 ตัวอย่าง ตรวจพบ p,p'-DDT 27 ตัวอย่าง ปริมาณสูงสุด 0.2 ppb p,p'-DDE 28 ตัวอย่าง ปริมาณสูงสุด 0.4 ppb p,p'-TDE 23 ตัวอย่าง ปริมาณสูงสุด 0.2 ppb และ Dieldrin 2 ตัวอย่าง ปริมาณสูงสุด 0.2 ppb ส่วนตะกอนใต้น้ำ ทั้งหมด 36 ตัวอย่าง ตรวจพบ p,p'-DDT 30 ตัวอย่าง ปริมาณสูงสุด 40 ppb p,p'-DDE 36 ตัวอย่าง ปริมาณสูงสุด 26 ppb p,p'-TDE 36 ตัวอย่าง ปริมาณสูงสุด 43 ppb o,p'-DDT 17 ตัวอย่าง ปริมาณสูงสุด 10 ppb และ Dieldrin 27 ตัวอย่าง ปริมาณสูงสุด 13 ppb

จะเห็นได้ว่าทั้งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย และคลองดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี ยากำแพงที่พบมีปริมาณสูงสุดในน้ำคือ p,p'-DDE และในตะกอนใต้น้ำ คือ p,p'-TDE ซึ่งยากำแพง 2 ตัวนี้ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ p,p'-DDT



4. ถ้าเปรียบเทียบระหว่างคลองคำเนินสะควก จังหวัดราชบุรี กับ แม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย พบว่ายาฆ่าแมลงทุกชนิดที่พบในคลองคำเนินสะควก มี ปริมาณสูงกว่าที่พบในแม่น้ำยม ซึ่งสอดคล้องกับสภาพที่สังเกตได้คือ คลองคำเนินสะควก เป็นแหล่งน้ำขนาดเล็ก และใช้น้ำเพื่อการเกษตรโดยเฉพาะ ริมคลองเป็นที่ทำการ เพาะปลูก และใช้ยาฆ่าแมลงกันมาก การชะล้างของน้ำฝน รวมทั้งการระบายน้ำลงสู่ลำคลอง ยาฆ่าแมลงจึงมีโอกาสลงไปถึงสะสมอยู่ไ้มากกว่าในแม่น้ำยม ซึ่งเป็นแหล่งน้ำ ขนาดใหญ่กว่า และการเกษตรมีกระจายห่างบนน้ำออกไป รวมถึงกระแสน้ำทำให้ ตะกอนใต้น้ำมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา แต่ก็เป็นที่น่าสังเกตว่า แม้ตะกอนใต้น้ำ จะมีการเปลี่ยนแปลงก็ตาม ก็ยังพบยาฆ่าแมลงในตะกอนใต้น้ำอยู่ทั่วไป แสดงว่ายา-ฆ่าแมลงกระจายอยู่ทั่วไปหมดในตะกอนใต้น้ำ

5. จากการศึกษานาชนิดและปริมาณของยาฆ่าแมลงที่ตกค้างในดิน จังหวัด-สุโขทัย(4) ซึ่งเก็บตัวอย่างเวลาเดียวกับที่เก็บตัวอย่างน้ำ และตะกอนใต้น้ำในแม่น้ำยม ปรากฏว่าในดินพบ Endrin 80.4 ppb p,p' - DDT 60.9 ppb p,p' - TDE 12.5 ppb Aldrin 2.6 ppb p,p' - DDE 64.2 ppb o,p' -DDT 6.8 ppb Heptachlor 0.2 ppb Heptachlor epoxide 5.1 ppb และ δ' - Chlordane 4.9 ppb ยาฆ่าแมลงทุกชนิดที่พบในดินจะมีปริมาณสูงกว่าที่พบในน้ำและตะกอนใต้น้ำ

ในแม่น้ำยม ทั้งนี้เพราะดินเป็นแหล่งที่สะสมยาฆ่าแมลงโดยตรง จึงมียาฆ่าแมลงสะสมอยู่มาก ยาฆ่าแมลงที่สะสมอยู่ในแหล่งน้ำ เป็นยาฆ่าแมลงเพียงบางส่วนจากดินที่ถูกชะล้างด้วยน้ำฝนหรือน้ำที่ใช้ในการเกษตรลงสู่แหล่งน้ำ

6. จากการเก็บรักษาปริมาณวัตถุมีพิษที่ใช้ในทางเกษตรกรรมในปลาน้ำจืดและปลาน้ำเค็ม(7) โดยการเก็บตัวอย่างปลาในตลาดกรุงเทพมหานคร มาวิเคราะห์ พบ Heptachlor 4.8 ppb Aldrin 3 ppb Heptachlor epoxide 4.1 ppb p,p'- DDE 8.8 ppb Dieldrin 6.1 ppb Endrin 7.5 ppb p,p'- TDE 13.7 ppb o,p'- DDT 0.7 ppb และ p,p'- DDT 12.5 ppb ยาฆ่าแมลงทุกชนิดมีปริมาณสูงกว่าที่พบในน้ำ แม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย และคลองดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี แต่มีปริมาณใกล้เคียงกับที่พบในตะกอนใต้น้ำในคลองดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี และ พบ p,p'- TDE เป็นยาฆ่าแมลงที่มีปริมาณสูงสุดเช่นเดียวกัน

7. จากการเก็บตัวอย่างน้ำ(1) จากแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย และคลองดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี ในปี 2517 มาวิเคราะห์หาปริมาณยาฆ่าแมลง ปรากฏว่าไม่พบยาฆ่าแมลงในแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย แต่ในคลองดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี พบ Dieldrin 0.5 ppb p,p'- DDT 0.6 ppb และ p,p'- TDE 0.2 ppb ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าที่พบในการศึกษาครั้งนี้

8. ยาฆ่าแมลงที่พบในน้ำ แม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย และคลองดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี จากการศึกษารังนี้ ยังมีปริมาณต่ำกว่า ที่ National Technical Advisory Committee to the Secretary of the Interior (22) ของอเมริกา กำหนดไว้สำหรับ public water supplies ซึ่งกำหนดให้มี Aldrin ไม่เกิน 17 ppb DDT 42 ppb Dieldrin 17 ppb Endrin 1 ppb Heptachlor 18 ppb และ Heptachlor epoxide 18 ppb แต่ปริมาณยาฆ่าแมลงที่พบเกินขีดความปลอดภัยของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ปริมาณที่มีได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ(21) คือ Aldrin ไม่เกิน .01 ppb DDT .002 ppb TDE .006 ppb Dieldrin .005 ppb Endrin .002 ppb และ Heptachlor .01 ppb

ข้อเสนอแนะ

1. ควรจะมีการศึกษาหาสารฆ่าแมลงในน้ำ ตะกอนใต้น้ำ พืช และสัตว์น้ำ เช่น ปลา กุ้ง หอย ในแหล่งน้ำเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบกัน
2. ควรจะมีการศึกษาหาวัตถุมีพิษพวก Chlorinated Hydrocarbons พวก Organophosphates พวก Carbamates และพวก Polychlorinated biphenyl (PCBs) ในแหล่งน้ำต่าง ๆ
3. ควรจะมีการศึกษาหาสารฆ่าแมลงในน้ำ และตะกอนใต้น้ำในแหล่งน้ำ โดยใช้เวลานานกว่านี้ อาจใช้เวลา 1 - 2 - 3 ปี เพื่อการเปลี่ยนแปลง
4. ในการสกัดยาฆ่าแมลงออกจากน้ำ เพื่อประหยัด Solvent ที่ใช้สกัด แต่คงให้สกัดยาฆ่าแมลงออกจากน้ำได้มาก สามารถทำได้โดยการลดปริมาณ Solvent ที่ใช้ลง แต่ต้องเพิ่มจำนวนครั้งของการสกัด เช่น แทนที่จะใช้ hexane 200 ml สกัด 3 ครั้ง ๆ ละ 100 50 และ 50 ml ตามลำดับ อาจใช้ hexane 180 ml สกัด 4 ครั้ง ๆ ละ 80 40 30 และ 30 ml ตามลำดับ
5. การสกัดตะกอนใต้น้ำ โดยใช้ Soxhlet Extractor ควรป้องกันไม่ให้ลมพัดผ่าน เพราะลมที่มากกระทบจะทำให้ Extraction Column เย็นลง ใสของ Solvent ที่ขึ้นมาก็จะควบแน่นตกกลับลงไปเสียก่อนที่จะผ่านตะกอนใน Thimble ทำให้การสกัดไม่ได้ผล.

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- 1 นวลศรี ทพพัชร งานวิจัยวัตถุมีพิษตกค้างในน้ำ รายงานการวิจัย กรมวิชาการ-เกษตร โรเนียว 2518, 8 หน้า.
- 2 ประยูร กิ่งา ยาป้องกันกำจัดศัตรูพืช มนุษย์ และสัตว์ เอกสารวิชาการ โครงการวิจัยวัตถุมีพิษ กรมกสิกรรม กระทรวงเกษตร 2510, 59 หน้า.
- 3 ประยูร กิ่งา วัตถุมีพิษที่ใช้ในการเกษตรและสาธารณสุข เอกสารวิชาการที่ 14 กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2517, 513 หน้า.
- 4 มุกดา ประสพศิลป์ การหาชนิดและปริมาณของยาฆ่าแมลงที่ตกค้างในดิน จังหวัดสุโขทัย ปรินิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต 2519, 53 หน้า.
- 5 ล้วน สายยศ สถิติวิทยาทางการศึกษา วัฒนาพานิช 2515, 280 หน้า.
- 6 สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ปฏิกิริยาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โรงพิมพ์อักษรประเสริฐ 2516, 131 หน้า.
- 7 สุทธิพร วงศ์คำ การศึกษาระดับปริมาณวัตถุมีพิษที่ใช้ในทางเกษตรกรรมในปลาน้ำจืดและปลาน้ำเค็ม ปรินิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต 2519, 82 หน้า.
- 8 Barthel, W.F., "Pesticides in Water", Pesticides Monitoring Journal, 3(1) : 8 - 16, 1969.
- 9 Bevenue, A., Hylin, J.W., and kawano, Y., Pesticides Monitoring Journal, Vol.6, pp.56 - 64, 1972.
- 10 Faust, Samual D., and Suffet, Irwin H., "Recovery, Separation, and Identification of Organic Pesticides from Natural and Potable Water", Residue Reviews, vol.15, pp.44 - 116, 1966.

- 11 Fredeen, F.J.H., Arnason, A.P., and Berck, B., "Adsorption of DDT on Suspended Solids in River Water and Its Role in Black-Fly Control", Nature, vol.171, p.700, 1953.
- 12 Goerlitz, Donald F., and Law, Leroy M. "Determination of Chlorinated Insecticides in Suspended Sediment and Bottom Material", Journal of the AOAC, 57(1) : 176 - 181, 1974.
- 13 Guiochon, G., and Pommier, C., Gas Chromatography in Inorganics and Organometallics. Ann Arbor, Mich. Ann Arbor Science Publishers, 1973, pp.53 - 65.
- 14 Hindin, E., May, Don S., and Dunstan, Gilbert H., "Collection and Analysis of Synthetic Organic Pesticide from Surface and Ground Water", Residue Reviews, vol.7, pp.130 - 152, 1964.
- 15 Jone, J.R. Erichsen, "Insecticides and Herbicides", Fish and River Pollution, London, Butterworths, 1964, pp.128 - 141.
- 16 Kahanovitch, Yair, and Lahav, Noam, "Occurance of Pesticides in Selected Water Source in Israel", Environmental, 8(8) : 762 - 767, 1974.
- 17 Leathard, D.A., and Shurlock, B.C., Identification Techniques in Gas Chromatography, London, Wiley - Interscience, 1970, pp.5 - 11.
- 18 Leithe, W., The Analysis of Organic Pollutants in Water and Waste Water, Ann Arbor, Mich. Ann Arbor Science Publishers, 1973, pp.87 - 100.
- 19 Manigold, Douglas B., and Schulze, Jean A., "Pesticides in Water" Pesticides Monitoring Journal, 3(2) : 124 - 136, 1969.
- 20 Mc. Nair, H.M., and Bonelli, E.J., Basic Gas Chromatography, California, 1969, 306 pp.

- 21 National Academy of Science, Water Quality Criteria, Washington, D.C., 1972, pp.185 - 186.
- 22 National Technical Advisory Committee to the Secretary of the Interior, Water Quality Criteria, Washington, D.C., 1968, pp.17 - 83.
- 23 Rosen, A.A., and Middleton, F.M., "Chlorinated Insecticides in Surface Water", Anal. Chem., vol.31, p.1727, 1959.
- 24 Sand, Paul F., "Monitoring Water, Food, and Soil for Pesticide Residues", Speakers at Pesticide Applicators' Short Courses, "no date", pp. II - G - 3 - II - G - 7.
- 25 Willard, Hobart Hard, Instrumental Methods of Analysis, Princeton, N.J., Van Nostrand, 1965, pp.495 - 522.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ข.

สถานที่และเวลาที่เก็บตัวอย่าง

ภาคผนวก ก.

ชื่อทางเคมีของยาฆ่าแมลงที่วิเคราะห์หา

p, p'-DDT	= 1, 1, 1- trichloro-2, 2-bis (p-chlorophenyl) ethane
o, p'-DDT	= 1, 1, 1-trichloro-2-(o-chlorophenyl)-2-(p-chlorophenyl)ethane
p, p'-DDE	= 1, 1-dichloro-2,2-bis (p-chlorophenyl) ethylene
p, p'-TDE	= 1, 1,-dichloro-2,2-bis(p-chlorophenyl)ethane(p, p'-DDD)
Aldrin	= 1,2,3,4,10,10-hexachloro-1, 4, 4a, 5, 8, 8a-hexahydro -1, 4- <u>endo</u> - <u>exo</u> - 5, 8 - dimethanonaphthalene.
Dieldrin	= 1, 2, 3, 4, 10, 10-hexachloro-6, 7-epoxy-1, 4, 4a, 5, 6, 7, 8, 8a-octahydro-1, 4- <u>endo</u> <u>exo</u> - 5, 8 - dimethanonaphthalene
Endrin	= 1, 2, 3, 4, 10, 10-hexachloro-6, 7-epoxy-1, 4, 4a, 5, 6, 7, 8, 8a - octahydro - 1, 4 - <u>endo</u> - <u>endo</u> - 5, 8 - dimethanonaphthalene
Heptachlor	= 1, 4, 5, 6, 7, 8, 8-heptachloro-3a, 4, 7, 7a-tetrahydro -4, 7-methanoindene
Heptachlor epoxide	= 1, 4, 5, 6, 7, 8, 8-heptachloro-2, 3-epoxy- 3a, 4, 7, 7a-tetrahydro-4,7-methanoindan.

ตาราง 7 แสดงจุดที่เก็บตัวอย่างน้ำจะตะกอนใต้น้ำในแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย

จุดที่	สถานที่		
1	ก. ป่าจั่ว	อ. เจริญนาถชัย	จ. สุโขทัย
2	แก่งหลวง	อ. ศรีสำริด	จ. สุโขทัย
3	ค. ท่าชัย	อ. ศรีสำริด	จ. สุโขทัย
4	ตัวอำเภอ สวรรคโลก		จ. สุโขทัย
5	ค. คลองกระพ	อ. สวรรคโลก	จ. สุโขทัย
6	ค. กลองทาด	อ. ศรีสำริด	จ. สุโขทัย
7	ค. ทัพเฒ่า	อ. ศรีสำริด	จ. สุโขทัย
8	ค. ปากแคว	อ. เมือง	จ. สุโขทัย
9	บ้านหลุม	อ. เมือง	จ. สุโขทัย

ตาราง 8 แสดงจุดที่เก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนใต้น้ำในคลองกำเนินหะเวก จังหวัดราชบุรี

จุดที่	สถานที่		
1	คลองขี้วัว	อ. กำเนินสะทก	จ. ราชบุรี
2	คลองวัดชุมพล	อ. กำเนินสะทก	จ. ราชบุรี
3	คลองตาเระ	อ. กำเนินสะทก	จ. ราชบุรี
4	คลองตากกก	อ. กำเนินสะทก	จ. ราชบุรี
5	คลองขุนเฮง	อ. กำเนินสะทก	จ. ราชบุรี
6	คลองร้านใหญ่	อ. กำเนินสะทก	จ. ราชบุรี
7	คลองตาเริง	อ. กำเนินสะทก	จ. ราชบุรี
8	คลองนกระยาง	อ. กำเนินสะทก	จ. ราชบุรี
9	คลองตากัว	อ. กำเนินสะทก	จ. ราชบุรี

หมายเหตุ คลองเหล่านี้เป็นคลองย่อยที่แยกจากคลองกำเนินสะทก

ตาราง 9 วันที่เก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนใต้น้ำ จากแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย

เก็บครั้งนี้	วัน เดือน ปี	สภาพแม่น้ำ
1	12 เมษายน 2518	ตรงกับหน้าแล้ง น้ำในแม่น้ำน้อย
2	18 พฤษภาคม 2518	น้ำในแม่น้ำน้อย เกือบกว่าครึ่ง เก็บตัวอย่างครั้งแรก เพราะ มีฝนตกบ้าง
3	25 มิถุนายน 2518	น้ำเกือบเต็มแม่น้ำ น้ำขุ่นและไหลเชี่ยว
4	26 กรกฎาคม 2518	น้ำเต็มแม่น้ำ น้ำขุ่นและไหลเชี่ยว

ตาราง 10 วันที่เก็บตัวอย่างน้ำ และตะกอนใต้ผิวน้ำจากคลองกำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี

เก็บครั้งที่	วัน เดือน ปี	สภาพคลอง
1	23 เมษายน 2518	น้ำในลำคลองมีน้อย น้ำขุ่นมาก
2	3 มิถุนายน 2518	น้ำในลำคลองมากขึ้นกว่าครั้งแรก
3	25 กรกฎาคม 2518	น้ำในลำคลองมากขึ้นกว่าครั้งที่ 2
4	18 กันยายน 2518	น้ำในลำคลองมากเต็มลำคลอง

ภาคผนวก ก.

ปริมาณยาฆ่าแมลงที่พบในข้าวอย่างน้ำและตะกอนใต้น้ำ

ตาราง 11 แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตัวอย่างตะกอนใต้น้ำ เก็บครั้งที่ 1 จากแม่น้ำยม
จังหวัดสุโขทัย

จุดเก็บ	%	ปริมาณยาฆ่าแมลงเป็น ppm				
		p,p'-DDT	p,p'-DDE	p,p'-TDE	o,p'-DDT	Aldrin
1	0.4	.006	.005	.008	Tr	Tr
2	0.5	.007	.004	.005	Tr	Tr
3	0.9	.006	.003	.006	Tr	Tr
4	1.6	.006	.003	.005	Tr	Tr
5	0.8	.005	.002	.005	Tr	Tr
6	1.2	.004	.003	.005	Tr	Tr
7	1.2	.014	.010	.021	.003	Tr
8	1.2	.003	.003	.004	Tr	Tr
9	1.5	.008	.003	.008	.002	Tr

Tr (Trace) ในตะกอนใต้น้ำ หมายถึง มียาฆ่าแมลงอยู่ในตะกอนใต้น้ำ ปริมาณต่ำกว่า
0.001 ppm จนเป็นปริมาณที่ตรวจไม่พบ ด้วยเครื่อง Gas-Liquid Chromatograph

ตาราง 12 แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตัวอย่างตะกอนใต้น้ำ เก็บครั้งที่ 2 จากแม่น้ำยม
จังหวัดสุโขทัย

จุดที่เก็บ	%	ปริมาณยาฆ่าแมลง เป็น ppm.				
		p,p'-DDT	p,p'-DDE	p,p'-DDE	o,p'-DDT	Aldrin
1	3.0	.007	.006	.012	Tr	Tr
2	2.0	.008	.006	.010	Tr	Tr
3	0.5	.005	.006	.009	Tr	Tr
4	1.0	.010	.005	.010	Tr	Tr
5	2.9	.004	.006	.007	Tr	Tr
6	3.3	.003	.004	.004	Tr	Tr
7	3.8	.008	.004	.009	Tr	Tr
8	4.5	.008	.003	.006	.001	Tr
9	2.5	.003	Tr	.003	Tr	Tr

ตาราง 13 แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตัวอย่างตะกอนใต้น้ำ เก็บครั้งที่ 3 จากแม่น้ำยม
จังหวัดสุโขทัย

จุดที่เก็บ	%	ปริมาณยาฆ่าแมลง เป็น ppm				
		p,p'-DDT	p,p'-DDE	p,p'-TDE	o,p'-DDT	Aldrin
1	3.0	Tr	Tr	Tr	Tr	.001
2	2.0	.002	.002	.001	Tr	.003
3	2.0	.001	.004	Tr	Tr	Tr
4	0.1	.002	.002	.002	Tr	.003
5	1.2	.001	.001	.001	Tr	.001
6	1.5	.001	Tr	Tr	Tr	.001
7	1.9	.002	.002	.002	Tr	.002
8	0.5	.002	.002	.002	Tr	.001
9	1.5	.001	.001	.001	Tr	Tr

ตาราง 14 แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตัวอย่างตะกอนใต้น้ำเค็มครั้งที่ 4 จากแม่น้ำยม
จังหวัดสุโขทัย

จุดเก็บ	%	ปริมาณยาฆ่าแมลงเป็น ppm				
		p,p'-DDT	p,p'-DDE	p,p'-TDE	o,p'-DDT	Aldrin
1	2.0	.002	.001	.002	Tr	Tr
2	1.8	.005	.001	.005	.001	Tr
3	0.2	.004	.004	.004	Tr	Tr
4	1.0	.003	.002	.005	Tr	Tr
5	2.0	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
6	1.0	.001	.001	.002	Tr	Tr
7	1.0	.003	.002	.004	Tr	Tr
8			ตัวอย่างขาดไป			
9	1.0	.004	.007	.005	Tr	Tr

ตาราง 15 แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตัวอย่างน้ำ เก็บครั้งที่ 1 จากแม่น้ำยม
จังหวัดสุโขทัย

จุดที่เก็บ	ปริมาณยาฆ่าแมลงเป็น ppm	
	p,p'-DDT	p,p'-DDE
1	Tr	Tr
2	.0002	Tr
3	.0001	Tr
4	.0001	Tr
5	.0001	Tr
6	.0001	Tr
7	.0001	Tr
8	.0001	Tr
9	.0001	Tr

Tr (Trace) หมายความว่า มียาฆ่าแมลงอยู่ในน้ำ ปริมาณต่ำกว่า 0.0001 ppm
จนถึงปริมาณที่ตรวจไม่พบด้วยเครื่อง Gas-Liquid Chromatograph

ตาราง 16 แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตัวอย่างน้ำ เก็บครั้งที่ 2 จากแม่น้ำยม
จังหวัดสุโขทัย

จุดที่เก็บ	ปริมาณยาฆ่าแมลง เป็น ppm	
	p,p'-DDT	p,p'-DDE
1	- ตัวอย่างขาดไป -	
2	- ตัวอย่างขาดไป -	
3	.0001	.0002
4	.0001	.0003
5	- ตัวอย่างขาดไป -	
6	.0001	Tr
7	Tr	Tr
8	Tr	.0001
9	.0001	.0001

ตาราง 17 แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตัวอย่างน้ำ เก็บครั้งที่ 3 จากแม่น้ำยม
จังหวัดสุโขทัย

จุดเก็บ	ปริมาณยาฆ่าแมลงเป็น ppm	
	p,p'-DDT	p,p'-DDE
1	Tr	Tr
2	Tr	Tr
3	Tr	Tr
4	Tr	Tr
5	Tr	Tr
6	.0001	Tr
7	Tr	Tr
8	Tr	Tr
9	Tr	Tr

ตาราง 18 แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตัวอย่างน้ำ เก็บครั้งที่ 4 จากแม่น้ำยม
จังหวัดสุโขทัย

จุดที่เก็บ	ปริมาณยาฆ่าแมลง เป็น ppm	
	p,p'-DDT	p,p'-DDE
1	Tr	Tr
2	Tr	Tr
3	Tr	Tr
4	Tr	Tr
5	Tr	Tr
6	Tr	Tr
7	Tr	Tr
8	Tr	Tr
9	Tr	Tr

ตาราง 19 แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตัวอย่างกะกอนไถ่เก่า เก็บครั้งที่ 1 จาก
คลองกำน้ำสะควก จังหวัดราชบุรี .

จุดที่เก็บ	%	ปริมาณยาฆ่าแมลงเป็น ppm				
		p,p'-DDT	p,p'-DDE	p,p'-DDE	o,p'-DDT	Dieldrin
1	1.3	.037	.016	.043	Tr	.009
2	2.0	.026	.012	.031	Tr	Tr
3	2.8	.016	.011	.024	Tr	.003
4	4.8	.005	.008	.014	Tr	.005
5	1.8	.022	.008	.020	.001	.002
6	5.4	.015	.010	.022	.001	.002
7	2.6	.020	.009	.021	.001	.002
8	4.6	.018	.008	.027	.001	.004
9	2.0	.026	.007	.027	.001	.002

ตาราง 20 แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตัวอย่างตะกอนใต้น้ำ เก็บครั้งที่ 2 จากคลอง
ดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี

จุดที่เก็บ	%	ปริมาณยาฆ่าแมลงเป็น ppm				
		p,p'-DDT	p,p'-DDE	p,p'-DDE	o,p'-DDT	Dieldrin
1	6.0	.023	.004	.035	.004	.012
2	5.0	.013	.009	.020	.002	.013
3	5.0	.015	.011	.023	.002	.009
4	5.5	.028	.007	.030	.002	.007
5	2.0	.003	.006	.007	Tr	Tr
6	5.0	.002	.005	.005	Tr	Tr
7	5.0	.004	.005	.005	Tr	Tr
8	6.0	.005	.007	.007	Tr	Tr
9	5.0	.007	.005	.006	Tr	Tr

ตาราง 21 แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตัวอย่างตะกอนใต้อ่าว เก็บครั้งที่ 3 จากคลอง
ดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี

จุดเก็บ	%	ปริมาณยาฆ่าแมลงเป็น ppm				
		p,p'-DDT	p,p'-DDE	p,p'-TDE	o,p'-DDT	Dieldrin
1	6.5	.011	.026	.017	.009	.010
2	2.0	.006	.022	.012	.007	.010
3	4.0	.008	.015	.010	.007	.006
4	4.0	.012	.017	.014	.010	.006
5	3.5	.013	.019	.015	.008	.006
6	5.0	.006	.017	.013	Tr	Tr
7	1.5	.009	.019	.012	.008	.006
8	6.0	.004	.017	.014	.008	.003
9	3.5	.014	.016	.013	.005	.005

ตาราง 22 แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตัวอย่างกะกอนไค่น้ำ เก็บครั้งที่ 4 จากคลอง
คำเนินสะกอก จังหวัดราชบุรี

จุดที่เก็บ	%	ปริมาณยาฆ่าแมลงเป็น ppm				
		p,p'-DDT	p,p'-DDE	p,p'-TDE	o,p'-DDT	Dieldrin
1	6.0	Tr	.004	.037	Tr	.007
2	4.5	Tr	.003	.005	Tr	Tr
3	3.8	Tr	.003	.032	Tr	.008
4	4.0	Tr	.007	.005	Tr	Tr
5	1.0	.001	.006	.016	Tr	.003
6	5.8	Tr	.012	.029	Tr	.005
7	3.0	.040	.013	.030	Tr	.009
8	3.5	.025	.009	.024	Tr	.006
9	4.2	Tr	.005	.007	Tr	.003

ตาราง 23 แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตัวอย่างน้ำ เก็บครั้งที่ 1 จากคลองคำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี

จุดที่เก็บ	ปริมาณยาฆ่าแมลง เป็น ppm			
	p,p'-DDT	p,p'-DDE	p,p'-TDE	Dieldrin
1	Tr	Tr	Tr	Tr
2	.0001	.0001	Tr	Tr
3	.0001	.0002	.0002	Tr
4	.0001	.0001	Tr	Tr
5	.0001	.0001	.0002	Tr
6	.0001	.0002	.0001	Tr
7	Tr	.0001	Tr	Tr
8	Tr	.0001	Tr	Tr
9	.0001	.0001	.0002	Tr

ตาราง 24 แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตัวอย่างน้ำ เก็บครั้งที่ 2 จากคลองกำแพงสะทาก
จังหวัดราชบุรี

จุดที่เก็บ	ปริมาณยาฆ่าแมลงเป็น ppm			
	p,p'-DDT	p,p'-DDE	p,p'-TDE	Dieldrin
1	.0002	.0003	.0002	.0002
2	.0001	.0001	.0001	.0002
3	.0002	.0002	.0001	Tr
4	.0001	.0001	Tr	Tr
5	.0001	.0001	.0001	Tr
6	.0002	.0001	.0001	Tr
7	Tr	.0001	Tr	Tr
8	.0001	.0001	.0001	Tr
9	.0001	.0001	.0001	Tr

การาง 25

แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตัวอย่างน้ำ เก็บครั้งที่ 3 จากคลอง
กำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี

จุดที่เก็บ	ปริมาณยาฆ่าแมลงเป็น ppm			
	p,p'-DDT	p,p'-DDE	p,p'-TDE	Dieldrin
1	Tr	Tr	Tr	Tr
2	Tr	Tr	Tr	Tr
3	.0001	Tr	Tr	Tr
4	.0001	Tr	.0001	Tr
5	.0001	.0001	.0001	Tr
6	Tr	Tr	Tr	Tr
7	Tr	Tr	Tr	Tr
8	.0001	.0001	Tr	Tr
9	Tr	Tr	Tr	Tr

ตาราง 26 แสดงปริมาณยาฆ่าแมลงในตัวอย่างน้ำ เก็บครั้งที่ 4 จากคลอง
ดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี

จุดเก็บ	ปริมาณยาฆ่าแมลงเป็น ppm			
	p,p'-DDT	p,p'-DDE	p,p'-TDE	Dieldrin
1	Tr	.0002	.0001	Tr
2	Tr	.0004	.0001	Tr
3	.0001	.0003	.0001	Tr
4	Tr	.0002	.0001	Tr
5	Tr	.0004	Tr	Tr
6	.0001	.0002	.0001	Tr
7	.0001	.0001	.0001	Tr
8	.0001	.0002	.0001	Tr
9	.0001	.0002	Tr	Tr