สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

รายงานการวิจัย

การปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

ภายใต้แผนงานวิจัยเรื่อง

การศึกษาสภาวะแวดล้อมทางทะเล
บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ปี 2547

ปิยะวรรณ ศรีวิลาศ
กานดา ใจดี

Ba C084693
26 มี.ค. 2552
249158

เริ่มบริการ
31 มี.ค. 2552

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2547
สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา

ธันวาคม 2547

ISBN 974-384-138-5

ภาวะปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

ปิยะวรรณ ศรีวิลาศ และกานดา ใจดี
สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา อ. เมือง จ. ชลบุรี 20131

บทคัดย่อ

การศึกษาหาชนิดและปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกตั้งแต่ปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทราจนถึงปากแม่น้ำตราด จังหวัดตราด โดยเก็บตัวอย่าง 2 ครั้งในฤดูแล้ง (มีนาคม 2547) และฤดูฝน (สิงหาคม 2547) พบว่าการสะสมของสารฆ่าแมลงในดินตะกอนขึ้นอยู่กับฤดูกาลและพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยปริมาณรวมสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในฤดูฝนมีการสะสมสูงกว่าฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 205.31± 23.16 และ152.73 ±10.35 นาโนกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ชนิดสารที่ตรวจพบความถี่สูงสุดในฤดูแล้งคือ เอนโดซัลแฟน-2 และเอนโดซัลแฟน-1ในปริมาณร้อยละ 96.15 และ 94.23 ตามลำดับ ส่วนในฤดูฝนคือ แกมม่า-บีเอชซี และเบต้า-บีเอชซีในปริมาณร้อยละ 88 และ 72 ตามลำดับ และพบว่าสารกลุ่มบีเอชซีมีค่าสูงในทุกเขตพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยแกมม่า-บีเอชซีตรวจพบปริมาณสูงสุด 88.50±12.47 นาโนกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง เมื่อเปรียบเทียบการสะสมของสารฆ่าแมลงในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์พบว่าในแหล่งอุตสาหกรรม มีค่าสูงกว่าแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยพบค่าเฉลี่ยปริมาณรวมของสารฆ่าแมลงในพื้นที่อุตสาหกรรมมีค่า 223.72±32.47 ส่วนในพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีค่า 187.56±33.49 นาโนกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

คำสำคัญ : สารฆ่าแมลง /ออร์กาโนคลอรีน/ดินตะกอน/ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

Contamination of Organochlorine Pesticides in Sediments along the Eastern Coast of Thailand

Piyawan Srivilas and Kanda Jaidee

Institute of Marine Science, Burapha University, Bangsaen, Chonburi, 20131

Abstract

In this study, qualitative and quantitative analyses of organochlorine pesticides were investigated in sediments collected from the eastern coast of Thailand; Bangpakong estuary to Trat estuary in the dry (March 2004) and wet (August 2004) seasons. It was found that the accumulation of organochlorine pesticides in the sediments depended on seasons and beneficial use areas. The total organochlorine pesticides were found in the wet season rather than in the dry season with the amount of 205.31± 23.16 and 152.73 ±10.35 ng g^{-1}(dry wt.) respectively. The dominant congener in the dry season was endosulfan-2 and endosulfan-1 comparising 96.15 % and 94.23% respectively while that in the wet seasons was γ-BHC and β-BHC comparising 88% and 72 % respectively. The concentrations of BHCs were high in all the areas and the highest concentrations found were γ -BHC with the amount of 88.50 ±12.47 ng g^{-1} (dry wt.). The accumuration of organochlorine pesticides in the industrial zone was higher than that found in the aquaculture zone with the amount of 223.72 ±32.47 and 187.56±33.49 ng g^{-1} (dry wt.) respectively.

Keywords: organochlorine/ pesticides/ sediment/ Eastern Coast of Thailand

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนด้านงบประมาณจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยบูรพาประจำปี 2547 ซึ่งผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกท่านที่มีส่วนช่วยทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
บทนำ	1
การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
อุปกรณ์และวิธีการ	18
ผลและวิจารณ์ผล	29
สรุปผล	46
เอกสารอ้างอิง	47
ภาคผนวก	52

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ห้ามนำเข้ามาใช้ทางการเกษตรในประเทศไทย	7
2	ลำดับความคงทนของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ และระยะเวลาที่มีความคงตัวอยู่ในสภาพแวดล้อม	10
3	ความคงทนของสารพิษที่สะสมอยู่ในดิน ระยะเวลา (ปี) ที่ใช้ในการสลายตัว 50% (ค่าครึ่งชีวิต) และการสลายตัว 95%	10
4	การละลายน้ำและความดันไอของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส	11
5	ฤทธิ์ก่อมะเร็งของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและอวัยวะที่เสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งในคนและสัตว์ทดลอง	17
6	สถานีตรวจวิเคราะห์สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก	22
7	เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน ของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน	27
8	ปริมาณต่ำสุดของวิธีการวิเคราะห์สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน	28
9	ชนิดและปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน	30
10	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) ของปริมาณรวมสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนระหว่างฤดูกาล และสถานี	32
11	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของปริมาณรวมสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนระหว่างฤดูกาลและพื้นที่การใช้ประโยชน์	32
12	ปริมาณรวมของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก	34
13	ตารางเปรียบเทียบปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตรวจพบในดินตะกอนบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันออกของประเทศไทย	42
14	ตารางเปรียบเทียบปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตรวจพบในดินตะกอนจากประเทศต่างๆ	43
15	ตารางเปรียบเทียบปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตรวจพบในดินตะกอนบริเวณรัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกาในปี 1997-2001	45

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
16	ข้อมูลคุณภาพน้ำทะเล เดือนมีนาคม 2547 บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก	53
17	ข้อมูลคุณภาพน้ำทะเล เดือนสิงหาคม 2547 บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก	56

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แบบแผนการเก็บตัวอย่างดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก	19
2	สถานีเก็บตัวอย่าง บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก	25
3	ปริมาณรวมสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกในฤดูแล้งและฤดูฝน	35
4	ปริมาณรวมสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์	36
5	ชนิดและปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน บริเวณเขตพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (หอยนางรม, หอยแมลงภู่, ปลาในกระชัง) และบริเวณเขตอุตสาหกรรมขนาดกลางและท่าเรือน้ำลึก	37
6	ชนิดและปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน บริเวณเขตนิคมอุตสาหกรรม และบริเวณเขตการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและประมงชายฝั่ง	38
7	ภาพเปรียบเทียบชนิดและปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำทะเล ปี 2540 ของกรมควบคุมมลพิษ บริเวณเขตพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (หอยนางรม, หอยแมลงภู่, ปลาในกระชัง) และบริเวณเขตอุตสาหกรรมขนาดกลางและท่าเรือน้ำลึก	40
8	ภาพเปรียบเทียบชนิดและปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำทะเล ปี 2540 ของกรมควบคุมมลพิษบริเวณเขตนิคมอุตสาหกรรม และบริเวณเขตการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและประมงชายฝั่ง	41

การปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก (Contamination of Organochlorine Pesticides in Sediment along the Eastern Coast of Thailand)

บทนำ

ความคงทนของสารเคมีที่ใช้กำจัดศัตรูพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนมีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม จากการใช้สารดังกล่าวในการกำจัดศัตรูพืชเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรหรือใช้ควบคุมแมลงซึ่งเป็นพาหะนำโรคมาสู่มนุษย์ โดยเฉพาะใช้ในการกำจัดปลวก มดตามอาคารบ้านเรือน ทำให้สารฆ่าแมลงในกลุ่มนี้ตกค้างในอากาศ แม่น้ำ ทะเล ดินตะกอน ตลอดจนสิ่งมีชีวิตในน้ำ (จันทร์ทิพย์, 2537) สารกลุ่มนี้เป็นสารที่ละลายน้ำได้น้อยมาก เมื่อเกิดการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำจะจับกับอนุภาคแขวนลอยแล้วจมลงสู่ท้องน้ำ สะสมอยู่ที่ดินตะกอนใต้ท้องน้ำ สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณใต้ท้องน้ำ หรือสัตว์หน้าดินมีโอกาสสะสมสารกลุ่มนี้เข้าสู่ร่างกายได้ และสัตว์หน้าดินเหล่านี้เป็นอาหารที่สำคัญของสัตว์น้ำชนิดอื่น ดังนั้นจึงมีโอกาสที่สารดังกล่าวจะปนเปื้อน ไปสู่สัตว์น้ำอื่นในห่วงโซ่อาหารได้

สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชที่รู้จักและใช้กันมาเป็นเวลานาน ได้แก่ ดีดีที ซึ่งเป็นสารฆ่าแมลงในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนรวมทั้งอัลดริล ดิลดริล ลินเดน เฮปตาคลอร์ คลอเดน เอนโดซัลแฟนฯลฯ สารดังกล่าวจะถูกฉีดหรือพ่นที่พืชโดยตรง บางส่วนกระจายสู่บรรยากาศ และบางส่วนลงสู่ดิน และแหล่งน้ำ หรืออาจถูกชะล้างโดยน้ำฝนลงสู่แหล่งน้ำ และเมื่อดินเกิดการสึกกร่อนพัง ทลาย สารเหล่านี้ก็ลงสู่แหล่งน้ำเช่นกัน สารกลุ่มนี้คงทนอยู่ในสภาพแวดล้อมได้นานมากอยู่ในช่วง 4-30 ปี ก่อให้เกิดการสะสมและปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ตลอดจนมีการศึกษาพบว่ามีการสะสมในสิ่งมีชีวิตเป็นแบบเพิ่มขยายทางชีวภาพ (Biomagnification) ทำให้สิ่งมีชีวิตที่กินอาหารสืบทอดต่อ ๆ กันมาได้รับสารพิษสะสมในปริมาณที่มากขึ้น (Law, 1993) สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนถูกจัดว่าเป็นสารที่สามารถก่อกวนการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อของสิ่งมีชีวิต (Endocrine disrupters)โดยเมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วสารบางชนิดสามารถเลียนแบบการทำงานของฮอร์โมนได้และ/หรือบางชนิดสามารถขัดขวางการทำงานของฮอร์โมนในร่างกายส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลของระดับฮอร์โมนและระบบต่อมไร้ท่อในร่างกาย (รัตนา, 2547) และพบว่ามี มีผลต่อระบบประสาท ก่อให้เกิดความผิดปกติของระบบอวัยวะหรือทำให้พฤติกรรมของสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนไปและมีการศึกษาวิจัยในมนุษย์พบว่าการสัมผัสสารก่อกวนระบบต่อมไร้ท่อมีความสัมพันธ์

กับการเป็นมะเร็งเต้านม มะเร็งระบบสืบพันธุ์ ปริมาณและคุณภาพของอสุจิต่ำลง และมีการพิสูจน์แล้วว่าสารกลุ่มนี้ก่อให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง และสารบางตัวก็มีหลักฐานบ่งชี้พอสมควรว่าสามารถก่อมะเร็งในคนได้ (สุภาณี, 2537; พาลาภ ,2540 ; Walker et al, 1996 และรัตนา, 2547) ในปัจจุบันมีการศึกษาถึงภัยของสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานต่อระบบต่อมไร้ท่อ (Endocrine system) พบว่าชายวัยเจริญพันธุ์ที่มีปริมาณสารดีดีทีในกระแสเลือดสูงจะมีระดับฮอร์โมนเพศชายลดลง (รัตนา, 2547) แม้ว่าในปัจจุบันสารส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้ถูกห้ามนำเข้ามาใช้ทางการเกษตรแล้ว แต่ยังคงมีการนำสารดังกล่าวมาใช้ทางสาธารณสุข โดยมีการใช้ดีดีทีในการกำจัดยุงในโครงการป้องกันไข้มาลาเรีย และมีการนำมาใช้ในการกำจัดปลวก มด แมลงตามอาคารบ้านเรือนและจากการศึกษาของกุลธิดาและคณะ (2535) พบว่าในผลิตภัณฑ์กำจัดปลวกมีสารออกฤทธิ์สำคัญเป็นดิลดริล และ เฮปตาคลอร์ และจากข้อมูลการนำเข้าของกรมศุลกากรก็พบว่ายังคงมีการนำเข้าสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนอยู่ (Thai Customs Department,2000) นอกจากนี้ยังมีการนำลินเดนมาเป็นส่วนผสมในแชมพู ครีม และ โลชั่น ในการกำจัดเหา หิดและโรคเรื้อน (Lindane Question and answers,1998)

ลักษณะการใช้ที่ดินของพื้นที่ในเขตภาคตะวันออกส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่เกษตรกรรม คือในเขตจังหวัดฉะเชิงเทราเป็นพื้นที่เกษตรกรรมร้อยละ 55.27 ของพื้นที่ทั้งหมด จังหวัดชลบุรีเป็นพื้นที่เกษตรกรรรมร้อยละ 55.59 จังหวัดระยองมีพื้นที่เกษตรกรรมร้อยละ 68.80 จันทบุรีร้อยละ 34.92 และจังหวัดตราดร้อยละ 23.70 (แนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก, 2545) ซึ่งจะเห็นว่าในพื้นที่ภาคตะวันออกนอกจากจะมีความสำคัญทางอุตสาหกรรมแล้วการเกษตรกรรมก็เป็นอีกอาชีพหนึ่งที่มีความสำคัญเช่นกันจากการศึกษาที่ผ่านมาพบการตกค้างของสารกลุ่มนี้ในดินตะกอน และในน้ำ ตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำบริเวณลุ่มน้ำจันทบุรี ระยอง และชลบุรี (อมรพรรณ, 2534 และก่องกนก, 2536) และจากการศึกษาการตกค้างของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนบริเวณแหล่งเพาะเลี้ยงและแหล่งชุมชนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของชุลีพรในปี 2537-2538 พบว่ามีการตกค้างของสารกลุ่มนี้ทั้งในน้ำ ดินตะกอน และหอยนางรมที่เพาะเลี้ยงบริเวณดังกล่าว

บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก นับว่าเป็นแหล่งอุตสาหกรรมและแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศไทย พื้นที่ชายฝั่งทะเลตอนบน ได้แก่ บริเวณจังหวัดชลบุรี ระยอง และฉะเชิงเทรา เป็นพื้นที่เป้าหมายที่จะเป็นศูนย์กลางความเจริญทางด้านเศรษฐกิจใหม่ของประเทศ สำหรับรองรับการกระจายกิจกรรมทางด้านเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม ส่วนพื้นที่ชายฝั่งทะเลตอนล่าง ครอบคลุมบริเวณจังหวัดจันทบุรี ตราด และระยองบางส่วน พื้นที่บริเวณนี้เป็นแหล่งที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง จึงมีความเหมาะสมแก่การปลูกผลไม้และยางพารา นอกจากนี้

บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลยังเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงชายฝั่ง บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกมีการเพาะเลี้ยงกุ้ง หอย และปลาเป็นจำนวนมากตั้งแต่ชลบุรีถึงจันทบุรี ซึ่งเป็นบริเวณปากแม่น้ำและป่าชายเลน พบว่าเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพการเพาะเลี้ยงชายฝั่งสูงมาก นอกจากนี้ยังมีสัตว์น้ำวัยอ่อนจำนวนมากด้วยในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดตราด และสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนเป็นสารที่ละลายน้ำได้น้อยมาก มีเสถียรภาพทางเคมี ไม่สลายตัวง่ายในสิ่งแวดล้อม ทำให้มีค่าครึ่งชีวิต (half life) ที่ยาวมาก จึงปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้นาน ทำให้เกิดปัญหาสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม (นวลศรี,2533 และ Larry, 1991) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามีการสะสมของสารกลุ่มดังกล่าวในตัวอย่างดินตะกอนมากกว่าในน้ำประมาณ 322 เท่า (ยงยุทธ, 2531) และจากการศึกษาของ กนกวรรณ ในปี 2541 พบปริมาณสารกลุ่ม บีเอชซี กลุ่มไซโคลไดอีน และกลุ่มดีดีทีตกค้างในดินตะกอนของแม่น้ำเจ้าพระยามากกว่าในน้ำถึง 6,034, 1,601 และ2,480 เท่าตามลำดับ และเกษตรกรมีการใช้วิธีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชและสัตว์โดยใช้สารเคมีเป็นหลัก ทำให้สารพิษเช่นยาฆ่าแมลงเคลื่อนย้ายจากแผ่นดินลงสู่แหล่งน้ำและทะเล (กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร,2531) โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกที่ถูกพัฒนาเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมและในขณะเดียวกันก็เป็นพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศ แนวโน้มของการสะสมของสารพิษจึงมากขึ้น ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อระบบนิเวศชายฝั่งและมีผลต่อเศรษฐกิจการเพาะเลี้ยงได้ ผลผลิตดังกล่าวนอกจากใช้ในการบริโภคของประชาชนในประเทศแล้วยังมีการส่งออกไปขายยังต่างประเทศด้วย ซึ่งในปัจจุบันในหลายประเทศจะควบคุมสินค้าที่นำเข้าจะต้องไม่มีสารพิษตกค้างอยู่ สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนก็เป็นกลุ่มสารที่ห้ามพบในสินค้าหลาย ๆ ชนิด

ดังนั้นการที่เราได้ทราบชนิดและปริมาณของสารกลุ่มดังกล่าวบริเวณแหล่งเพาะเลี้ยงชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่สำคัญของประเทศไทย จะทำให้สามารถหาแนวทางป้องกันและแก้ไขก่อนที่จะมีการนำสินค้าไปให้ประชาชนบริโภคและส่งออก นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดแนวทางในการหาค่ามาตรฐานของสารกลุ่มนี้ในดินตะกอน และควบคุมคุณภาพน้ำในแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไป

การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะทั่วไปของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน (Larry, 1991)

สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนเป็นสารสังเคราะห์ มีองค์ประกอบหลักเป็นอะตอมของคาร์บอน ไฮโดรเจน และคลอรีน (บางกรณีอาจมีออกซิเจนและกำมะถัน) และมีพันธะ C-Cl ในโมเลกุล ไม่มีตำแหน่งทำปฏิกริยา (reactive site) ภายในโมเลกุล มีโครงสร้างที่เป็นวงแหวนคาร์บอนอยู่ในโมเลกุล รวมทั้งวงแหวนเบนซีน (benzene ring) โมเลกุลไม่มีสภาพขั้ว (nonpolar molecule) ละลายในไขมันและตัวทำละลายอินทรีย์ได้ดีมีเสถียรภาพทางเคมีไม่สลายตัวง่ายในสภาพแวดล้อม สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนนี้มีหลายชนิดหลายโครงสร้างซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มย่อยได้แก่

กลุ่มย่อยที่1 : ดีดีที และสารคล้ายดีดีที (DDT and DDT analogs)

Othmar Zeidler ชาวเยอรมันเป็นผู้สังเคราะห์ ดีดีทีขึ้นเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ.1874 โดยที่ไม่ทราบว่าสารนี้มีคุณสมบัติในการฆ่าแมลงได้ จนกระทั่งปี ค.ศ.1939 Paul Muller นักวิทยาศาสตร์ชาวสวิสเซอร์แลนด์ เป็นผู้ค้นพบคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นสารฆ่าแมลง (Magnus, 1994) และมีการผลิตออกสู่ตลาดในปี ค.ศ.1942 ชื่อการค้าเกสารอล (Gesarol) เพื่อใช้ในการเกษตร และชื่อการค้านีโอซีด (Neocid) เพื่อใช้ในการสาธารณสุข ดีดีทีเป็นสารฆ่าแมลงที่มีการใช้แพร่หลายทั่วโลกในช่วงระยะเวลา 20 ปีนับจากที่ผลิตออกจำหน่ายในช่วงเวลาดังกล่าว ดีดีทีได้รับการยกย่องว่าเป็นสารฆ่าแมลงที่สมบูรณ์แบบ เพราะว่ามีพิษต่อแมลงมากชนิดมีความ คงทนออกฤทธิ์อยู่ได้นาน มีพิษเฉียบพลันต่อคนและสัตว์เลือดอุ่นค่อนข้างต่ำ และราคาถูก ในประเทศไทยเริ่มนำเข้ามาใช้ในปี พ.ศ. 2493 โดยใช้กำจัดยุงที่เป็นพาหะของมาลาเรีย และต่อมาจึงนำมาใช้ทางการเกษตร (เปี่ยมศักดิ์, 2536)

ปริมาณการใช้ดีดีทีเริ่มลดลงภายหลังปี พ.ศ. 2514 เนื่องจากปัญหามลภาวะใน สิ่งแวดล้อมและความต้านทานของแมลง ได้มีการประกาศห้ามใช้ ดีดีทีในประเทศที่พัฒนาแล้วหลายประเทศรวมทั้งสหรัฐอเมริกาซึ่งประกาศห้ามใช้ภายในประเทศเนื่องจากปัญหาการตกค้างในสิ่งแวดล้อม แต่ยังมีการผลิตเพื่อส่งขายประเทศกำลังพัฒนาเพื่อใช้ในการควบคุมโรคมาลาเรียและพาราไซต์ภายนอก เช่น หมัด เหา ในประเทศไทยห้ามใช้ดีดีทีในการเกษตร แต่ยังอนุญาตให้ใช้ในการสาธารณสุข (ตารางที่ 1)

ดีดีที มีชื่อเต็มว่า dichloro diphenyl trichloroethane เป็นผลึกละเอียด สีขาว มีจุดหลอมเหลวที่ 108.5-109 องศาเซลเซียส จุดเดือดที่ 185 องศาเซลเซียส ความดันไอ $1.5x10^{-7}$ มิลลิเมตรปรอทที่ 20 องศาเซลเซียส ดีดีทีสามารถละลายได้ดีในไขมันและสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นตัวทำละลายบางชนิด ดีดีทีอาจถูกเปลี่ยนรูปโดยขบวนการทางชีวเคมีในลักษณะต่างๆ ดังนี้

1. โดยปฏิกิริยา oxidation ซึ่งทำให้ ดีดีที เปลี่ยนเป็นดีดีเอ (DDA, dichloro diphenyl acetic acid) และดีบีพี (DBP, dichlorobenzophenone)

2. โดยปฏิกิริยา dehydrochlorination ทำให้ดีดีทีเปลี่ยนเป็นดีดีอี (DDE, dichloro diphenyl dichloroethylene)

3. โดยปฏิกิริยา reductive dechlorination ทำให้ดีดีทีเปลี่ยนเป็นทีดีอี (TDE) หรือ ดีดีดี (DDD, dichloro diphenyl dichloroethane)

สารคล้ายดีดีทีซึ่งเคยมีการใช้เป็นสารฆ่าแมลงได้แก่ ที่ดีอี หรือ ดีดีดี, เมท็อกซีคลอร์ (methoxychlor), เพอร์เทน (perthane) ดิโคฟอร์ (dicofol) และคลอโรเบนซิเรท (chlorobenzilate) ในปัจจุบันเฉพาะสองชนิดหลังยังมีการใช้โดยทั่วไป รวมทั้งในประเทศไทยเพื่อกำจัดไรศัตรูพืช

กลุ่มย่อยที่2 : เฮกซาคลอโรไซโคลเฮกเซน (hexachlorocyclohexane) สารในกลุ่มนี้มีอยู่ชนิดเดียวคือบีเอชซี (BHC, benzenehexachloride) ซึ่งสารในกลุ่มนี้มี 4 ไอโซเมอร์คือ แอลฟา เบต้า แกมมา เดลต้า แต่ละไอโซเมอร์มีความเป็นพิษต่อแมลงแตกต่างกัน แกมมาไอโซเมอร์มีความเป็นพิษสูงสุด มีชื่อสามัญเรียกว่าลินเดน (Lindane) ละลายน้ำได้ดีกว่าดีดีที 100 เท่า และเป็นสารที่มีค่าความดันไอสูง ระเหยเป็นไอได้ง่าย จึงมีความเป็นพิษทางการหายใจด้วยบีเอชซีใช้ได้กับแมลงชนิดปากกัดกิน เช่น หนอนผีเสื้อ และแมลงชนิดปากดูดกิน เช่น เพลี้ยและมวน บีเอชซีมีความเป็นพิษต่อปลวก ผึ้งและแมลงธรรมชาติสูง

กลุ่มย่อยที่3 : ไซโคลไดอีน (cyclodiene) เป็นสารเคมีกลุ่มไดอีน (diene) สังเคราะห์ขึ้นตามหลักการของปฏิกิริยาดีลส์-อัลเดอร์ ซึ่งเป็นการสังเคราะห์สารเคมีวงแหวนที่มี 6 คาร์บอนประกอบเป็นวงแหวนจากไฮโดรคาร์บอนแบบโซ่เปิด ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้คือ อัลดริน (aldrin) คลอเดน (chlordane) เฮปตาคลอร์ (heptachlor)

คลอเดน เป็นสารตัวแรกในกลุ่มนี้ที่ผลิตออกขาย ออกฤทธิ์โดยการสัมผัส การกิน และการหายใจจึงใช้กำจัดแมลงได้มากชนิด แต่การใช้มีข้อจำกัดเนื่องจากมีพิษต่อพืช ปัจจุบันใช้เฉพาะการกำจัดแมลงที่อยู่ในดิน เช่น ปลวก มด

อัลดริน ดิลดริน และ เอนดริน เป็นสารในกลุ่มที่มีฤทธิ์ตกค้างนานและมีพิษสูงโดยการสัมผัส เมื่ออัลดรินเข้าสู่พืชและสัตว์และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโดยจุลินทรีย์ในดินจะได้เมทาบอไรท์ในรูปของอีปอกไซด์ (epoxide) ซึ่งก็คือ ดิลดรินจะมีความคงทนในดินได้นานหลายปี ในการทดสอบพิษเรื้อรังกับหนูทดลองพบว่าอัลดริน และดิลดรินแสดงพิษในการก่อมะเร็ง แม้จะยังไม่มีข้อสรุปในการเกิดกับคนก็ตามในหลายประเทศรวมทั้งสหรัฐอเมริกามีการห้ามใช้สารเหล่านี้ในการเกษตรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2517 ในประเทศไทยก็มีการห้ามใช้ในการเกษตรเช่นกัน แต่ยังให้ใช้ได้ใน

การป้องกันกำจัดปลวกตามอาคารบ้านเรือน ส่วนเอนดรินเป็นไอโซเมอร์ของดิลดริน เป็นสารที่มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นสูงปัจจุบันเลิกใช้แล้ว

เอนโดซัลแฟน (endosulfan) เป็นสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่มีออกซิเจนและกำมะถันเป็นองค์ประกอบในโมเลกุล เอนโดซัลแฟนเป็นส่วนผสมของไอโซเมอร์ 2 ชนิด คือ แอลฟา และเบต้า ผสมในอัตราส่วน 3:1 มีฤทธิ์ในการฆ่าแมลงเช่นเดียวกับอัลดริน แต่มีความคงทนปานกลางประมาณ 2-3 สัปดาห์ จึงใช้ฉีดพ่นบนพืชได้ แต่ถ้าใส่ในดินจะเปลี่ยนรูปเป็นเอนโดซัลแฟน ซัลเฟต (endosulfan sulfate) ซึ่งจะมีความคงทนมาก มีพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นในระดับปานกลางและมีพิษในการฆ่าไรด้วย ไม่สะสมในไขมันในร่างกาย เป็นสารในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนชนิดเดียวที่ยังไม่ถูกห้ามใช้ในสหรัฐอเมริกา มีสารในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนอีกชนิดหนึ่งที่เป็นสารผสมของไฮโดรคาร์บอนมากกว่า 100 ชนิด เรียกรวมว่า คลอริเนเทดแคมฟีน มีชื่อสามัญว่า ท๊อกซาฟีน (toxaphene) สารตัวนี้ไม่มีการสะสมในไขมันไม่เป็นพิษต่อพืช ยกเว้นพืชตระกูลแตง แต่ในปัจจุบันห้ามใช้แล้วเนื่องจากเป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง (สุภาณี, 2537)

สภาพปัญหาในประเทศไทย

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 320 ล้านไร่ โดยประชากรประมาณร้อยละ 70 มีอาชีพทางการเกษตร และมีพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะปลูกประมาณ 128 ล้านไร่ พืชเศรษฐกิจมีมากมายหลายชนิดที่สำคัญมากที่สุดคือ ข้าว ปัญหาเกี่ยวกับผลผลิตข้าวที่สำคัญคือปัญหาเรื่องโรคและแมลงทำลายต้นข้าว รวมไปถึงหญ้าซึ่งเป็นวัชพืชในนาข้าว ศัตรูข้าวเหล่านี้ทำให้ผลผลิตลดลงกว่าร้อยละ 30 ของผลผลิตที่ควรจะเป็น นอกจากนี้ยังมีปัญหาศัตรูพืชเศรษฐกิจอื่นๆ ทั้งโรค แมลงและวัชพืชในแปลงเพาะปลูกฝ้าย ยางพารา ปาล์มน้ำมัน อ้อย ปอ ยาสูบ ผลไม้และผักชนิดต่างๆ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตศูนย์สูตร ภูมิอากาศร้อนชื้น ฝนตกชุก มีความเหมาะสมของโรคและแมลงที่จะแพร่พันธุ์ได้เป็นอย่างดีทั้งชนิดและปริมาณ การแก้ปัญหาศัตรูพืชที่ปฏิบัติกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือ การใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช

กลุ่มคนหรือบริเวณที่มีปัญหา (risk group and risk behaviour)

กิจกรรมทางการเกษตรบางประเภท เช่นการปลูกพืชบางชนิดได้ก่อให้เกิดปัญหาและมีผู้ได้รับพิษเป็นประจำคือ

1. การปลูกข้าว เนื่องจากข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย ประชากรส่วนใหญ่มีอาชีพปลูกข้าว มีการนำสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์มาใช้ในปริมาณที่สูงด้วย ซึ่งก่อให้เกิดผลเสียที่เห็นได้อย่างชัดเจนต่อสภาพแวดล้อม เช่นสารพิษตกค้างในน้ำ มีสารจำนวนมากมายถูกปลดปล่อย

ออกจากนาข้าว เข้าสู่แหล่งน้ำสาธารณะ เช่นแม่น้ำ ลำคลอง และลงสู่ทะเล ทำให้สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำได้รับสารเหล่านี้สะสมในร่างกาย

2. การปลูกผักและผลไม้ เป็นกิจกรรมทางการเกษตรที่มีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชมากชนิดที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากมีแมลงศัตรูพืชและเชื้อโรคทำลายอยู่ทุกฤดูกาล จึงทำให้เกษตรกรมีโอกาสสัมผัสสารพิษอยู่ตลอดเวลา และยังเกิดปัญหาสารพิษตกค้างในดินและน้ำ และโรคพืชสร้างความต้านทานซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในปัจจุบัน

ตารางที่ 1 สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ห้ามนำเข้ามาใช้ทางการเกษตรในประเทศไทย (กองควบคุมโรคพืชและวัสดุการเกษตร, 2531)

ชื่อสาร	เดือน ปี ที่ห้ามนำเข้า	เหตุผล
บีเอชซี	มีนาคม 2523	- อาจเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดเนื้องอก - มีฤทธิ์ตกค้างในสิ่งแวดล้อมนาน
เอนดริน	กรกฎาคม 2524	- มีพิษต่อสัตว์เลือด เลี้ยงลูกด้วยนมสูง - มีฤทธิ์ตกค้างในสิ่งแวดล้อมนาน
ดีดีที	มีนาคม 2526	- เป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็ง - มีฤทธิ์ตกค้างในสิ่งแวดล้อมนาน
ท๊อกซาฟีน	มีนาคม 2523	- เป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็ง - มีฤทธิ์ตกค้างในสิ่งแวดล้อมนาน
ดิลดริน	พฤษภาคม 2531	- เป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็ง - มีฤทธิ์ตกค้างในสิ่งแวดล้อมนาน - ก่อให้เกิดพิษสะสมได้
อัลดริน	กันยายน 2531	- เป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็ง - มีฤทธิ์ตกค้างในสิ่งแวดล้อมนานและก่อให้ เกิดพิษสะสมได้
เฮปตาคลอร์	กันยายน 2531	- มีฤทธิ์ตกค้างในสิ่งแวดล้อมนาน

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนของสารเข้าสู่สิ่งแวดล้อม สาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาดังกล่าวเนื่องจากสารมีการเคลื่อนย้ายจากแหล่งที่มีการใช้แพร่กระจายไปสู่แหล่งอื่นๆที่ไม่ต้องการ คือมีการแพร่กระจายเข้าสู่ ดิน น้ำ อากาศ และ ร่างกายของสัตว์และมนุษย์ จะพบว่าสารกำจัดศัตรูและสัตว์มีการแพร่กระจายไปในส่วนต่างๆ ของระบบนิเวศ จากสถิติการนำเข้าสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชปี พ.ศ.2531 พบว่า

สารกำจัดแมลงมีการนำเข้าปริมาณสูงสุด คือ 8034 ตัน (กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2531) และเนื่องจากคุณสมบัติความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมของสารกลุ่มนี้ จึงทำให้เกิดการตกค้างสะสมในสิ่งแวดล้อมต่างๆ ในแหล่งน้ำ ดินตะกอนและร่างกายของสัตว์น้ำ และสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น จากการศึกษาของกรมวิชาการเกษตร กองวัตถุมีพิษการเกษตร ในช่วงปี 2530-2531 พบสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในแหล่งน้ำทั่วไปและแปลงเกษตรกรรมทั่วประเทศไทย โดยพบสารตกค้างในดินปริมาณตั้งแต่น้อยกว่า 0.001 - 0.362 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และชนิดสารที่ตรวจพบได้แก่ แอลฟา-บีเอชซี ลินเดน, เฮปตาคลอร์, อัลดริน, เฮปตาคลอร์-อีปอกไซด์, ดิลดริน, ดีดีที และอนุพันธ์ของดีดีที

การแพร่กระจายของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน

ปัญหาเกี่ยวกับสารกำจัดศัตรูและสัตว์ตกค้างในสิ่งแวดล้อมมิได้เกิดเฉพาะพื้นที่ที่มีการใช้สารนี้เท่านั้นแต่สามารถแพร่กระจายไปยังบริเวณอื่นๆได้ จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ก่อให้เกิดการตกค้างและปนเปื้อนใน ดิน น้ำ อากาศ และเข้าสู่วัฏจักรของระบบนิเวศทางห่วงโซ่อาหารได้ เนื่องจากเมื่อทำการฉีดพ่นสาร ร้อยละ 20 ของสารจะติดค้างอยู่บนผิวพืช และอีกร้อยละ 80 จะตกลงบนดิน หรือถ้าพ่นสารโดยใช้เครื่องบินประมาณร้อยละ 25 ของสารจะตกถึงพืชที่ต้องการ ส่วนอีกร้อยละ 75 จะกระจายไปในอากาศ และอาจมีสารบางส่วนไปตกในบริเวณที่ไม่ต้องการ เริ่มจากสารนี้ตกค้างในดินและส่วนของต้นพืชบริเวณที่ใช้งาน สารบางส่วนจะแพร่กระจายไปในบรรยากาศบางส่วนซึมลงในดิน ถ้าฝนตกสารเหล่านี้จะถูกฝนชะและพัดพาไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดินและลงสู่แหล่งน้ำต่อไป เมื่อสารเหล่านี้ลงสู่น้ำแล้วจะไม่ค่อยละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อยมาก โดยสารจะถูกดูดซับไว้ที่ผิวของอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในน้ำและในที่สุดจะจมลงสู่ท้องน้ำ ทำให้สารเหล่านี้สะสมอยู่ในดินตะกอน (sediment) ซึ่งเสวต (2519) พบว่าการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในตะกอนดินมีสารตกค้างมากกว่าในน้ำ เช่นเดียวกับการศึกษาของ ยงยุทธ (2531) ที่ตรวจพบสารตกค้างในตัวอย่างดินตะกอนมีค่าสูงกว่าในน้ำประมาณ 322 เท่า และจากรายงานของ นวลศรี (2533) พบสารตกค้างในดินตะกอนมากกว่าในน้ำ โดยพบปริมาณสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำ 0.01 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนในดินตะกอนพบในปริมาณ 0.1-81.0 นาโนกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง ด้วยเหตุนี้สัตว์ที่อาศัยอยู่หน้าดินตะกอนท้องน้ำ (benthic organism) จะมีสารเหล่านี้สะสมอยู่ในร่างกาย ซึ่งสัตว์หน้าดินเหล่านี้มีความสำคัญในห่วงโซ่อาหารในแหล่งน้ำ

1. การแพร่กระจายของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดิน

ในการเพาะปลูกพืชเกษตรกรส่วนใหญ่ต้องใช้สารกำจัดศัตรูพืชทั้งก่อนปลูก ขณะที่พืชกำลังเติบโตและก่อนการเก็บเกี่ยว ดินเป็นแหล่งรองรับสารเหล่านี้โดยตรง นอกจากนี้สารกำจัด

ศัตรูพืชและสัตว์บางชนิดยังนิยมใช้ในอาคารบ้านเรือนด้วย ทำให้โอกาสที่สารเหล่านี้จะสะสมในดินมากยิ่งขึ้น สารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างอยู่ในดินอาจมีการเปลี่ยนแปลงในหลายลักษณะ ได้แก่

1. สลายตัวโดยปฏิกิริยาทางเคมี (chemical decomposition)
2. สลายตัวโดยแสง (photodegradation)
3. สลายตัวโดยจุลินทรีย์ย่อยสลาย (microbial degradation)
4. ระเหยจากดินสู่บรรยากาศ (volatilization)
5. เคลื่อนย้ายไปสู่แหล่งน้ำ (movement by runoff and water-table)
6. เข้าสู่สิ่งมีชีวิต (plant or organism uptake)

2. การแพร่กระจายสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนสู่แหล่งน้ำ

การแพร่กระจายของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์สู่แหล่งน้ำ มาจากสาเหตุต่างๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อมมีดังนี้ (นวลศรี, 2533)

1. การฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง เพื่อกำจัดยุงและวัชพืชน้ำ
2. การกัดชะดินของฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดิน (runoff) ผ่านพื้นที่ที่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ก่อนลงสู่แหล่งน้ำ
3. การระบายน้ำทิ้งจากบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ลงสู่แหล่งน้ำ โดยมิได้มีวิธีกำจัด
4. การใช้สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในบริเวณพื้นที่เกษตรใกล้กับแหล่งน้ำ

การตกค้างของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

สารฆ่าแมลงบางชนิดอาจสลายตัวง่าย แต่บางชนิดมีความคงทนมาก สามารถสะสมเป็นเวลานานๆ เช่น สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนเป็นสารที่สลายตัวยากมีความคงทน สำหรับความคงทนของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ หมายถึงระยะเวลาที่สารฆ่าแมลงสลายตัวอย่างสมบูรณ์ในสภาวะปกติในอัตราส่วนต่ำสุดร้อยละ 95 ระดับความคงทนของสารฆ่าแมลงจะมี 4 ระดับด้วยกัน (George & Kagan, 1991)โดยใช้ระยะเวลาที่มีความคงตัวอยู่ในสภาพแวดล้อมเป็นเกณฑ์ ดังตารางที่ 2 และเมื่อพิจารณาตารางที่ 3 การตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินจะพบว่าสารในกลุ่มนี้อยู่ในระดับความคงทนสูง (hightly persistence)

ตารางที่ 2 ลำดับความคงทนของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ และระยะเวลาที่มีความคงตัวอยู่ในสภาพแวดล้อม (George & Kagan, 1991)

ระดับความคงทน	ระยะเวลา ที่สารตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม
Hightly Persistence	> 2 ปี
Persistence	6 เดือน - 1ปี
Moderately Persistence	1 เดือน - 6 เดือน
Slightly Persistence	< 1 เดือน

ตารางที่ 3 ความคงทนของสารพิษที่สะสมอยู่ในดิน ระยะเวลา (ปี) ที่ใช้ในการสลายตัว 50% (ค่าครึ่งชีวิต) และการสลายตัว 95% (นวลศรี, 2533)

ชนิดของสารพิษ	สลายตัว50%	สลายตัวร้อยละ 95
อัลดริน	1-4	2-6
คลอเดน	2-4	3-5
ดีดีที	3-10	4-30
ดิลดริน	1- 7	5-25
เฮปตาคลอร์	3- 5	6-12
บีเอชซี	2	-
เอนดริน	4 -8	-
ท๊อกซาฟีน	10	-

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในแหล่งน้ำมีดังนี้

1. คุณสมบัติของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ อันได้แก่ การละลายน้ำ การระเหย กำลังในการแยกส่วน K_{ow} (degree of partition) ขบวนการหลักนี้มีอิทธิพลต่อความคงทนของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ โดยเฉพาะสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนนี้ประกอบด้วยไฮโดรเจนอะตอม (H) คาร์บอนอะตอม (C) และคลอรีนอะตอม (Cl) ซึ่งคลอรีนอะตอมในสารประกอบจะมีผลต่อความสามารถในการละลายน้ำของสารประกอบ ถ้ามีจำนวนคลอรีนอะตอมมากอัตราการละลายจะลดลง (Haque, Kearney & Freed, 1977) ถ้าสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ละลายน้ำได้ดีจะส่งผลให้สาร

ไม่สะสมในโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต ส่วนคุณสมบัติการระเหยซึ่งมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายไปตามสิ่งแวดล้อมต่างๆ นั้น อัตราการระเหยจะขึ้นกับความดันไอ สารฆ่าแมลงที่มีความดันไอสูงจะมีอัตราการระเหยได้สูงกว่าสารฆ่าแมลงที่มีความดันไอต่ำ Weber (1994) พบว่า 43% ของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนมีอัตราการระเหยของสารในระดับต่ำ และ 57 % มีความดันไอในระดับปานกลางถึงสูง ดังตาราง4 แสดงการละลายในน้ำและความดันไอของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่อุณหภูมิ 20-25 องสาเซลเซียส จะพบว่าสารในกลุ่มนี้ละลายในน้ำได้น้อยมาก ส่วนลินเดนสามารถละลายน้ำได้ดีที่สุด

ตารางที่ 4 การละลายน้ำและความดันไอของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส (Metcalf & McKelvery, 1976)

ชนิดของสารฆ่าแมลง	สูตรเคมี	การละลายน้ำ (ppm)	ความดันไอ (mmHg)
ดีดีที	$C_{14}H_9Cl_{15}$	0.0012	1.9×10^{-7}
ดีดีอี	$C_{14}H_8Cl_4$	0.0013	4.0×10^{-5}
ดีดีดี	$C_{14}H_{10}Cl_4$	0.002	4.68×10^{-6}
อัลดริน	$C_{12}H_8Cl_6$	0.027-0.20	1.8×10^{-7}
ดิลดริล	$C_{12}H_8Cl_6O$	0.05-0.25	2.0×10^{-7}
เอนดริน	$C_{12}H_8Cl_6O$	0.06-0.23	3.0×10^{-4}
เฮปตาคลอร์	$C_{10}H_5Cl_7$	0.056	3.00×10^{-4}
เฮปตาคลอร์-อีปอกไซด์	$C_{10}H_5Cl_7O$	0.35	2.60×10^{-6}
คลอเดน	$C_{10}H_6Cl_8$	0.009	9.4×10^{-4}
ลินเดน	$C_6H_6Cl_6$	7.3	9.46×10^{-6}

2. คุณสมบัติของน้ำในแหล่งน้ำ อันได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และจุลินทรีย์ในน้ำเนื่องจากปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยสำคัญต่อการย่อยสลาย และความคงทนของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในแหล่งน้ำโดยอุณหภูมิจะมีผลต่อการระเหยและการละลายของสาร ส่วนความเป็นกรด-ด่างจะมีผลต่อความสามารถในการแตกตัวขององค์ประกอบของสาร (ก่องกนก, 2536) เมื่อสารลงสู่แหล่งน้ำแล้วจะมีปัจจัยต่างๆ เข้ามาเกี่ยวข้องหลายประการดังนี้

1. อัตราการระเหยขึ้นสู่บรรยากาศของสาร อาจมีได้บ้างในปริมาณน้อยมาก เนื่องจากสารส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสารแขวนลอยและตกตะกอน

2. ชนิดของอนุภาคดินที่ ดูดซับสารที่แตกต่างกัน จะสามารถดูดซับได้ไม่เท่ากัน

3. ปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำถ้าบริเวณใดของแหล่งน้ำมีสารอินทรีย์อยู่มากก็มักตรวจพบสารในปริมาณสูงด้วย (นวลศรี, 2533)

4. ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ การปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในแหล่งน้ำมักเกิดจากการใช้ประโยชน์ของที่ดินทางการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ วิภา (2523) ได้ศึกษาถึงการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำของลำธารประเทศไทยซึ่งระบายมาจากพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกัน 3 ลักษณะ คือป่าดิบแล้งธรรมชาติ ไร่ร้าง และพื้นที่เกษตรกรรมกับที่อยู่อาศัย ณ บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา พบการปนเปื้อนของดิลดรินมากที่สุดในพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่อยู่อาศัย รองลงมาคือไร่ร้าง และพบน้อยมากในป่าดิบแล้งธรรมชาติ

การสะสมของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในสิ่งมีชีวิต (bioaccmulation of organochlorine pesticides)

สิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องของอาหารที่กิน เช่นเป็นผู้กินสิ่งมีชีวิตอย่างหนึ่งเป็นอาหาร ก็อาจถูกสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นกินเป็นอาหารอีกทอดหนึ่ง จากชั้นของอาหาร (trophic level) ต่ำไปสู่ระดับสูงเป็นลำดับไป เรียกลักษณะนี้ว่า โซ่อาหาร ลักษณะสำคัญอย่างหนึ่งของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน คือสามารถสะสมสารพิษ โดยพบว่าสิ่งมีชีวิตในชั้นอาหารที่แตกต่างกันมักมีปริมาณสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนสะสมในปริมาณที่แตกต่างกันในสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในขั้นสูงกว่าจะมีปริมาณสารสะสมมากกว่าสิ่งมีชีวิตในขั้นที่ต่ำกว่า ซึ่งเรียกการเพิ่มความเข้มข้นของสารพิษตกค้างขึ้นตามชั้นของอาหารว่าเป็นการเพิ่มขยายทางชีวภาพ (biomagnification) (Francois, 1994) การศึกษาสารพิษตกค้างในแพลงก์ตอนซึ่งเป็นตัวเริ่มต้นของห่วงโซ่อาหารโดยประภัสสรา และคณะ (2522) พบว่าสารพิษส่วนใหญ่เป็นสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน โดยพบสารกลุ่มดีดีทีสูงถึง 0.852 ไมโครกรัมต่อกรัม ในแพลงก์ตอนสัตว์จากแม่น้ำเจ้าพระยา และพบดีลดริล 1.998 ไมโครกรัมต่อกรัม ในตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชจากบริเวณอ่าวไทยตอนบน และพบ เอนดริน 0.903 ไมโครกรัมต่อกรัม ในแพลงก์ตอนสัตว์จากแม่น้ำท่าจีน และแพลงก์ตอนพืชสามารถสะสมแร่ธาตุและสารพิษที่เป็นสารอินทรีย์ได้ปริมาณมาก (Francois, 1994) จากการศึกษาของวิภา (2522) ได้พบว่าสารตกค้างกลุ่มออร์กาโนคลอรีนใน น้ำ:ตะกอนดิน:ปลา มีค่า 1:8,000:13,500 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสิ่งมีชีวิตสามารถสะสมสารพิษได้มากกว่าสภาพแวดล้อมหลายพันเท่า การสะสมของสารพิษในโซ่อาหารนี้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตระดับสูงที่อาศัยสิ่งมีชีวิตระดับต่ำเป็นอาหาร โดยเฉพาะมนุษย์ซึ่งเป็นผู้บริโภคอันดับสูงสุดในโซ่อาหารน่าจะมีโอกาสรับสารพิษสูงที่สุดด้วย มีการศึกษาพบว่าเมื่อน้ำมีปริมาณดีดีที 0.00005 ส่วนในล้านส่วน ได้ทำ

ให้แพลงก์ตอนมีดีดีที 0.040 ส่วนในล้านส่วน กุ้งซึ่งกินแพลงก์ตอนมีดีดีที 0.16 ส่วนในล้านส่วน ปลาที่กินกุ้งมีดีดีที 0.94 ส่วนในล้านส่วน (Woodwell, Wurster & Isacson, 1967) และจากการสำรวจบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา พบสาร ดิลดริลในน้ำเพียง 0.09 ส่วนในล้านส่วน แต่พบสะสมอยู่ในสัตว์น้ำสูงถึง 0.105 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งสูงกว่าที่พบในน้ำประมาณ 1000 เท่า เช่นเดียวกับบริเวณแม่น้ำ แม่กลองพบปริมาณ ดิลดริลในน้ำ 0.07 ส่วนในพันล้านส่วน แต่พบในสัตว์น้ำถึง 0.358 ส่วนในพันล้านส่วน ซึ่งคิดเป็น 5,000 เท่าของปริมาณที่พบในน้ำ ประภัสสรา และคณะ (2522) และจากการศึกษาของชลีรัตน์ (2519) พบว่าการสะสมของสารดีดีที ดีดีอี ดีดีดีในปลา กุ้ง และนกบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีค่าเพิ่มขึ้นตามชั้นของอาหาร โดยพบสารตกค้างในนกมากกว่าในตัวอย่างปลา 10 เท่า ในปลาตรวจพบมากกว่าในกุ้ง 2 เท่า และกรรณิการ์ (2522) พบว่ามีการสะสมของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ตามห่วงโซ่อาหารในบริเวณโครงการชลประทานป่าสักใต้ โดยพบว่าการตกค้างของเฮปตาคลอร์ และ พารา,พารา-ดีดีอี เพิ่มมากขึ้นตามชั้นอาหารที่สูงขึ้น และพบว่าน้ำหนักของตัวอย่างมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับปริมาณของสารพิษ และมีการศึกษาพบว่าในปลากินพืชชนิดหนึ่ง (Pimephales promelas) อยู่ในแหล่งน้ำที่มีเอนดรินปนเปื้อนอยู่ในระยะเวลาเพียง 2-3 เดือนจะมีปริมาณการสะสมในร่างกายได้ถึงประมาณ 10,000 เท่าที่มีอยู่ในน้ำ (Francois, 1994) นอกจากนี้พฤติกรรมการกินที่แตกต่างกันก็มีผลต่อการสะสมสารที่แตกต่างกันด้วย จากการศึกษาของ Hoshi et al., 1997 พบว่าสารตกค้างในนกที่กินสัตว์เป็นอาหารมีปริมาณสูงกว่าในนกที่กินพืช เช่นเดียวกับการศึกษาของนวลศรี (2533) ในผู้บริโภคอันดับสูงขึ้นไปของห่วงโซ่อาหารของสัตว์น้ำไม่มีกระดูกสันหลังโดยเฉพาะหอยสองฝาสามารถสะสมสารพิษจากอาหารในปริมาณที่มาก ซึ่งหอยกินอาหารโดยการกรองจากน้ำ มีการศึกษาพบว่าหอยสองฝามีค่า concentration factor ของ ดีดีที และ พีซีบี เท่ากับ 690,000 (Francois, 1994) อัตราการสะสมของสารพิษในสภาพแวดล้อมทางน้ำมีอัตราสูงกว่าสภาพแวดล้อมทางบก เหตุผลที่สำคัญคือคุณสมบัติในการละลายได้ดีในไขมันของสารกลุ่มนี้โดยอาศัยน้ำเป็นตัวกลางที่สำคัญในการเคลื่อนย้ายไปสะสมในสิ่งมีชีวิตต่างๆ เหตุผลอีกข้อหนึ่งก็คือ สิ่งมีชีวิตชั้นสูงในน้ำมีโอกาสได้รับสารพิษ 2 ทาง คือได้รับโดยตรงจากน้ำซึ่งอยู่ล้อมรอบและได้รับผ่านทางอาหารที่กินเข้าไป

ในสิ่งมีชีวิตชั้นสูงเช่นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมีการศึกษาถึงรูปแบบการสะสมของสารกลุ่มนี้กันมาก โดยพบว่าสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนสามารถถ่ายทอดทางน้ำนมเข้าสู่ตัวอ่อนได้ โดยมีการตรวจพบ พารา,พารา-ดีดีที, ออร์โธ, พารา-ดีดีที, เฮปตาคลอร์ ตกค้างในน้ำนมหญิงชาวจอร์แดน (Alawi, Ammari & Al-shuraiki, 1992) และในปี 1998 พบว่ายังคงมีการตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำนมของหญิงชาวจอร์แดนโดยพารา,พารา-ดีดีอี เป็นสารที่ถูกตรวจพบมากที่สุด 80.3% (Kefaya, 1998) ในสัตว์เพศผู้เพศเมียก็มีการสะสมที่แตกต่างกัน จาก

การศึกษาของ Tanabe et al., 1997 พบว่าในตัวอย่างโลมาเพศเมียวัยเจริญพันธุ์มีปริมาณสารตกค้างต่ำกว่าในวัยอื่น ซึ่งผู้วิจัยกล่าวว่าในเพศเมียมีการส่งผ่านสารพิษที่สะสมไว้ไปยังลูกโดยผ่านทางน้ำนม ส่วนในเพศผู้ปริมาณการตกค้างของสารแปรผันตามอายุ และในตัวอย่างแมวน้ำเพศเมียจะพบว่าในวัยเจริญพันธุ์ปริมาณสารพิษจะลดลงอย่างมาก (Tanabe et al., 1994) มนุษย์ก็เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิดหนึ่งจึงเป็นที่น่าวิตกว่าเด็กที่เกิดมาในอนาคตอาจได้รับผลกระทบจากการสะสมของสารพิษเหล่านี้ได้

อันตรายและผลกระทบจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน

สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่นำมาใช้เพื่อรักษาผลผลิต หรือเพื่อป้องกันการรบกวนของแมลงตามเคหะสถานนั้น โดยเฉพาะสารอินทรีย์สังเคราะห์เป็นสารที่มีความเป็นพิษสูงและบางชนิดมีความคงทนในสิ่งแวดล้อม สารบางตัวอาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทางตรงเกิดจากการได้รับสารระหว่างใช้ ทางอ้อมเกิดจากการได้รับสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ตกค้างในอาหารที่บริโภคตลอดจนอยู่ในสิ่งแวดล้อม

1. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นพิษของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์

ปัจจัยที่เกี่ยวกับสมบัติของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์แต่ละชนิด สมบัติทางเคมีและสมบัติทางฟิสิกส์มีส่วนเกี่ยวข้องที่สำคัญกับความเป็นพิษอันได้แก่ ส่วนประกอบทางเคมี เสถียรภาพ และความเป็นกรด-ด่าง รูปแบบสูตรผสมของสารรวมทั้งสารเติมแต่งในการผลิตที่ใส่เพิ่มลงไป ยังมีผลต่อเนื่องกับคุณสมบัติอื่นๆเช่น

1. วิถีทางที่เข้าสู่ร่างกาย
2. ปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตที่ได้รับสาร ได้แก่ ชนิดของสิ่งมีชีวิต ความแตกต่างทางพันธุกรรม อายุ และเพศ เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้จะเกี่ยวเนื่องกับสภาพทางร่างกายทางสรีระวิทยาของสิ่งมีชีวิต เช่นแมลงตัวอ่อนมักจะมีความไวต่อสารพิษมากกว่าแมลงตัวเต็มวัย เนื่องจากในระยะตัวอ่อนกระบวนการเมทาบอริซึมของสารพิษในร่างกายยังพัฒนาไม่สมบูรณ์
3. ระยะเวลาที่ได้รับสาร และความถี่ของการได้รับสาร
4. ปริมาณสารที่ได้รับ
5. ความเร็วในการกำจัดสารออกจากร่างกาย

ปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นและฤดูกาล เป็นต้น อุณหภูมิเป็นปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่แสดงผลชัดเจนที่สุด เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่ออัตราการเกิดกระบวนการต่างๆในร่างกาย เช่นการดูดซึมและการกระจายตัว การเปลี่ยนแปลงและการขับถ่ายสาร การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมีผลต่อการทำงานของระบบเอนไซม์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกลไกการออกฤทธิ์และการทำลายพิษของสาร

พิษของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนสามารถพบได้ทั้งแบบเฉียบพลัน (acute toxicity) อาการพิษต่อระบบประสาทส่วนกลางในกรณีของดีดีที อาการแรกที่พบได้แก่ การเคลื่อนไหวที่ไม่ประสานกันของสิ่งมีชีวิต ตามด้วยอาการสั่นทางร่างกายและแขนขา ผู้ที่ได้รับสารพิษจะแสดงอาการไวต่อสิ่งเร้ามาก กระวนกระวาย เวียนศีรษะ เสียการทรงตัว มีอาการชัก ตัวเขียวคล้ำ ถ้าได้รับมากๆ ระบบหายใจจะล้มเหลวและตายได้ ส่วนพิษแบบเรื้อรัง (chronic toxicity) ในคนจะมีอาการผิดปกติต่อระบบทางเดินอาหาร เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน น้ำหนักลด เหน็ดเหนื่อย และเมื่อยล้าตามร่างกาย โดยจะมีสะสมในตับ ใน adipose tissue มีผลต่อระบบประสาทและมีผลต่อ thyroid hormones โดยทำให้เกิดความผิดปกติของฮอร์โมนเพศ ลดการผลิตอสุจิในเพศชาย ก่อให้เกิดความผิดปกติของระบบอวัยวะหรือพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนแปลงไปเช่นในปลาที่กินยุง (gambysia) เมื่อได้รับดีดีทีในขนาด 20 ppb เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชอบที่จะอยู่ในน้ำที่มีความเค็มเพิ่มมากขึ้น 2 เท่า (พาลาภ, 2540) ปลาซัลมอนวัยอ่อน (salmon fingerling) เมื่อได้รับดีดีที 5 ppb เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะมีพฤติกรรมรุนแรงในการหลีกเลี่ยงน้ำ ฯลฯ และสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนเป็นสารที่ทำให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง มีผู้ทำการศึกษาพบว่าการได้รับสารกลุ่มนี้เป็นเวลานานๆจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดมะเร็งเต้านมในผู้หญิง ในสหรัฐอเมริกาพบว่าดีดีอี ทำให้เปลือกไข่ของนกบอบบางมากจนแตกง่ายก่อนที่จะฟักเป็นตัวและผลกระทบนี้เกือบทำให้ประชากรของนกอินทรีย์ต้องสูญพันธุ์ การที่เปลือกไข่บางลงเป็นผลจากการลดลงของปริมาณแคลเซียมในเปลือกไข่ ซึ่งสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนหลายชนิดทำให้เกิดความผิดปกติในการสร้างแคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งเป็นสารประกอบสำคัญในเปลือกไข่

2. **ปัญหาต่อสุขภาพของมนุษย์**

การตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในมนุษย์ เช่นเดียวกันกับสัตว์ทั้งหลาย ซึ่งสามารถรับสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ได้ 2 ทาง คือ โดยทางตรงได้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องกับสาร เช่นเกษตรกร ประชาชนที่ใช้สารตามอาคารบ้านเรือนหรือคนงานในโรงงานที่เกี่ยวข้องกับสารพิษ โดยทางอ้อมคือ จากการกินอาหารหรือดื่มน้ำที่มีสารพิษปนเปื้อนอยู่

สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนมีการรวมตัวกับไขมันในลักษณะการรวมตัวทางฟิสิกส์ (physical binding) ตราบใดที่ไขมันยังไม่ละลายหรือไขมันยังสามารถดูดซับสารไว้ได้ความเป็นพิษของร่างกายส่วนอื่นจะยังไม่ปรากฏ เมื่อใดที่ไขมันส่วนนี้สลายตัวให้เป็นพลังงานตามความต้องการของร่างกาย สารพิษเหล่านี้จะถูกปล่อยเข้าสู่กระแสโลหิตและอวัยวะสำคัญอื่นๆ สารหลายชนิดในกลุ่มนี้เช่น อัลดริน และเฮปตาคลอร์ จะถูกเปลี่ยนแปลงโดยเอนไซม์ในตับได้สารอีปอกไซด์ซึ่งมีความเป็นพิษสูงขึ้น

ตามหลักการทางพิษวิทยาสารเคมีอาจทำให้เกิดอันตรายในลักษณะของพิษเรื้อรังต่อมนุษย์ได้ 3 ประการคือ

1. การทำให้เกิดมิวเทชั่น (mutagenesis)
2. การทำให้เกิดมะเร็ง (carcingenesis)
3. การทำให้เกิดความผิดปกติของลูกวิรูป (teratogenesis)

สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนและการเกิดมะเร็ง มีรายงานว่าสารในกลุ่มนี้มีฤทธิ์ก่อมะเร็งในสัตว์ทดลอง และมีข้อถกเถียงกันว่าสารพิษที่ทำให้เกิดความผิดปกติในสัตว์ทดลองนั้นจะทำให้เกิดความผิดปกติในมนุษย์ได้เช่นเดียวกันหรือไม่ เนื่องจากสัตว์แต่ละชนิด (species) หรือแม้แต่ชนิดเดียวกันแต่คนละสายพันธุ์ (strain) อาจมีการตอบสนองต่อวัตถุมีพิษในลักษณะที่แตกต่างกัน จึงเป็นการยากที่จะนำผลจากสัตว์ทดลองมาเปรียบเทียบโดยตรงกับมนุษย์ นอกจากนั้นการเกิดมะเร็งอาจปรากฏขึ้นภายหลังจากการได้รับสารเป็นเวลานาน ปัจจุบันยังไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างความเป็นพิษที่เกิดขึ้นจากการศึกษาในสัตว์ทดลองและอันตรายที่เกิดขึ้นกับมนุษย์ แต่ก็มีการประเมินฤทธิ์ก่อมะเร็งของสารเคมีในคนพบว่าดีดีที และบีเอชซี เป็นสารเคมีที่มีหลักฐานบ่งชี้พอสมควรว่าทำให้คนเป็นมะเร็งได้ ดังตาราง 5 แสดงฤทธิ์ก่อมะเร็งของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน และอวัยวะที่เสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งในคนและสัตว์ทดลอง

โดยองค์การวิจัยโรคมะเร็งระหว่างประเทศ: IARC, international agency research on cancer ได้แบ่งระดับการประเมินฤทธิ์ก่อมะเร็งของสารเคมีในคนเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม 1 : สารเคมีที่มีหลักฐานบ่งชี้แน่ชัดว่าทำให้คนเป็นมะเร็งได้
กลุ่ม 2A : สารเคมีที่มีหลักฐานบ่งชี้ค่อนข้างแน่ชัดว่าทำให้คนเป็นมะเร็งได้
กลุ่ม 2B : สารเคมีที่มีหลักฐานบ่งชี้พอสมควรว่าทำให้คนเป็นมะเร็งได้
กลุ่ม 3 : สารเคมีที่ยังไม่สามารถบ่งชี้ว่าทำให้คนเป็นมะเร็งได้
กลุ่ม 4 : สารเคมีที่มีหลักฐาน ว่าไม่ทำให้คนเป็นมะเร็งได้

ตารางที่ 5 ฤทธิ์ก่อมะเร็งของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและอวัยวะที่เสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งในคนและสัตว์ทดลอง (สุภาณี, 2537)

ชนิดสาร	ชนิดสัตว์ทดลอง	ฤทธิ์ก่อมะเร็งคน(กลุ่ม)	อวัยวะที่เป็น
aldrin	หนู	3	ตับ
chlordane,heptachlor	หนู	3	ตับ
DDT	หนู	2B	ปอด,ตับ และเม็ดโลหิต
Dieldrin	หนู	3	ตับ
BHC	หนู	2B	ตับ,leukemia
Methoxychlor	หนู	3	ตับ
Toxaphene	หนู	2B	ตับ,leukemia และต่อมไทรอยด์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์สำหรับเก็บดิน

1.1 แกร็บเก็บตะกอนดินแบบปีเตอร์เซน (Petersen Grab)

1.2 อลูมิเนียมฟอยด์พร้อมถุงพลาสติก

2. อุปกรณ์สำหรับวัดคุณภาพน้ำในภาคสนาม

2.1 pH Meter

2.2 Dissolve Oxygen Meter

2.3 อุปกรณ์วัดความโปร่งแสง (Sechi Disc)

2.4 Refractometer

2.5 อุปกรณ์วัดความลึก

3. อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

3.1 Gas Chromatograph (HP 5890 series II)

3.2 Freeze-Dryer ของ FTS system

3.3 Heating Mantle

3.4 Rotary Evporation (vapour RE-11)

3.5 Analytical Balance

3.6 Soxhlet Extractor

3.7 Column สำหรับเครื่อง Gas Chromatograph

3.8 Column สำหรับการ Clean up

3.9 Vial สำหรับ Gas Chromatograph

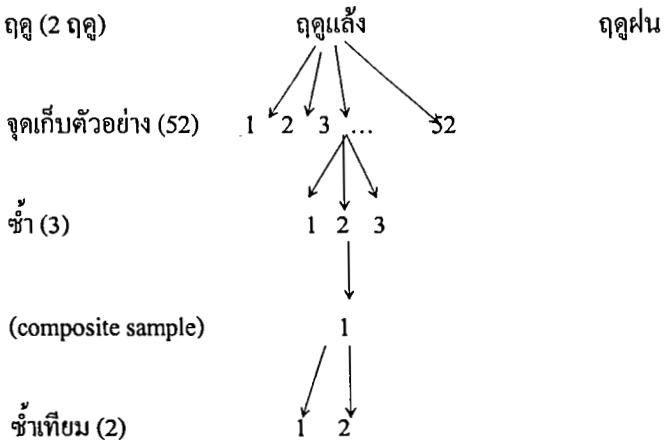
3.10 แก๊สฮีเลียม แก๊สไนโตรเจน และอุปกรณ์สำหรับเครื่อง Gas Chromatograph

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

1. n-hexane AR grade ของ Mallinckrodt, U.S.A.
2. n-hexane pesticide grade ของ Merck, Germany
3. Acetone AR grade ของ Merck, Germany
4. Dichloromethane AR grade ของ Merck, Germany
5. Florisil ขนาด 60-80 mesh for chromatography ของ Merck, Germany
6. Sodium Sulfate Anhydrous AR grade ของ Merck, Germany
7. สารละลายมาตรฐานสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ของ Chem Service., U.S.A.

แบบแผนการวิจัย (Research Design)

เป็นการวิเคราะห์สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน โดยมีแบบแผนการศึกษา ตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แบบแผนการเก็บตัวอย่างดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก

ขั้นตอนและวิธีในการวิจัย การเก็บข้อมูล การกำหนดพื้นที่

การกำหนดพื้นที่ และสถานี

การกำหนดพื้นที่ศึกษาได้กำหนดให้ครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัดชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก โดยเริ่มจากบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา จนถึงปากแม่น้ำตราดจังหวัดตราด ได้แก่ เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และเขตอุตสาหกรรม (ตารางที่ 6 และภาพที่ 2)

ชนิดสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน

ชนิดสารที่ทำการวิเคราะห์รวม 20 ชนิด แบ่งออกเป็นกลุ่มต่างๆ ได้ดังนี้ กลุ่มบีเอชซี (BHCs) ได้แก่เบต้า-บีเอชซี (β-BHC), แอลฟา-บีเอชซี (α-BHC), ลินเดนหรือแกมม่า-บีเอชซี (lindane; γ-BHC), เดลต้า-บีเอชซี (δ-BHC), สารกลุ่มไซโคลไดอีน (cyclodiene) ได้แก่ เฮปตาคลอร์ (heptachlor), เฮปตาคลอร์-อีพอกไซด์ (heptachlor- epoxide), อัลดริน (aldrin), ดีลดริน (dieldrin), ทราน คลอร์เดน (tran chlordane) ซีส คลอร์เดน (cis- chlordane), เอนดริน (endrin), เอนดรินอัลดีไฮด์ (endrin aldehyde), เอนดรินคีโตน (endrin ketone) สารกลุ่มดีดีที (DDTs) ได้แก่ พารา-พารา-ดีดีที (p,p'-DDT), พารา-พารา-ดีดีอี (p,p'-DDE), พารา-พารา-ดีดีดี (p,p'-DDD), เมทอกซีคลอร์ (methoxychlor) และเอนโดซัลแฟน (endosulfan) ได้แก่ เอนโดซัลแฟน-1 (endosulfan-1), เอนโดซัลแฟน-2 (endosulfan-2) และเอนโดซัลแฟนซัลเฟต (endosulfan sulfate)

การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

- เก็บตัวอย่างดินตะกอนโดยใช้ Grab เก็บบริเวณแหล่งเพาะเลี้ยงและแหล่งอุตสาหกรรม ทั้งหมด 20 สถานี 52 จุดเก็บตัวอย่าง เก็บจุดละ 3 ซ้ำ แล้วนำตัวอย่างดินตะกอนมารวมกัน (composite sample) โดยเก็บตัวอย่าง 2 ช่วงเวลาคือช่วงฤดูแล้ง (มีนาคม 2547) และช่วงฤดูฝน (สิงหาคม 2547) รวมตัวอย่างทั้งหมด 208 ตัวอย่าง

- การเตรียมตัวอย่างดินตะกอนเพื่อวิเคราะห์สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน นำตัวอย่างดินตะกอนมาทำให้แห้งโดยเครื่อง Freeze dry จากนั้นร่อนเอากรวดและเปลือกหอยออก นำไปเก็บที่ 4 องศาเซลเซียสรอการวิเคราะห์ต่อไป

- การสกัดตัวอย่าง สกัดตัวอย่างโดยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้ชุดสกัดที่เรียกว่า Soxhlet extraction นำตัวอย่างดินที่ทำให้แห้งแล้วมาประมาณ 2 กรัม ใส่ใน Thimble สกัดด้วยตัวทำละลาย เฮกเซน: อะซีโตน (1:1) ปริมาตร 250 มล.ใช้เวลาในการสกัด 10 ชั่วโมง

- การกำจัดสิ่งปนเปื้อนออกจากสิ่งสกัด ทำการแยกส่วนของสารปนเปื้อนออกจากสารฆ่าแมลงโดยใช้ฟลอริซิล ตามวิธีของ Tanabe et al., (1994) จากนั้นนำสิ่งสกัดที่ผ่านออกจากคอลัมน์ไปลดปริมาตรโดยใช้ชุดระเหยแห้งและกำจัดกำมะถันโดยใช้แผ่นทองแดงแล้วจึงปรับปริมาตรให้เป็น 5 มิลลิลิตร ด้วยเฮกเซน นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสารต่อไป

- การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนโดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี ทำการแยกและตรวจวัดชนิดและปริมาณของสารฆ่าแมลงด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟของ Hewllet Packard รุ่น HP 5890 Series II ตัวตรวจวัดแบบ ECD คอลัมน์แบบ capillary column

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

นำตัวอย่างที่สกัดเรียบร้อยแล้วมาแยกและตรวจวัดชนิดและปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟ รุ่น HP 5890 Series II ตัวตรวจวัดชนิดอีซีดี (GC/ECD) โดยมีสภาวะในการวิเคราะห์ดังนี้

สภาวะที่ใช้ในการทดลอง

คอลัมน์	BP 5 ขนาด 30 m. x 0.32 mm. x 0.25 μm. (length x id x film thickness)
แก๊สเคลื่อนที่	แก๊สฮีเลียม อัตราการไหล 1.8 มล/นาที
อุณหภูมิเตาอบ	90 $^{\circ}$ C 0.5 min 90° C ⟶ 180° C (5 min, 15° C/min) 180° C ⟶ 230° C (7 min, 3° C/min)
อุณหภูมิช่องฉีดสาร	250° C
อุณหภูมิเครื่องตรวจวัด	300° C
เครื่องตรวจวัด	ECD
ชนิดการฉีด	splitless
ปริมาตรที่ฉีด	1 μL

ตารางที่ 6 สถานีตรวจวิเคราะห์สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

Zone	Location	Station	Distance	Staiton code	Latitude	Longitude	Main Activity in the Area
	ปากแม่น้ำบางปะกง	แม่น้ำบางปะกง (วัดบน)	n	A1	N 13° 29' 51"	E100°59'877"	การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
ปากแม่น้ำบางปะกง - อ่างศิลา		ปากแม่น้ำบางปะกง (ทุ่น 7)	o	A1.1	N13°26'803"	E100°57'054"	(หอยนางรม หอยแมลงภู่
Zone A		ปากแม่น้ำบางปะกง (ขวา)	o	A1.2	N13°26'574"	E100°57'422"	ปลาในกะชัง)
Bangpakong Estuary - Angsila		ปากแม่น้ำบางปะกง (ซ้าย)	o	A1.3	N 13°27'183"	E 100°57'174"	Aquaculture Zone
	อ่าวชลบุรี-ห้วยกะปิ	อ่าวชลบุรี (หน้าศาลากลาง)	n	A2	N 13°21'983"	E 100°58'477"	
		ห้วยกะปิ	o	A2.1	N 13°21'572"	E 100°56'809"	
	อ่างศิลา	อ่างศิลา (ท่าเรือประมง)	n	A3	N 13°20'251"	E 100°55'555"	
		อ่างศิลา (คลองโปรง)	o	A3.1	N 13°19'471"	E 100°54'868"	
	บางพระ	บางพระ	o	C1.1	N 13°12'393"	E 100°55'274"	อุตสาหกรรมขนาดกลาง
แหลมฉบัง	ศรีราชา-ผาแดง	ศรีราชา (เกาะลอย)	n	C2	N 13°10'033"	E 100°55'470"	และท่าเรือน้ำลึก
(บางพระ - นาเกลือ)		ผาแดง	o	C2.1	N 13°08'995"	E100°55'829"	Industry Zone
	อ่าวอุดม-แหลมฉบัง	อ่าวอุดม (กลางอ่าว)	n	C3	N 13°07'423"	E100°53'881"	
Zone C	(หัวเขา)						(Industry and Sea Port)
Laem Chabang		แหลมฉบัง (หัวเขา)	o	C3.1	N 13°04'514"	E100°52'090"	
(Bangpra – Na Klue)	ท่าเรือแหลมฉบัง	ท่าเรือแหลมฉบัง	n	C4	N 13°03'974"	E 100°53'933"	
		แหลมฉบัง (แนวกันคลื่น)	o	C4.1	N 13°02'529"	E 100°53'324"	
	โรงโป๊ะ	โรงโป๊ะ	n	C5	N 13°01'003"	E 100°55'591"	
		โรงโป๊ะ	o	C5.1	N 12°59'583"	E 100°54'074"	

ตารางที่ 6 (ต่อ)

Zone	Location	Station	Distance	Staiton code	Latitude	Longitude	Main Activity in the Area
	ตลาดนาเกลือ	ตลาดนาเกลือ	n	C6	N 12°58'460"	E 100°54'199"	
		ตลาดนาเกลือ	o	C6.1	N 12°58'510"	E 100°53'101"	
	หนองแฟบ	หนองแฟบ	n	E1	N 12°40'447"	E 101°07'013"	นิคมอุตสาหกรรม
มาบตาพุด		ปลายท่าเรือ	o	E1.1	N 12°38'021"	E 101°07'664"	Industry Zone
(มาบตาพุด - ปากแม่น้ำระยอง)	มาบตาพุด	มาบตาพุด (โรงงานปิโตรเคมี)	n	E2	N 12°40'128"	E 101°09'035"	(Industry)
Zone E		สันเขื่อนใกล้เกาะสะเก็ด	o	E2.1	N 12°38'193"	E 101°09'916"	
Map Ta Phut	หาดทรายทอง	หาดทรายทอง	n	E3	N 12°39'973"	E 101°10'527"	
(Map Ta Phut- Rayong Estuary)	ปากคลองบ้านตากวน	ปากคลองบ้านตากวน	n	E4	N 12°39'903"	E 101°11'100"	
		ปากคลองบ้านตากวน	o	E4.1	N 12°39'579"	E 101°11'436"	
	ปากแม่น้ำระยอง	แม่น้ำระยอง	n	E5	N 12°39'360"	E 101°16'804"	
		ปากแม่น้ำระยอง	o	E5.1	N 12° 38'73"	E 101°20'628"	
		ปากแม่น้ำระยอง (ขวา)	o	E5.2	N 12° 38'940"	E 101°17'105"	
		ปากแม่น้ำระยอง (ซ้าย)	o	E5.3	N 12°38'954,	E 101°16'656"	
Zone G	แม่น้ำประแสร์	แม่น้ำประแสร์	n	G1	N 12°42'664"	E 101°42'37"	การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
จันทบุรี - ตราด		ปากแม่น้ำประแสร์	o	G1.1	N 12°41'147"	E 101°42'491"	และประมงชายฝั่ง
(ปากแม่น้ำประแสร์ -		ปากแม่น้ำประแสร์ (ขวา)	o	G1.2	N 12°41'374"	E 101°42'508"	Aquaculture Zone
ปากแม่น้ำตราด)		ปากแม่น้ำประแสร์ (ซ้าย)	o	G1.3	N 12°41'377"	E 101°42'391"	(Aquaculture and
Chantaburi - Trat	ปากแม่น้ำพังราด	แม่น้ำพังราด	n	G2	N 12°41'804"	E 101°47'575"	Fishery)
(Prasea estuary – Trat estuary)		ปากแม่น้ำพังราด	o	G2.1	N 12°40'963"	E 101°46'951"	

2491158

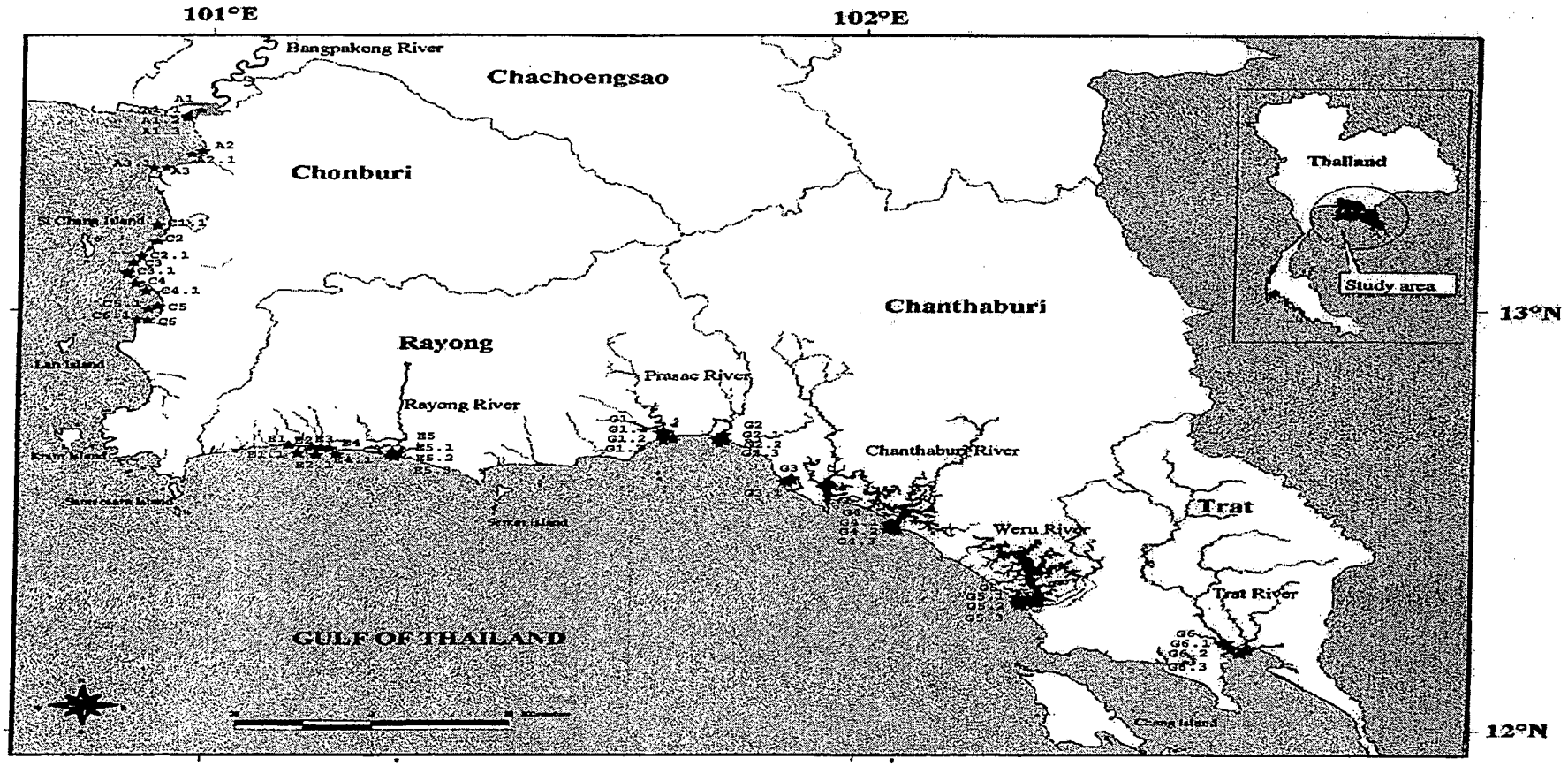
สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
ตามมติ ครม. วันที่ 20 ธันวาคม 2531

ตารางที่ 6 (ต่อ)

Zone	Location	Station	Distance	Staiton code	Latitude	Longitude	Main Activity in the Area
		ปากแม่น้ำพังราด (ขวา)	o	G2.2	N 12°41'040"	E 101°47'330"	
		ปากแม่น้ำพังราด (ซ้าย)	o	G2.3	N 12°41'207"	E 101°46'867"	
	อ่าวคุ้งกระเบน	อ่าวคุ้งกระเบน	n	G3	N 12°35'112"	E 101°53'891"	
		อ่าวคุ้งกระเบน	o	G3.1	N 12°34'919"	E 101°53'376"	
		แม่น้ำจันทบุรี	n	G4	N 12°29'462"	E 102°03'882"	
	ปากแม่น้ำจันทบุรี	ปากแม่น้ำจันทบุรี	o	G4.1	N 12°28'274"	E 102°03'930"	
		ปากแม่น้ำจันทบุรี (ขวา)	o	G4.2	N 12°27'970"	E 102°04'210"	
		ปากแม่น้ำจันทบุรี (ซ้าย)	o	G4.3	N 12°27'981"	E 102°03'952"	
		แม่น้ำเวฬุ	n	G5	N 12°18'005"	E 102°17'048"	
	ปากแม่น้ำเวฬุ	ปากแม่น้ำเวฬุ	o	G5.1	N 12°17'942"	E 102°15'833"	
		ปากแม่น้ำเวฬุ (ขวา)	o	G5.2	N 12°17'565"	E 102°15'094"	
		ปากแม่น้ำเวฬุ (ซ้าย)	o	G5.3	N 12°18'117"	E.102°15'401"	
		แม่น้ำตราด (ทุ่น 7)	n	G6	N 12°09'538"	E102°34'999"	
	ปากแม่น้ำตราด	ปากแม่น้ำตราด ทุ่น 1	o	G6.1	N 12°06'100"	E 102°36'556"	
		ปากแม่น้ำตราด ทุ่น 3 (ขวา)	o	G6.2	N 12°07'009"	E 102°36'114"	
		ปากแม่น้ำตราด ทุ่น 2 (ซ้าย)	o	G6.3	N 12°06'548"	E 102°36'282"	

หมายเหตุ : n คือ สถานีใกล้ฝั่ง (ระยะทางห่างจากฝั่งประมาณ 100 เมตร หรือจากปากแม่น้ำลึกเข้าไปสู่ต้นน้ำ ประมาณ 1-3 กิโลเมตร)

o คือ สถานีไกลฝั่ง (ระยะทางห่างจากฝั่งหรือจากปากแม่น้ำออกสู่ทะเล ประมาณ 1000 เมตร)



ภาพที่ 2 สถานีเก็บตัวอย่างบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก (☆สถานีเก็บตัวอย่าง)

ขั้นตอนและวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน ซึ่งเกี่ยวข้องกับ 3 ปัจจัยหลักคือ 2 ฤดู 4 พื้นที่การใช้ประโยชน์ และ 20 สถานี (จาก 52 จุดเก็บตัวอย่าง ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ แบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 แบบ คือ บริเวณสถานีชายฝั่งทะเล ค่าที่ทำการวิเคราะห์มาจาก จุดเก็บในและนอก ส่วนบริเวณสถานีปากแม่น้ำ ค่าที่ทำการวิเคราะห์มาจากจุดเก็บใน นอก ซ้ายและขวา ตามตารางที่ 6) จากนั้นนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS ช่วยในการวิเคราะห์ดังนี้

- วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (Analysis of variance; ANOVA) เพื่อหาแหล่งที่มาของความแปรปรวนของปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์

การตรวจวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนได้มีการควบคุมคุณภาพโดยการ หาเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน (% recovery) โดยนำตัวอย่างดินตะกอน 2 กรัม มาเติมสารละลายมาตรฐานกลุ่มออร์กาโนคลอรีนความเข้มข้น 10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ลงไป 100 ไมโครลิตร ทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับวิธีของตัวอย่างที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผลการศึกษาพบว่าค่าที่ได้อยู่ในช่วง 80-110 % ดังแสดงในดัง ตารางที่ 7

การหาปริมาณต่ำสุดของวิธีในการวิเคราะห์สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน (Method Detection Limit, MDL)

การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนโดยหาปริมาณต่ำสุดของวิธีการวิเคราะห์ วิเคราะห์โดยนำสารมาตรฐานกลุ่มออร์กาโนคลอรีนความเข้มข้น 0.05 ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร จำนวน 8 ซ้ำ มาเข้ากระบวนการวิเคราะห์สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่างดินตะกอน จากนั้นนำความเข้มข้นที่ฉีดได้มาหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) และกำหนดความเข้มข้นต่ำสุดที่วิธีที่ทำการวิเคราะห์สามารถวิเคราะห์ได้มีค่าเป็น 3 เท่าของ SD ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน ของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน

กลุ่มสาร	ชนิดสาร	เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน
1. BHC	α-BHC	103.81±10.83
	β-BHC	123.87±16.19
	γ-BHC	126.23±10.90
	δ-BHC	138.03±13.36
2.Cyclodiene	Heptachlor	110.38± 5.28
	Heptachlor-epoxide	108.41± 6.39
	Aldrin	106.38± 6.68
	Dieldrin	109.84± 5.07
	Tran-chlordane	110.57± 5.39
	Cis-chlordane	107.86± 4.87
	Endrin	107.43± 6.67
	Endrin aldehyde	126.38±12.04
	Endrin ketone	116.65± 6.01
	Endosulfan-1	115.17±4.83
	Endosulfan-2	125.52±9.55
	Endosulfan sulfate	118.26±7.44
3.DDT	p.p'-DDE	110.34±6.29
	p.p'-DDD	119.51±5.69
	p,p'-DDT	112.09±10.93
	methoxychlor	100.18±7.62

ตารางที่ 8 ปริมาณต่ำสุดของวิธีการวิเคราะห์สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน (Method Detection Limit, MDL)

กลุ่มสาร	ชนิดสาร	MDL (ng g^{-1})
1. BHC	α-BHC	2.52
	β-BHC	1.00
	γ-BHC	1.92
	δ-BHC	2.19
2.Cyclodiene	Heptachlor	2.04
	Heptachlor-epoxide	0.80
	Aldrin	1.64
	Dieldrin	0.81
	Tran-chlordane	0.83
	Cis-chlordane	0.84
	Endrin	1.40
	Endrin aldehyde	2.36
	Endrin ketone	1.75
	Endosulfan-1	0.92
	Endosulfan-2	1.02
	Endosulfan sulfate	2.33
3.DDT	p.p'-DDE	1.31
	p.p'-DDD	0.94
	p,p'-DDT	2.03
	methoxychlor	1.45

ผลและวิจารณ์ผล

ชนิดและปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน

จากการศึกษาหาชนิดและปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนจำนวน 20 ชนิด ในดินตะกอน โดยเก็บตัวอย่างช่วงฤดูแล้ง (มีนาคม 2547) และช่วงฤดูฝน (สิงหาคม 2547) ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัดชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก โดยเริ่มจากบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา จนถึงจังหวัดตราด ได้แก่ เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และเขตอุตสาหกรรม ผลการศึกษาตรวจพบทั้งสิ้น 19 ชนิดสาร ชนิดสารที่ตรวจไม่พบคือ เมทอกซีคลอร์ ชนิดและปริมาณสารที่ตรวจพบแสดงดังตารางที่ 9 ซึ่งพบว่าโดยปริมาณรวมของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนช่วงฤดูฝนมีการสะสมสูงกว่าช่วงฤดูแล้งในปริมาณ 205.31 $\pm$ 23.16 และ 152 $\pm$10.35 นาโนกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งช่วงฤดูฝนเมื่อฝนตกอาจมีการพัดพาสารฆ่าแมลงจากแหล่งที่มีการใช้มากับน้ำไหลบ่าหน้าดินลงสู่แหล่งน้ำจึงทำให้ปริมาณที่พบมีค่าสูงกว่าฤดูแล้ง

ชนิดสารที่ตรวจพบความถี่สูงสุดในฤดูแล้งคือ เอนโดซัลแฟน-2 และเอนโดซัลแฟน-1 ในปริมาณร้อยละ 96.15 และ 94.23 ตามลำดับ ซึ่งเอนโดซัลแฟนเป็นสารฆ่าแมลงในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ยังคงมีการใช้ทางการเกษตรอยู่ และมีการใช้อย่างแพร่หลายในการปลูกพืชไร่โดยเฉพาะนาข้าวข้าวโพด อ้อย และส้มเขียวหวาน (ศักดา, 2547) และเอนโดซัลแฟนเป็นสารที่มีความคงทนปานกลาง มีค่าครึ่งชีวิตประมาณ 2-3 สัปดาห์จึงทำให้ในช่วงฤดูฝนการตรวจพบสารทั้งสองชนิดจึงลดลงเป็นร้อยละ18 และ 34 ตามลำดับ และมีการตรวจพบเอนโดซัลแฟน-2 ในความถี่และปริมาณที่สูงกว่าเอนโดซัลแฟน-1 เป็นเพราะว่าเอนโดซัลแฟน-2 ละลายน้ำได้ดีกว่าเอนโดซัลแฟน-1 (Smith, 1991) จึงถูกพัดพามากับน้ำไหลบ่าหน้าดินลงสู่แหล่งน้ำได้มากกว่า ส่วนในฤดูฝนชนิดสารที่ตรวจพบความถี่สูงสุดคือแกมม่า-บีเอชซี และเบต้า-บีเอชซี ในความถี่ ร้อยละ 88 และ 72 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในประเทศจีน ที่พบว่าตัวอย่างดินที่ทำการศึกษา แกมม่า-บีเอชซี เป็นชนิดสารที่ถูกตรวจพบบ่อยที่สุด (dominant congener) (Liu et al., 2003) และในประเทศอินเดียมีการตรวจพบแกมม่า-บีเอชซีสูงถึง 55%ในดินตะกอนเช่นกัน (Pandit et al., 2002) ส่วนชนิดสารที่มีการตรวจพบความถี่ค่อนข้างสูงทั้งสองช่วงฤดูกาลคือเฮปตาคลอร์ ในความถี่ร้อยละ 80.77 และ ร้อยละ 65 ตามลำดับ ซึ่งเฮปตาคลอร์ และดิลดริลเป็นสารออกฤทธิ์สำคัญในผลิตภัณฑ์กำจัดปลวก (กุลธิดา และคณะ 2535) จึงอาจเป็นสาเหตุที่ยังมีการปนเปื้อนของสารเหล่านี้อยู่ในสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 9 ชนิดและปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก

Organochlorine pesticides	Dry season			Wet season		
	%found	range ng g^{-1} dry wt.	mean ± SE	%found	range ng g^{-1} dry wt.	mean ± SE
α-BHC	42.31	3.32 _ 21.20	8.36 ± 0.62	6.00	3.69 _ 52.81	18.41 ± 7.11
β-BHC	40.38	4.98 _ 261.69	61.92 ± 9.38	72.00	4.95 _ 468.89	83.56 ± 12.07
γ-BHC	40.38	0.31 _ 231.91	44.62 ± 8.89	88.00	3.77 _ 508.28	88.50 ± 12.47
δ-BHC	13.46	10.95 _ 66.72	32.93 ± 5.44	72.00	4.27 _ 358.53	67.51 ± 14.31
tran-chlordane	69.23	0.09 _ 34.12	6.24 ± 0.73	6.00	3.91 _ 10.59	6.72 ± 0.88
cis-chlordane	69.23	0.09 _ 36.00	7.00 ± 0.90	28.00	2.59 _ 19.29	5.93 ± 0.74
Heptachlor	80.77	4.49 _ 547.21	22.55 ± 6.44	65.00	3.98 _ 109.35	18.44 ± 2.46
heptachlor-epoxide	53.85	0.00 _ 46.49	11.71 ± 1.45	34.00	2.64 _ 34.19	7.35 ± 1.03
Aldrin	11.54	1.79 _ 46.49	17.32 ± 4.22	26.00	2.47 _ 87.74	14.84 ± 3.39
Dieldrin	75.00	0.00 _ 45.19	7.00 ± 0.90	16.00	3.42 _ 139.97	16.83 ± 8.55
Endrin	26.92	5.34 _ 32.63	9.53 ± 1.18	0.00	0.00 _ 0.00	0.00 ± 0.00
endrin aldehyde	43.27	0.00 _ 22.43	9.68 ± 0.59	0.00	0.00 _ 0.00	0.00 ± 0.00
endrin ketone	69.23	6.51 _ 43.01	23.18 ± 1.14	71.00	7.62 _ 73.36	15.99 ± 1.17
endosulfan-1	94.23	0.91 _ 104.03	9.40 ± 1.46	18.00	3.31 _ 9.81	4.56 ± 0.34
endosulfan-2	96.15	1.31 _ 152.47	9.75 ± 1.68	34.00	3.60 _ 9.18	5.30 ± 0.20
endosulfan sulfate	40.38	7.54 _ 42.79	16.28 ± 1.33	6.00	9.54 _ 17.88	12.37 ± 1.23
methoxychlor	0.00	0.00 _ 0.00	0.00 ± 0.00	0.00	0.00 _ 0.00	0.00 ± 0.00
p,p'-DDE	80.77	0.82 _ 78.42	8.38 ± 1.05	37.00	2.74 _ 29.09	7.47 ± 0.90
p,p'-DDD	53.85	0.00 _ 45.19	8.68 ± 1.25	38.00	4.13 _ 27.71	9.13 ± 1.00
p,p'-DDE	1.92	9.96 _ 9.97	9.97 ± 0.01	2.00	9.55 _ 26.54	18.04 ± 8.49
Total Organochlorine		20.60 _ 641.78	152.73 ± 10.35		20.43 _ 998.47	205.31 ± 23.16

ชนิดสารที่มีการตรวจพบปริมาณสูงสุดได้แก่แกมม่า-บีเอชซีในปริมาณ 88.50 1±12.47 นาโนกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในประเทศอินเดีย ที่พบว่าในตัวอย่างดินบริเวณแหล่งเกษตรกรรมมีการสะสมของสารกลุ่มบีเอชซีในปริมาณที่สูง โดยพบแกมม่า-บีเอชซี 47.35 นาโนกรัม/กรัม และพบแอลฟ่า-บีเอชซี 38.81 นาโนกรัม/กรัม (Nawab et al., 2003) และเช่นเดียวกับการศึกษาของประเทศไต้หวัน ที่พบว่าในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำ Wu-ShiRiver สารกลุ่มบีเอชซีก็ถูกตรวจพบในปริมาณสูงสุดเช่นกันในปริมาณ 0.99-14.5 นาโนกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง (Doong et al, 2002)

ปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในพื้นที่เก็บตัวอย่าง

จากการศึกษาการปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่าง พบว่าการสะสมของสารขึ้นอยู่กับฤดูกาล สถานีและพื้นที่การใช้ประโยชน์โดยผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (ANOVA) ปริมาณรวมสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน (ตารางที่ 10 และ11) พบว่าการปนเปื้อนของสารมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติขึ้นกับความสัมพันธ์ระหว่างฤดูกาลกับสถานีและความสัมพันธ์ระหว่างฤดูกาลกับพื้นที่การใช้ประโยชน์ (P<0.05)

โดยปริมาณรวมการสะสมของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนบริเวณตลาดนาเกลือ (C6-C6.1)ในฤดูฝนมีค่าสูงสุด ซึ่งใกล้เคียงกับบริเวณปากน้ำประแสร์ (G1-G1.3) ในปริมาณ 510.00±186.78 และ 498.82±67.48 นาโนกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และปริมาณต่ำสุดในฤดูฝนบริเวณหนองแฟบและปลายท่าเรือ (E1-E1.1)ในปริมาณ 35.68±4.14 นาโนกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง แสดงดังตารางที่ 12 และ ภาพที่ 3

เมื่อเปรียบเทียบการสะสมของสารตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ พบว่าปริมาณการสะสมของสารแบ่งตามพื้นที่ได้ดังนี้

1. บริเวณพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คือหอยนางรม หอยแมลงภู่ และปลาในกระชัง บริเวณปากแม่น้ำบางปะกงถึงอ่างศิลา (ZoneA; A1-A3.1) มีค่าเฉลี่ย 187.56 ± 33.49 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง โดยค่าสูงสุดตรวจพบในฤดูฝนบริเวณอ่างศิลาในปริมาณ 291.54 ±143.95 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง และค่าต่ำสุดในฤดูฝนบริเวณอ่าวชลบุรีถึงห้วยกะปิ (A2-A2.1) ในปริมาณ 39.15 ±3.34 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ชนิดสารที่ตรวจพบในปริมาณสูงบริเวณนี้เป็นสารในกลุ่มบีเอชซีได้แก่ เบต้า- บีเอชซี และ แกมม่า- บีเอชซี ในปริมาณ 75.44±23.16 และ 68.41±26.16 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 12 และ ภาพที่ 3, 4 และ 5

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) ของปริมาณรวมสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน ระหว่างฤดูกาล และสถานี (ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง(fix factor) 2 ปัจจัย คือ ฤดูกาล (2 Season) และสถานี(20 Location) n = 208 แปลงข้อมูลด้วย Lox(x))

Source of variation	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	13.45	39.00	0.34	3.66	0.00
Intercept	751.27	1.00	751.27	7975.11	0.00
Season	0.05	1.00	0.05	0.56	0.45
Station	0.05	19.00	0.05	4.78	0.00
Season*Station	0.05	19.00	0.27	2.84	0.00*
Error	15.64	166.00	0.09		
Total	926.47	206.00			
Corrected Total	29.09	205.00			

a R Squared = .462 (Adjusted R Squared = .336)

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของปริมาณรวมสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน ระหว่างฤดูกาลและพื้นที่การใช้ประโยชน์ (ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง (fix factor) 2 ปัจจัย คือ ฤดูกาล (2 Season) และ พื้นที่การใช้ประโยชน์ (4 Area) n= 208 แปลงข้อมูลด้วย Lox(x))

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.96	7.00	0.57	4.44	0.00
Intercept	781.66	1.00	781.66	6129.15	0.00
Season	0.36	1.00	0.36	2.83	0.00
Used Area	1.67	3.00	0.36	4.36	0.01*
Season *Used Area	2.29	3.00	0.76	5.99	0.00*
Error	25.00	196.00	0.13		
Total	915.66	204.00			
Corrected Total	28.96	203.00			

a R Squared = .137 (Adjusted R Squared = .106)

2. พื้นที่อุตสาหกรรมขนาดกลางและท่าเรือน้ำลึกบริเวณบางพระถึงแหลมฉบัง (Zone C; C1.1-C6.1) พบค่าเฉลี่ยปริมาณสารฆ่าแมลงรวมในพื้นที่มีปริมาณ 223.72 ± 32.47 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง โดยค่าสูงสุดตรวจพบในฤดูแล้งบริเวณตลาดนาเกลือในปริมาณ 510.00 ±186.78 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง และค่าต่ำสุดในฤดูฝนบริเวณท่าเรือแหลมฉบัง (C4-C4.1)ในปริมาณ 39.72 ±7.62 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ชนิดของสารที่ตรวจพบสูงในบริเวณนี้เป็นสารในกลุ่มบีเอชซี ได้แก่ แกมม่า-บีเอชซี และ เบต้า-บีเอชซี ในปริมาณ135.90 ±31.30 และ 107.27±20.99 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับแสดงดังตารางที่ 12 และ ภาพที่ 3, 4 และ 5

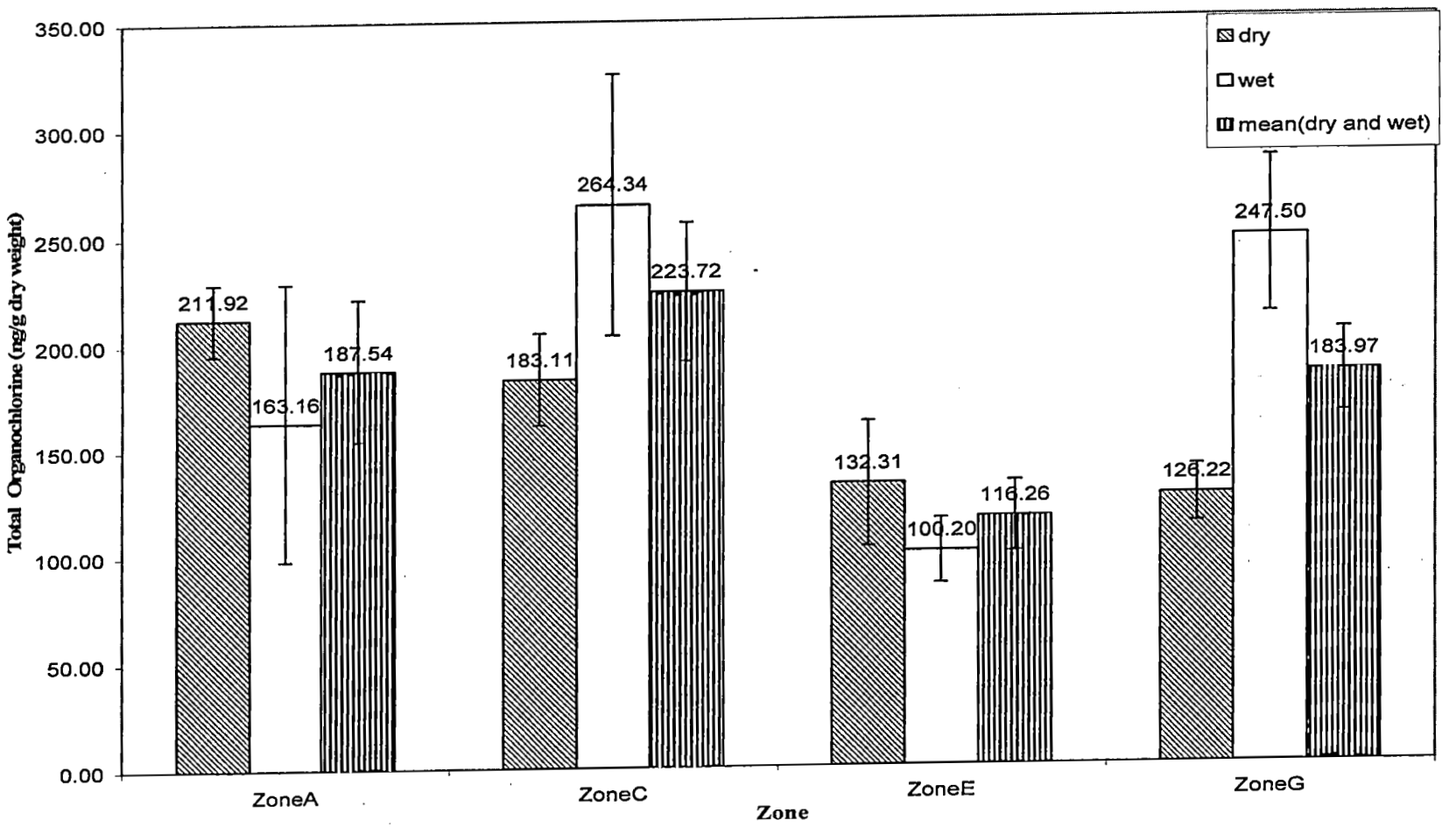
3. พื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบริเวณหนองแฟบถึงปากแม่น้ำระยอง (Zone E; E1-E5.3) พบค่าเฉลี่ยปริมาณสารฆ่าแมลงรวมในพื้นที่มีปริมาณ 116.26 ±16.71 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ค่าสูงสุดตรวจพบในฤดูแล้งบริเวณปากแม่น้ำระยอง (E5-E5.3) ในปริมาณ 199.17 ±72.61 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง และค่าต่ำสุดในฤดูฝนบริเวณหนองแฟบและปลายท่าเรือ (E1-E1.1)ในปริมาณ 35.68 ±4.14 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ชนิดสารที่ตรวจพบสูงในบริเวณนี้เป็นสารในกลุ่มบีเอชซี ได้แก่ เบต้า-บีเอชซี และเฮปตาคลอร์ ในปริมาณ 41.83±8.25 และ 36.89 ±22.31 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ผลแสดงดังตารางที่ 12 ภาพที่ 3, 4 และ6

4. พื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและประมงชายฝั่งบริเวณปากแม่น้ำประแสร์ ถึงปากแม่น้ำตราด (Zone G; G1-G6.3) พบค่าเฉลี่ยปริมาณสารฆ่าแมลงรวมในพื้นที่มีปริมาณ 183.97 ±19.68 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ค่าสูงสุด ตรวจพบในฤดูฝนบริเวณปากแม่น้ำประแสร์ (G1-G1.3) ในปริมาณ 498.82 ±67.48 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง และค่าต่ำสุดในฤดูแล้งบริเวณปากแม่น้ำจันทบุรี (G4-G4.3)ในปริมาณ 72.44 ±6.02 นาโนกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง ชนิดของสารที่ตรวจพบสูงในบริเวณนี้เป็นสารในกลุ่มบีเอชซีได้แก่ เดลต้า บีเอชซี และ แกมม่า บีเอชซี ในปริมาณ 138.35±21.85 และ 80.61±12.36 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ผลแสดงดังตารางที่ 12 ภาพที่ 3, 4 และ6

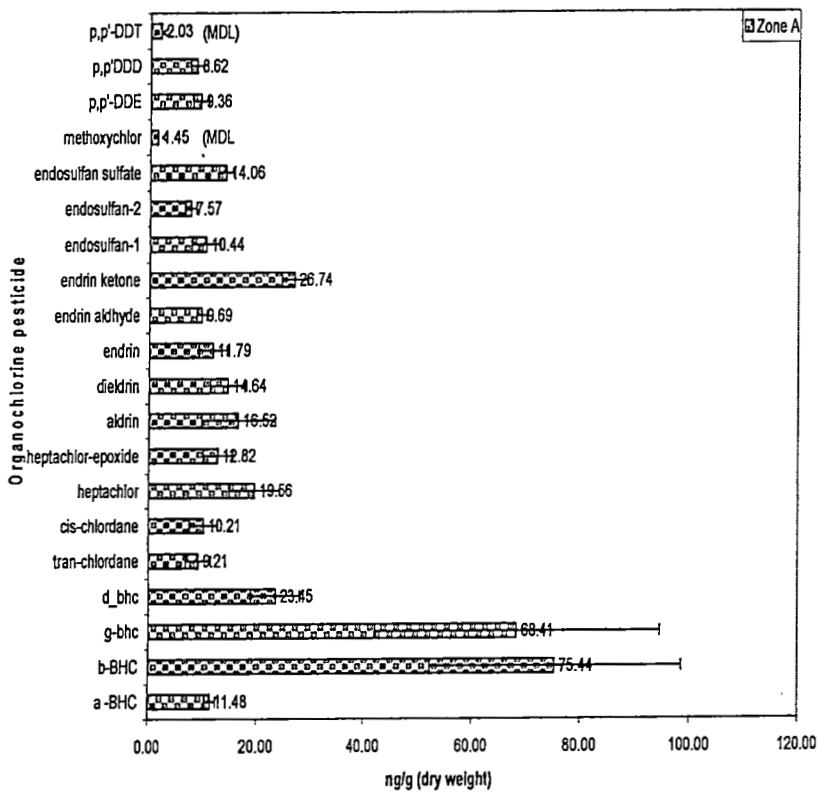
ตารางที่ 12 ปริมาณรวมของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก

Location	Season	
	Dry	Wet
	Mean ± Se	Mean ± Se
A1-A1.3	208.98 ± 28.60	160.98 ± 107.80
A2-A2.1	217.44 ± 41.04	39.15 ± 3.34
A2-A2.1	212.30 ± 4.75	291.54 ± 143.95
C1.1	401.32 ± 75.15	265.97 ± 32.68
C2-C2.1	112.06 ± 12.58	281.96 ± 213.06
C3-C3.1	163.98 ± 32.82	255.44 ± 155.07
C4-C4.1	86.52 ± 7.99	39.72 ± 7.62
C5-C5.1	258.87 ± 32.85	233.75 ± 7.33
C6-C6.1	184.99 ± 7.38	510.00 ± 186.78
E1-E1.1	149.33 ± 39.83	35.68 ± 4.14
E2-E2.1	64.38 ± 1.69	66.21 ± 18.25
E3	50.60 ± 10.53	85.96 ± 17.95
E4-E4.1	123.00 ± 29.67	153.68 ± 61.38
E5-E5.3	199.17 ± 72.61	126.28 ± 19.78
G1-G1.3	123.24 ± 22.61	498.82 ± 67.49
G2-G2.3	102.86 ± 12.23	178.26 ± 30.99
G3-G3.1	75.85 ± 2.06	209.31 ± 98.05
G4-G4.3	72.44 ± 6.02	104.57 ± 35.00
G5-G5.3	220.37 ± 45.12	308.72 ± 109.98
G6-G6.3	137.38 ± 37.36	131.61 ± 40.60

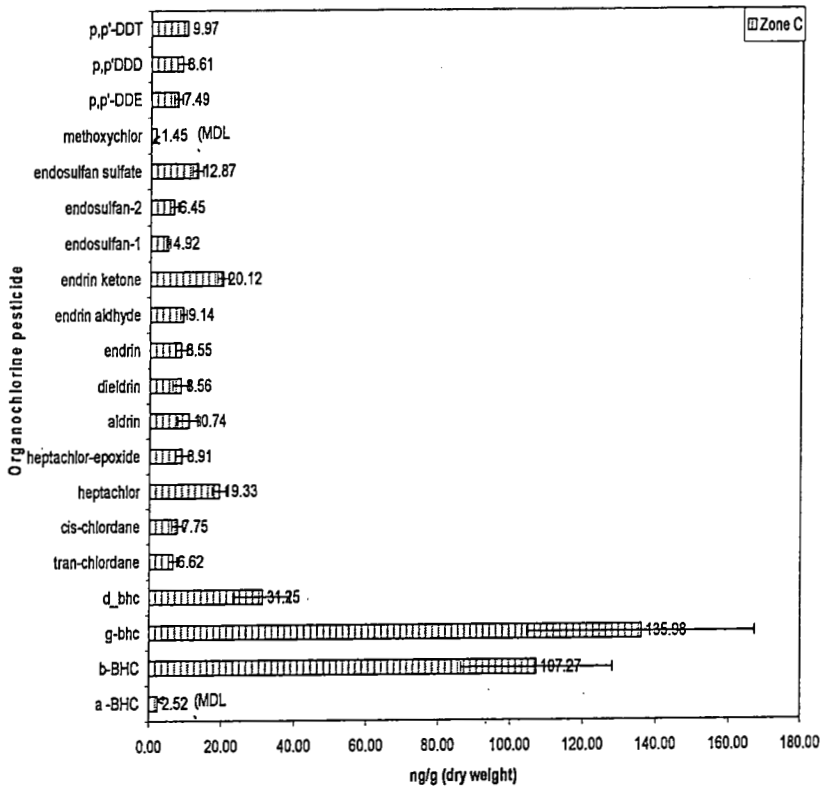
ภาพที่ 3 ปริมาณสารตกค้างกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกในฤดูแล้งและฤดูฝน



ภาพที่ 4 ปริมาณรวมสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์

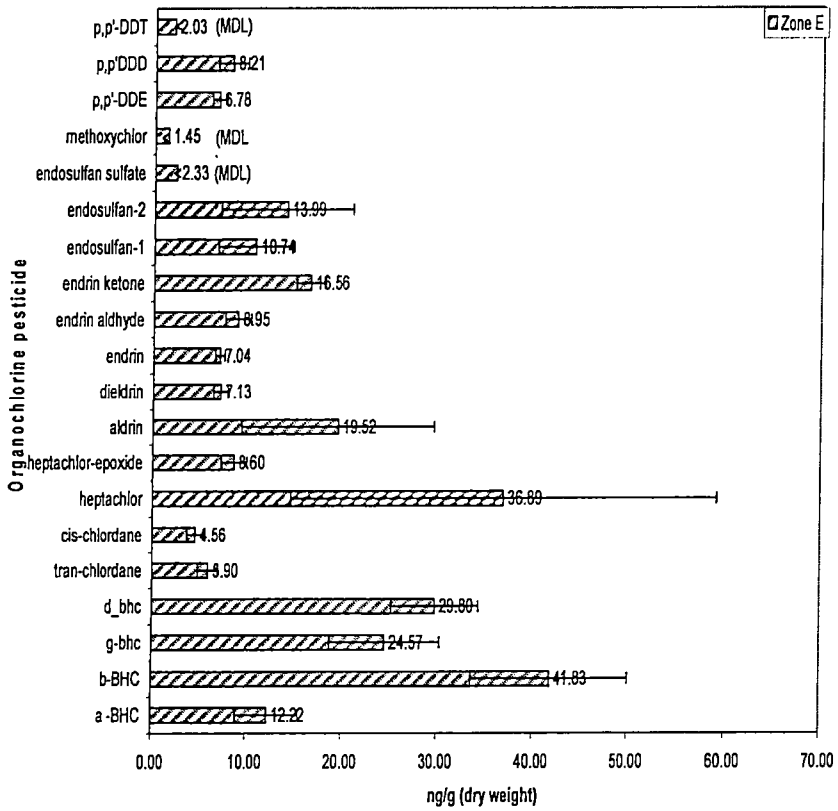


Zone A

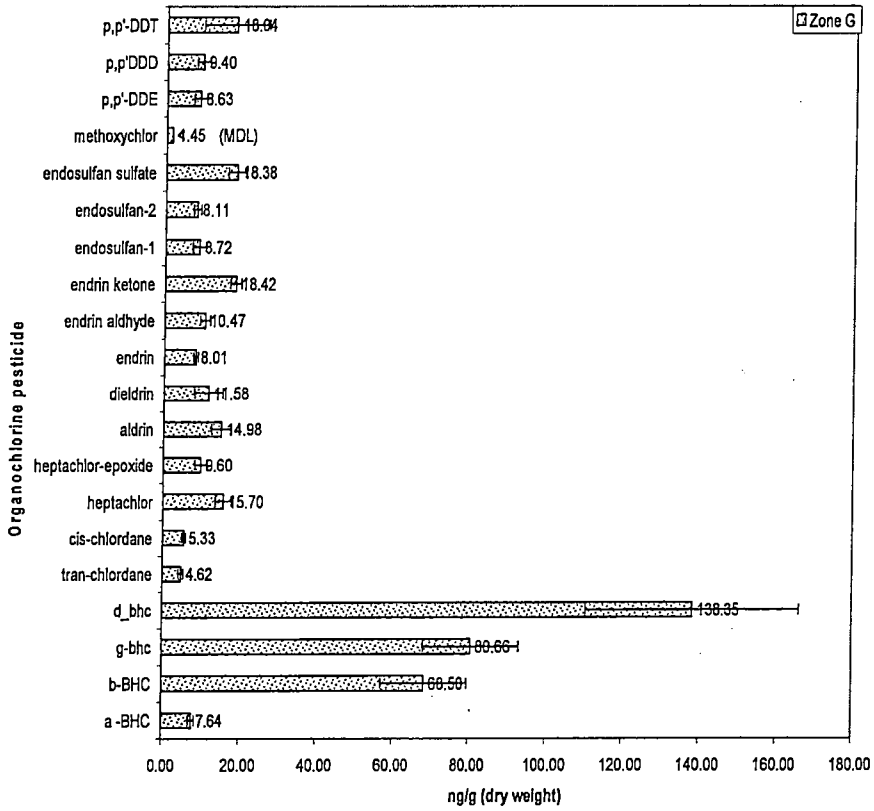


Zone C

ภาพที่ 5 ชนิดและปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน บริเวณเขตพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (หอยนางรม, หอยแมลงภู่, ปลาในกระชัง) และบริเวณเขตอุตสาหกรรมขนาดกลางและท่าเรือน้ำลึก



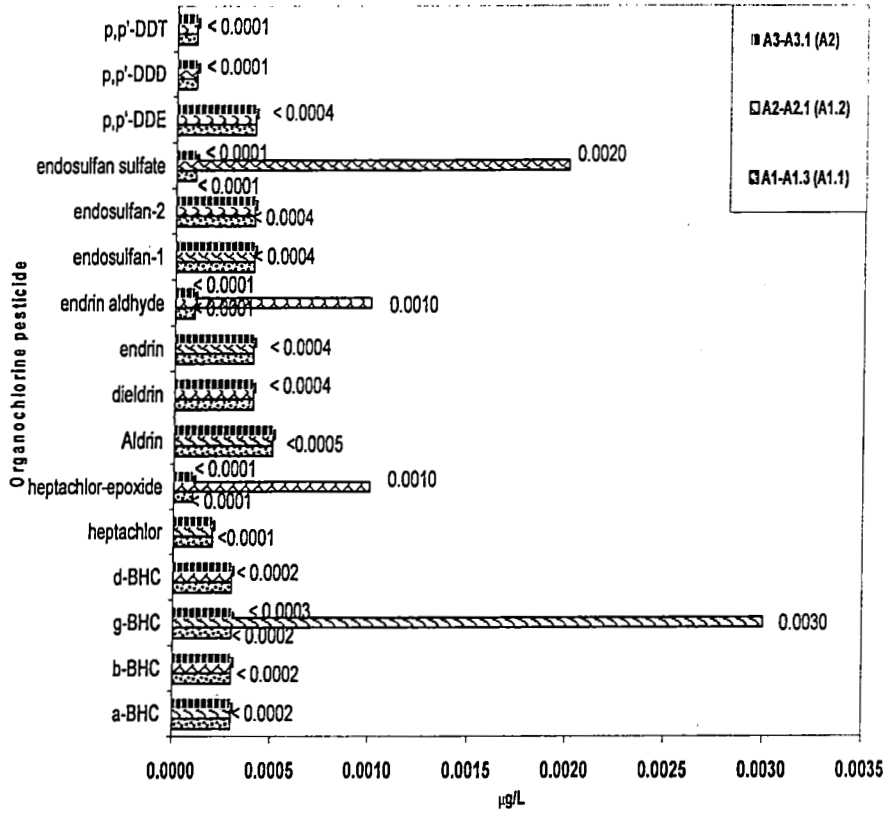
Zone E



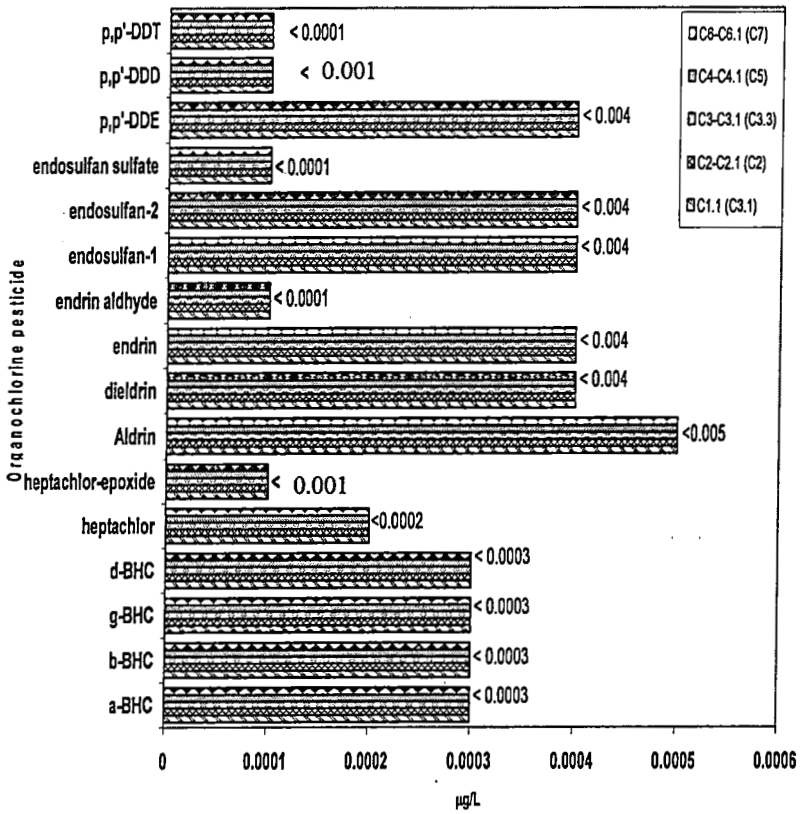
Zone G

ภาพที่ 6 ชนิดและปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน บริเวณเขตนิคมอุตสาหกรรม และบริเวณเขตการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและประมงชายฝั่ง

จากการศึกษาของ Prapakorn (1991) พบว่าบริเวณทางใต้ของไทยได้แก่ พัทลุง สตูล สงขลา และตรัง ดิลดริลในดินตะกอนถูกตรวจพบสูงกว่าในน้ำถึง 277 เท่า และพบสารกลุ่มดีดีทีในดินสูงกว่าในน้ำถึง 897 เท่า และมีการศึกษาการสะสมของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำและปลา ในแม่น้ำเจ้าพระยาโดยพบว่าการสะสมของสารบริเวณตอนล่างของแม่น้ำมีค่าสูงกว่าตอนกลางและตอนบน และการปนเปื้อนของสารในน้ำแต่ละฤดูกาลมีความแตกต่างกัน แต่การปนเปื้อนของสารในปลาแต่ละฤดูกาลไม่มีความแตกต่างกันโดยพบดิลดริลสูงสุดในฤดูแล้งและพบเฮปตาคลอร์และดีดีทีสูงในฤดูฝน (Supapora, 1998) จากการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษในปี 2540 พบว่าน้ำทะเลบริเวณภาคตะวันออกมีการปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ถึงปากแม่น้ำตราด (Zone A, Zone C ZoneE, Zone G) เป็นกลุ่มสารที่มีความสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้โดยในพื้นที่ Zone A (ปากแม่น้ำบางปะกง-อ่างศิลา) แกมมา-บีเอชซีถูกตรวจพบในปริมาณที่สูงกว่าสารชนิดอื่น รองลงมาได้แก่ เอนโดซัลแฟน ซัลเฟต (ภาพที่ 7-8) ขณะที่ในปี 1997 บริเวณภาคเหนือและภาคตะวันออกของประเทศไทย พบการปนเปื้อนเอนโดซัลแฟนในดินตะกอนสูงกว่าสารชนิดอื่นมีปริมาณในช่วง 1.22 – 634.9 และ 0.011 – 8.818 ไมโครกรัม/กิโลกรัมตามลำดับ ดังตารางที่ 13 (Anat and Paul, 2000) จากการศึกษาของประเทศต่างๆ พบว่าชนิดสารที่ถูกตรวจพบก็สอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ โดยกระทรวงสิ่งแวดล้อมประเทศนิวซีแลนด์ทำการรายงานสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในปี1998 (Ministry for the Environment New Zealand, 1998) พบว่าในตัวอย่างดินตะกอน พารา,พารา-ดีดีอี ถูกตรวจพบปริมาณสูงสุดเท่ากับ 3.29 นาโนกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง และจากการศึกษาในปี 1998 ของประเทศมาเลเซีย อัลดริลเป็นชนิดสารที่ตรวจพบสูงสุดในปริมาณค่าเฉลี่ย 58.59 นาโนกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง (Zakaria et al., 2003) ตารางที่ 14 และในปี 1992-1998 มีรายงานการศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกา พารา,พารา-ดีดีอี ถูกตรวจพบในดินตะกอนปริมาณสูงสุดเท่ากับ 440 นาโนกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง (Nowell , 2001) ตารางที่ 15

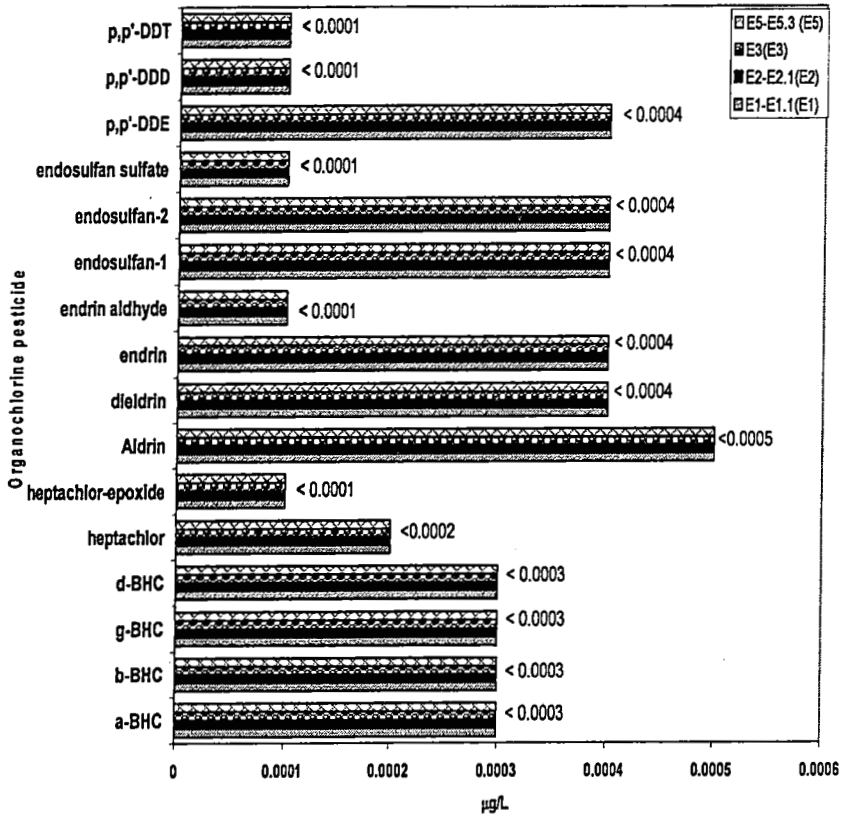


Zone A

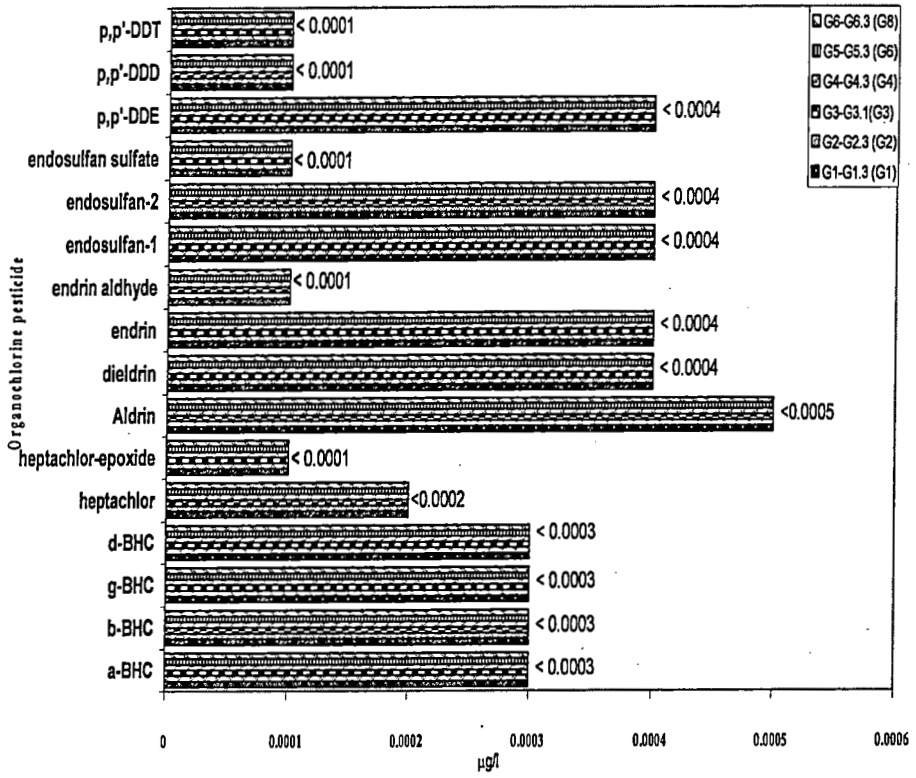


Zone C

ภาพที่ 7 ภาพเปรียบเทียบชนิดและปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำทะเล ปี 2540 ของกรมควบคุมมลพิษ บริเวณเขตพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (หอยนางรม, หอยแมลงภู่, ปลาในกระชัง) และบริเวณเขตอุตสาหกรรมขนาดกลางและท่าเรือน้ำลึก



Zone E



Zone G

ภาพที่ 8 ภาพเปรียบเทียบชนิดและปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำทะเล ปี 2540 ของกรมควบคุมมลพิษบริเวณเขตนิคมอุตสาหกรรม และบริเวณเขตการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและประมงชายฝั่ง

ตารางที่ 13 ตารางเปรียบเทียบปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตรวจพบในดินตะกอนบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันออกของประเทศไทย

Organochlorine pesticide residues in soil	Concentration (μg/kg)		reference
	Northern (1996)	Eastern (1997)	
α–BHC	NA	0.016	
β–BHC	NA	0.008 - 0.503	
γ–BHC	NA	0.006 - 0.367	Anat and Paul (2000)
aldrin	NA	0.017 - 1.041	*source Pollution
DDT	1.57 - 599.4	0.005 - 3.349	Control Department
dieldrin	0.28 - 249.3	0.009 - 2.102	
endrin	NA	0.008 - 0.226	
endosulfan	1.22 - 634.9	0.011 - 8.818	
heptachlor	NA	0.005 - 0.297	
heptachlor epoxide	NA	0.009 - 11.91	

ตารางที่ 14 ตารางเปรียบเทียบปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตรวจพบในดินตะกอนจากประเทศต่างๆ

Country (year)	Area	Sediment DryWeight(ng/g)	a-BHC	b-BHC	b-BHC	d-BHC	heptachlor	heptachlor-omuepoxide	Aldrin	dieldrin	a-Chlordane	g-Chlordane	endrin	endrin aldhyde	endosulfan-1	p,p'-DDE	p,p'-DDD	p,p'-DDT	p,p'-Methoxychlor	Reference
New Zealand 1998	New Zealand Esturaires	Min	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	-	-	<0.01	<0.01	<0.01	-	Ministry for the Environment (1998.)
		Max	<0.01	<0.01	0.05	0.05	<0.01	<0.06	<0.06	0.38	0.05	0.05	-	-	-	3.29	0.06	0.38	-	
		Median	<0.01	<0.01	0.05	0.05	<0.01	0.05	<0.01	0.15	<0.06	<0.06	-	-	-	0.11	0.06	0.05	-	
Malaysia 1998	Muda	Min	8.31	4.60	16.13	3.70	<0.40	-	<0.40	<0.40	-	-	16.41	<0.40	3.00	<0.40	<0.40	<0.40	-	Zakaria et al. (2003)
		Max	12.04	21.34	33.39	25.42	29.76	-	83.39	15.31	-	-	51.23	9.74	13.28	<0.40	<0.40	<0.40	-	
		Mean	10.09	13.37	21.95	15.01	17.24	-	27.80	5.89	-	-	33.19	3.25	7.44	<0.40	<0.40	<0.40	-	
	Cameron	Min	4.01	5.55	3.49	5.90	14.39	-	6.67	6.50	-	-	19.91	6.81	1.54	0.43	16.77	21.13	-	
		Max	21.51	37.43	21.93	32.93	18.70	-	39.62	19.70	-	-	98.70	25.96	25.48	2.18	53.45	22.63	-	
		Mean	10.64	17.23	9.71	16.72	16.55	-	17.39	12.01	-	-	46.58	16.55	11.73	1.31	34.20	21.60	-	
	Kundasang	Min	6.38	5.40	6.18	9.50	14.70	-	42.06	7.94	-	-	32.01	5.63	<0.40	<0.40	9.54	18.80	-	
		Max	9.80	14.23	11.88	25.74	24.68	-	91.98	27.54	-	-	53.06	11.72	18.66	1.16	36.09	26.33	-	
		Mean	7.80	9.84	7.80	17.79	20.74	-	58.59	13.88	-	-	41.70	11.14	8.30	0.60	17.02	21.61	-	

ตารางที่ 14 (ต่อ)

Country (year)	USA 1992-1998 (USA River and Stream)																					
Area	Mixed land used			Forest Rangeland			Agricaultural site			Urban site												
Sediment Dry Weight (ng/g)	Max			Max			Max			Max												
a-BHC	<1			<1			<1			1.00												
c-BHC	1.20			<1			<1			<1												
g-BHC	1.20			<1			1.20			1.00												
n-BHC	-			-			-			<1												
heptachlor	<1			-			<1			<1												
heptachlor-epoxide	1.20			<1			4.60			2.30												
Aldrin	1.20			-			1.20			1.00												
dieldrin	8.30			5.40			8.30			21.00												
a-Chlordane	1.20			13.00			1.20			21.00												
g-Chlordane	22.30			5.40			8.30			21.00												
Aldrin	<1			<1			<1			<1												
endrin aldhyde	-			-			-			<1												
endosulfan-I	1.20			-			4.60			1.90												
p,p'-DDE	220.00			14.00			220.00			37.00												
p,p'-DDD	130.00			23.00			71.00			120.00												
p,p'-DDE	130.00			14.00			220.00			37.00												
p,p'-Methoxychlor	-			<1			1.20			<1												
Reference	Nowell (2001)																					

ตารางที่ 15 ตารางเปรียบเทียบปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตรวจพบในดินตะกอนบริเวณรัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกาในปี 1997-2001

Country (year)	Area Dry Weight (ng/g)	d-BHC	d-BHC	g-BHC	d-BHC	p,p'-DDE	Heptachlor	Heptachlor Epoxide	alpha-Chlordane	gamma-Chlordane	Aldrin	Dieldrin	Endrin	p,p'-DDE	p,p'-DDT	Sum of DDTs (SFEI)	Reference
USA 2001	South Bay	<0.190	<0.270	<0.250	<0.380	<2.110	<0.21	<0.110	<0.530	<0.200	<0.130	<0.840	<0.840	<2.700	<0.470	4.81	San francisco Estuary Institute (2001)
	Richardson Bay	<0.130	<0.180	<0.170	<0.260	<1.320	<0.140	<0.076	<0.360	<0.130	<0.092	<0.570	<0.570	<1.340	<0.320	2.66	
	San Polo Bay	<0.072	<0.100	<0.094	<0.150	1.34	<0.079	<0.042	<0.328	<0.075	<0.051	<0.320	<0.349	1.06	0.458	2.86	
	Gizzly Bay	<0.170	<0.250	<0.230	<0.360	1.93	<0.190	<0.100	<0.490	<0.180	<0.120	<0.780	<0.780	2.05	1.39	5.37	
USA 1999	South Bay	<0.072	1.590	<0.094	<0.150	2.12	0.338	<0.042	0.2	0.884	<0.051	<0.320	<0.320	2.87	<0.180	5	
	Richardson Bay	<0.072	0.972	<0.094	<0.150	2.67	<0.079	<0.042	<0.200	<0.075	<0.051	<0.320	<0.320	2.22	2.465	6.2	
	San Polo Bay	<0.072	<0.100	<0.094	<0.150	<2.340	<0.079	<0.042	<0.200	<0.075	<0.051	<0.320	<0.320	1.65	4.220	8.2	
	Gizzly Bay	<0.072	<0.100	<0.094	<0.150	3.04	<0.079	<0.042	<0.200	<0.075	<0.051	<0.320	<0.320	3.700	4.560	11.3	
USA 1997	South Bay	<0.140	<0.200	<0.180	<0.290	2.120	<0.150	<0.083	<0.400	<0.150	<0.100	<0.620	<0.620	2.570	10.100	14.80	
	Richardson Bay	<0.140	<0.200	<0.180	<0.280	2.500	<0.150	<0.083	<0.390	<0.140	<0.098	<0.610	<0.610	2.100	2.400	7.00	
	San Polo Bay	<0.120	<0.180	<0.160	<0.250	1.700	<0.140	<0.072	<0.350	<0.130	<0.088	<0.550	<0.550	1.400	4.500	8.30	
	Gizzly Bay	<0.130	<0.180	<0.160	<0.260	2.800	<0.140	<0.074	<0.360	<0.130	<0.090	<0.560	<0.560	2.600	2.700	8.40	

สรุปผล

จากการศึกษาหาชนิดและปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนจำนวน 20 ชนิด ในดินตะกอน โดยเก็บตัวอย่างช่วงฤดูแล้ง (มีนาคม 2547) และช่วงฤดูฝน (สิงหาคม 2547) ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัดชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก จากบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา จนถึงจังหวัดตราด ได้แก่ เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และเขตอุตสาหกรรม ผลการศึกษาตรวจพบทั้งสิ้น19 ชนิดสาร ชนิดสารที่ตรวจไม่พบคือ เมทอกซีคลอร์ โดยปริมาณรวมของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนที่เก็บตัวอย่างในฤดูฝนมีการสะสมสูงกว่าฤดูแล้งในปริมาณ 205.31 $\pm$ 23.16 และ 152 $\pm$ 10.35 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

ชนิดสารที่ตรวจพบความถี่สูงสุดในฤดูแล้งคือ เอนโดซัลแฟน-2 และเอนโดซัลแฟน-1 ในปริมาณร้อยละ 96.15 และ 94.23 ตามลำดับ ส่วนในฤดูฝนชนิดสารที่ตรวจพบความถี่สูงสุดคือ แกมม่า-บีเอชซี และเบต้า-บีเอชซี ในความถี่ ร้อยละ 88 และ 72 ตามลำดับ ชนิดสารที่มีการตรวจพบความถี่ค่อนข้างสูงทั้งสองช่วงฤดูกาลคือเฮปตาคลอร์ในความถี่ร้อยละ 80.77 และ ร้อยละ 65 ตามลำดับ

ชนิดสารที่มีการตรวจพบปริมาณสูงสุดได้แก่แกมม่า-บีเอชซีในปริมาณ 88.50 $\pm$ 12.47 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าสารฆ่าแมลงในกลุ่มบีเอชซีมีปริมาณสูงในทุกเขตพื้นที่การใช้ประโยชน์

การปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนขึ้นอยู่กับ ฤดูกาล สถานีและพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยปริมาณรวมการสะสมของสารบริเวณตลาดนาเกลือ ในฤดูฝนมีค่าสูงสุดซึ่งใกล้เคียงกับบริเวณปากน้ำประแสร์ ในปริมาณ 510.00$\pm$186.78 และ 498.82 $\pm$67.48 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และค่าต่ำสุดในฤดูฝนบริเวณหนองแฟบและปลายท่าเรือ ในปริมาณ 35.68 $\pm$4.14 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบแหล่งอุตสาหกรรมและแหล่งเพาะเลี้ยงพบว่าการสะสมในแหล่งอุตสาหกรรม มีค่าสูงกว่าแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยพบค่าเฉลี่ยปริมาณรวมของสารฆ่าแมลงในพื้นที่อุตสาหกรรมขนาดกลางและท่าเรือน้ำลึก (Zone C) และพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม (Zone E) มีค่าอยู่ที่ 223.72 $\pm$ 32.47 และ 116.26 $\pm$16.71 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (หอยนางรม หอยแมลงภู่ ปลาในกระชัง) และพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและประมงชายฝั่งโดยมีค่าอยู่ที่ 187.56 $\pm$ 33.49 และ 183.97 $\pm$19.68 นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ พิเชษฐ์อาภา. (2541). *ชนิดและปริมาณของสารป้องกันกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำและดินตะกอนในแม่น้ำเจ้าพระยา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ก่องกนก เมนะรุจิ. (2536). *สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำบริเวณลุ่มน้ำย่อยของภาคตะวันออกในจังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. (2531). *การขึ้นทะเบียนวัตถุมีพิษทางการเกษตรในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

กองวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม. (2529). *รายงานการฝึกอบรมเรื่องมลพิษทางน้ำ*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน.

กุลธิดา ศิริวัฒน์, กิจชัย ศิริวัฒน์, และหรรษา ไชยวานิช. (2535). ผลิตภัณฑ์กำจัดปลวกในบ้านเรือน. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์*. 187-194.

จันทร์ทิพย์ ธำรงค์ศรีสกุล. (2537). *เรื่องการวิเคราะห์สารพิษตกค้างทางการเกษตร*. กรุงเทพฯ: กองวัตถุมีพิษการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ.

ชลีรัตน์ พยอมแย้ม. (2519). *การศึกษาการแพร่กระจายของดีดีทีและ PCBs ในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชุลีพร พุฒนวล. (2537). *การแพร่กระจายและการสะสมของปริมาณสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน บริเวณแหล่งเพาะเลี้ยงชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก*. ชลบุรี: ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยบูรพา.

ชุลีพร พุฒนวล. (2538). *การแพร่กระจายและการสะสมของปริมาณสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน บริเวณแหล่งชุมชนชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก*. ชลบุรี: ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยบูรพา.

นวลศรี ทยาพัชร. (2533). *รายงานวิชาการปัญหาสารพิษทางการเกษตรในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: กองวัตถุมีพิษทางเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

ประภัสสรา เพชรบูรณิน, กิ่งแก้ว คุณเขต, นวลศรี ทยาพัชร, และประยูร ดีมา. (2522). *การศึกษาวิจัยสารมีพิษตกค้างในสัตว์น้ำ.* ใน รายงานผลการค้นคว้า ทดลอง และวิจัย (หน้า 246-247). กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. (2536). *แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พาลาภ สิงหเสนี. (2540). *พิษของยาฆ่าแมลงต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยงยุทธ ไผ่แก้ว. (2531). *สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำและดินตะกอน จากลุ่มน้ำย่อยที่มีขนาดพื้นที่ที่แตกต่างกันบริเวณลุ่มน้ำยมและลุ่มน้ำน่าน.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยา ศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัตนา อัศวศิลป์โสภณ. (2547). *สารมลพิษอินทรีย์ที่ตกค้างยาวนาน: ภัยต่อระบบต่อมไร้ท่อของมนุษย์* ประชาคมวิจัย ฉบับที่ 58 เดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม หน้า 66-67

วิภา พรพิพัฒน์, และประยูร ดีมา. (2522). *การศึกษาหาสารมีพิษตกค้างในปลา น้ำ และตะกอนบริเวณอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์.* ใน รายงานผลการค้นคว้าทดลองและวิจัย (หน้า 12-20). กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

วิภา เมฆสุต. (2523). *การวิเคราะห์คุณภาพและปริมาณวัตถุมีพิษในแหล่งน้ำจากสภาพการใช้ที่ดินแบบต่างๆ บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช.*วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุภาณี พิมพ์สมาน. (2537). *สารฆ่าแมลง.* กรุงเทพฯ:โครงการตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เสวต สัจจากุล. (2519). *การศึกษายาฆ่าแมลงที่ตกค้างในน้ำ และตะกอนในน้ำ.* วิทยานิพนธ์ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาเคมี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

ศักดา ศรีนิเวศน์ (2547) *คนไทยพันธ์ใหม่(ตอนที่ 1) นวัตกรรมล่าสุดจากสารเคมีการเกษตร.* วารสารส่งเสริมการเกษตร. 36(194): 24-27.

อมรพรรณ อาศรัยผล. (2534). *ชนิดและปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในดินตะกอนตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ บริเวณลุ่มน้ำจันทบุรี ระยอง และชลบุรี.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการ. 5-6 กันยายน 2545 *แนวทางการจดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก* จัดโดยสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย

Alawi, M. A., Ammari, N., & Al-shuraiki, Y. (1992). Organochlorine pesticide contamination in human milk sample from women living in Amman Jordan. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 23, 235-239.

Supaporn Chinda. (1998). *Organochlorine pesticide residues in Fishes from the Chao Phraya river.*Thesis of master degree, major field environmental science, Interdisciplinary graduate program, Kasetsart University.

Doong, R.A, Peng, C. K., Sun, Y. C. & Liao, P.L . (2002) Composition and distribution of organochlorine pesticide residues in surface sediments from the Wu-Shi River estuary, Taiwan. *Marine Pollution Bulletin.*, vol.45, 246-253

Francois, R. (1994). The pollution of the hydrosphere by global contaminants and its effects on aquatic ecosystem. In Boudou, A. and Ribeyre, F. (Eds.), *Aquatic ecotoxicology : Fundamental concepts and methodologies* (pp.151-181). New York: CRC Press.

George, W., Ware, Y., & Kagan, S. (1991). *Reviews of environmental contamination and Toxicology.* New York: Springer-Verlag.

G.G. Pandit, S.K. Sahu and S. Sadasivan. (2002). Distribution of HCH and DDT in the coastal marine environment of Mumbai, India. *J. Environ.Monit.*,4(3), 431-434

Haque, R., Kearney, P. C., & Freed, V. H. (1977). *Dynamics of pesticides in aquatic environments:Pesticides in aquatic environment.* New York: Plenum Press.

Hoshi, H., Minamoto, H., Iwata, H., Shiraki, K., Tatsukawa R., Tanabe, S., Fujita, S., Hirai, K., & Kinjo, T. (1998). Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyl congers in wild terrestrial mammals and birds from Chubu region, Japan: Interspecies comparison of the residue levels and compositions. *Chemosphere*, 36(15), 3211-3221.

Kefaya, N. (1998). Chlorinated hydrocarbon in human milk. *Environ. Poll.,* 99, 141-148.

Larry, P. P. (1991). *Entomology and pest management.* New York: Macmillan Publishing company.

Law, E. A. (1993). *Aquatic pollution*: An introductory text. New York: John Wiley & Sons.

Lindane: Question and answers. (1998).วันที่ค้นข้อมูล 10/2/ 2544. เข้าถึงได้จาก http//www.preventcancer.com/alerts/alerts.html.

Liu, M.,Yang, Y.,Hou, L.,Xu, S.,OU, D.,Zhang, B. & Liu, Q. (2003) Chlorinatrd organic contaminants in surface sediments from the Yangtze estuary and nearby coastal areas, China. *Marine Pollution Bulletin.*, vol.

Magnus, B. F. (1994). *Toxic substances in the environment: Ecosystem and ecotoxicology.* New York: John Wiley & Sons.

Metcalf, R. L., & McKelvery, J. J. (1976). *The future for insecticide, needs and prospect.* New York: John Wiley & Sons.

Ministry for the Environmental New Zealand.(1998) Reporting on Persistent Organochlorine in New Zealand.วันที่ค้นข้อมูล23/12/2045.เข้าถึงได้จาก http://www.mfe.govt.nz.

Nawab, A., Aleem,A.& Malik. (2003) Determination of organochlorine pesticides in agricultural soil with special reference to g-HCH degradation by Pseudomonas strains. *Bioresource Technology* . vol. 88, 41-46.

Nowell, L.(2003).Organochlorine Pesticides and PCBs in Bed Sediment and Whole Fish from United States Rivers and Streams.Pesticide National Synthesis Project.National Water Quality Assessment Program. วันที่ค้นข้อมูล 23/12/2004 เข้าถึงได้จาก http://www.ca.water.USGS/pnsp/oc_doe.html.

Pandit G.G., Sahu S.K. and Sadasivan (2000). Distribution of HCH and DDT in the coastal marine environment of Mumbai, India. *J.Environ. Moint* 4(3) วันที่ค้นข้อมูล 12/12/2547 เข้าถึงได้จาก http://www.rsc.org/CFmuscat/intermediate_abstract.cfm.

Prapakorn Tangtrongkijwong. (1991). *A study on some organochlorine residues in stream water and sediment of various watershed classes in lower-south of Thailand.* Thesis of master degree, major field environmental science, Interdisciplinary graduate program, Chulalongkorn University.

San franciscoEstuary Institute.(2001).RMP Data Pesticide concentrations in Sediment sample 1993_2001.วันที่ค้นข้อมูล3/6/2004 เข้าถึงได้จาก http://sfei.org/rmp/data/1993_01/sediment/93_01s_pest_t15.thm.

Smith, A.G. (1991). Chlorinated hydrocarbon insecticides. In Wayland. J.,Hayes Jr. Edwards.R.&Laws,Jr., (Eds.) *Handbook of pesticides toxicology volume 2: Class of pesticides.* (pp. 731-870). New York:Academic Press.

Tanabe, S., Madhusree, B., Ozturk, A. A., Tatsukawa, R., Miyazaki, N., Ozdamar, E., Aral, O., &

Samsun, O. (1997). Persistent organochlorine residue in Harbour Porpoise (*Phocoena phocoena*) from the Black Sea. *Mar. Poll. Bull.*, 34(5), 338-347.

Tanabe, S., Sung, K. J., Choi, D. Y., Baba, N., Kiyota, M., Yoshida, K., & Tatsukawa, R. (1994). Persistent organochlorine residue in northern fur seal from the Pacific coastal of Japan since 1971. *Environ. Poll.*, 85, 305-314.

Thai Customs Department. (2000) *Import statistics. 29.01 hydrocarbon and their halogented, sulphonated, nitrated or nitrosated derivatives.*วันที่ค้นข้อมูล 10/2/ 2544. เข้าถึงได้จาก http://www.customs.go.th/cgi-bin/statistic/narmal.cg.

Walker, C. H., Hopkin, S. P., Sibly,R. M., & Peakall, D. B. (1997) *Principles of ecotoxicology.* Great Britain:Taylor & Francis.

Weber, J. B. (1994). Properties and behavior of pesticides in soil. In Richard, C. H., & Daniel, J.S. (Eds.), *Mechanisms of pesticide movement into ground water* (p 29). New York: CRC Press.

Woodwell, G. M., Wurster, C. F., & Isacson, P. A. (1967). Biological magnification of DDT in the food chain. *Science*, 156, 821-823.

Zakaria,Z. Heng Y. L., Abdullah P.,Osman R and Din L..(2003).The Environmental Conamination by Organochlorine Insecticides of Some Agricultural Area in Malaysia. *Malaysian Jourmanl of Chemistry*, 5(1).P.078-085.

ภาคผนวก

ตารางที่ 16 ข้อมูลคุณภาพน้ำทะเล เดือนมีนาคม 2547 บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

Station	Code	Time	Depth (m)	Trans. (m)	DO (mg/L)	pH	Temp. (°C)	Sal. (psu)
1. ปากแม่น้ำบางปะกง, วัดบน(ใน)	A1	13.07	10.2	0.4	5.7	7.7	33.1	27.8
2. ปากแม่น้ำบางปะกง, ทุ่นเดินเรือที่ 7(นอก)	A1.1	14.27	3.5	0.4	8.7	8.0	29.1	27.3
3. ปากแม่น้ำบางปะกง, ทุ่นเดินเรือที่ 7(ซ้าย)	A1.2	14.11	2.2	0.4	8.8	8.5	30.4	27.0
4. ปากแม่น้ำบางปะกง, ทุ่นเดินเรือที่ 7(ขวา)	A1.3	14.45	4.5	0.1	6.8	8.0	29.0	27.1
5. อ่าวชลบุรี,หน้าศาลากลาง (ใน)	A2	13.38	0.8	0.1	5.6	8.1	31.2	29.0
6. หัวยกะปิ (นอก)	A2.1	13.16	3.0	0.8	5.9	7.9	30.0	31.1
7. อ่างศิลา, ท่าเรือประมง (ใน)	A3	12.22	2.1	0.9	5.1	8.0	30.0	31.3
8. อ่างศิลา, คลองโปรง (นอก)	A3.1	11.54	2.8	1.1	5.6	8.2	29.8	31.3
9. แหลมแท่น (ใน)	B1	11.40	2.1	1.8	6.4	8.2	29.9	31.4
10. บางแสน, ตอนเหนือ (นอก)	B1.1	11.20	8.5	1.9	6.2	8.2	29.1	31.2
11. บางแสน, ตอนกลาง (ใน)	B2.1	10.58	2.1	2.1	5.9	8.3	29.9	31.0
12. บางแสน, ตอนใต้ (นอก)	B2.1	10.44	3.6	3.6	6.1	8.3	29.6	31.4
13. บางแสน, วอนนภา (ใน)	B3	10.28	1.6	0.9	5.3	8.3	29.4	31.8
14. บางพระ (นอก)	C1.1	10.00	4.6	2.4	5.5	8.2	29.0	31.3
15. ศรีราชา, เกาะลอย (ใน)	C2	9.27	2.0	0.9	5.2	8.2	29.4	31.4
16. ผาแดง (นอก)	C2.1	9.03	8.7	3.0	5.1	8.5	28.2	31.5
17. อ่าวอุดม, กลางอ่าว (ใน)	C3	8.31	4.3	1.7	4.9	8.2	28.8	31.5
18. แหลมฉบัง,หัวเขา (นอก)	C3.1	16.55	19.5	3.1	5.7	8.2	28.2	32.1
19. ท่าเรือแหลมฉบัง (ใน)	C4	16.26	12.8	1.8	6.0	8.2	29.3	31.2
20. ปลายที่กันคลื่น (นอก)	C4.1	15.56	13.8	4.2	5.9	8.2	28.5	32.0
21. โรงโป๊ะ (ใน)	C5	15.03	1.1	0.4	5.7	8.4	31.4	32.7
22. โรงโป๊ะ (นอก)	C5.1	14.19	4.7	1.7	5.9	8.2	29.7	32.4
23. ตลาดนาเกลือ (ใน)	C6	13.49	0.9	0.9	6.2	8.4	30.8	32.4
24. ตลาดนาเกลือ (นอก)	C6.1	13.05	8.3	2.0	6.1	8.2	29.1	32.4
25. รร. วงศ์อำมาต (ใน)	D1	12.49	2.8	1.7	6.0	8.2	29.4	32.6
26. รร. คุสิตรีสอร์ท (นอก)	D1.1	12.19	7.5	2.4	6.0	8.2	28.4	32.7
27. ธนาคารไทยพาณิชย์ (ใน)	D2	10.45	3.3	1.9	6.4	8.2	28.8	32.7
28. ปากคลองพัทยา (นอก)	D2.1	10.26	6.6	2.2	5.8	8.2	28.4	33.0

ตารางที่ 16 (ต่อ)

Station	Code	Time	Depth (m)	Trans. (m)	DO (mg/L)	pH	Temp. (°C)	Sal. (psu)
29. จอมเทียน,ต้นหาด (ใน)	D3	10.01	5.1	2.4	5.9	8.2	29.0	33.0
30. จอมเทียน, สมประสงค์ (นอก)	D3.1	9.51	9.0	3.4	5.9	8.2	29.0	33.0
31. จอมเทียน,ป้อมตำรวจ (ใน)	D4	9.23	4.2	2.6	5.9	8.2	29.0	32.6
32. จอมเทียนสุดหาด (นอก)	D4.1	9.05	9.7	3.2	6.4	8.2	29.0	32.5
33. จอมเทียน,สุดหาด (ใน)	D5	8.30	3.1	2.0	5.4	8.2	29.4	33.0
34. หนองแฟบ(ใน)	E1	15.10	4.1	1.0	6.1	8.2	29.1	33.0
35. นิคมอุตสาหกรรมตอนใน ปิโตรเคมี (ใน)	E2	14.18	11.0	2.1	5.8	8.2	28.9	33.0
36. หาดทรายทอง (ใน)	E3	13.43	3.5	1.3	6.2	8.1	29.0	32.0
37. ปลายท่าเรือ (นอก)	E2.1	14.45	14.5	5.4	6.0	8.2	28.9	32.6
38. สันเขื่อนใกล้เกาะสะเก็ด (นอก)	E3.1	9.44	8.3	1.7	6.9	8.3	28.7	32.0
39. ปากคลองบ้านตากวน(ใน)	E4	9.22	3.3	0.9	6.5	8.3	28.6	32.0
40. ปากคลองบ้านตากวน(นอก)	E4.1	9.03	5.0	1.3	7.3	8.3	28.6	32.0
41. ปากแม่น้ำระยอง(ใน)	E5	14.37	4.1	0.9	4.6	8.3	29.1	32.0
42. ปากแม่น้ำระยอง(นอก)	E5.1	13.44	10.2	1.9	4.7	8.3	29.0	33.0
43. ปากแม่น้ำระยอง(ซ้าย)	E5.2	14.20	8.1	1.6	4.3	8.3	29.0	33.0
44. ปากแม่น้ำระยอง(ขวา)	E5.3	14.03	9.7	1.4	4.6	8.3	29.1	32.5
45. หาดแม่รำพึง, ร้านอาหาร(ใน)	F1	13.23	6.5	2.0	4.5	8.3	29.0	32.0
46. หาดแม่รำพึง, หินดำ(นอก)	F1.1	13.04	10.2	4.2	4.8	8.3	29.1	32.7
47. หาดแม่รำพึง, จุดตรวจ(ใน)	F2	12.48	2.3	2.3	5.1	8.3	29.1	32.7
48. หาดแม่รำพึง, ก้นอ่าว(นอก)	F2.1	12.32	9.7	2.9	4.9	8.3	29.0	32.7
49. สวนรุกขชาติเพ(ใน)	F3	11.20	3.2	1.1	4.2	8.2	28.6	32.8
50. ปากคลองแกลง(นอก)	F3.1	10.59	6.0	1.4	4.5	8.3	28.8	32.7
51. แหลมแม่พิมพ์,ต้นหาด(ใน)	F4	10.19	5.0	2.9	4.3	8.2	28.9	33.0
52. แหลมแม่พิมพ์,กลางหาด(นอก)	F4.1	10.32	8.2	3.7	4.6	8.2	29.0	32.6
53. อ่าวไข่(ใน)	F5	9.38	5.6	2.5	4.6	8.2	27.7	32.7
54. อ่าวไข่(นอก)	F5.1	9.55	10.0	2.6	4.5	8.2	29.0	32.6
55. ปากแม่น้ำประแสร์(ใน)	G1	12.33	5.3	1.7	4.8	8.1	28.9	33.0
56. ปากแม่น้ำประแสร์(นอก)	G1.1	11.11	3.1	1.0	5.6	8.2	29.1	32.0
57. ปากแม่น้ำประแสร์(ซ้าย)	G1.2	11.42	2.3	1.3	5.4	8.2	29.2	32.0
58. ปากแม่น้ำประแสร์(ขวา)	G1.3	12.10	2.5	1.4	5.6	8.2	29.2	32.0

ตารางที่ 16 (ต่อ)

Station	Code	Time	Depth (m)	Trans. (m)	DO (mg/L)	pH	Temp. (°C)	Sal. (psu)
59. ปากแม่น้ำพังราด(ใน)	G2	15.23	3.5	1.9	5.9	8.2	29.4	32.0
60. ปากแม่น้ำพังราด(นอก)	G2.1	14.18	2.5	2.5	5.9	8.2	29.7	32.0
61. ปากแม่น้ำพังราด(ซ้าย)	G2.2	14.57	1.9	1.9	6.0	8.3	29.8	32.0
62. ปากแม่น้ำพังราด(ขวา)	G2.3	14.38	2.0	2.0	6.0	8.2	30.0	32.0
63. อ่าวคุ้งกระเบน(ใน)	G3	10.12	1.6	1.6	6.4	8.3	30.0	32.0
64. อ่าวคุ้งกระเบน(นอก)	G3.1	9.55	5.1	2.2	6.5	8.3	30.0	32.0
65. ปากแม่น้ำจันทบุรี(ใน)	G4	15.34	6.8	0.4	5.4	7.9	32.0	32.0
66. ปากแม่น้ำจันทบุรี(นอก)	G4.1	14.45	5.5	0.4	5.4	8.0	31.0	32.0
67. ปากแม่น้ำจันทบุรี(ซ้าย)	G4.2	14.25	4.0	0.4	5.6	8.0	31.0	32.0
68. ปากแม่น้ำจันทบุรี(ขวา)	G4.3	14.08	4.7	0.8	6.1	8.2	31.0	32.0
69. ปากแม่น้ำเวฬุ(ใน)	G5	11.28	2.6	0.5	6.0	8.3	29.0	32.0
70. ปากแม่น้ำเวฬุ(นอก)	G5.1	10.10	5.5	1.7	6.2	8.3	29.0	31.0
71. ปากแม่น้ำเวฬุ(ซ้าย)	G5.2	10.57	6.0	0.4	6.1	8.3	29.0	32.0
72. ปากแม่น้ำเวฬุ(ขวา)	G5.3	10.38	4.3	1.0	5.9	8.2	29.0	32.0
73. ปากแม่น้ำตราด(ใน) ทุ่น 7	G6	13.48	3.3	0.2	5.6	7.7	31.7	30.0
74. ปากแม่น้ำตราด(นอก) ทุ่น 2	G6.1	12.03	1.1	0.1	6.1	8.1	30.3	31.0
75. ปากแม่น้ำตราด(ซ้าย) ทุ่น 1	G6.2	13.04	1.5	0.2	6.1	8.1	30.0	32.0
76. ปากแม่น้ำตราด(ขวา) ทุ่น 3	G6.3	12.27	2.8	0.3	5.4	7.9	31.0	31.0

ตารางที่ 17 คุณภาพน้ำทะเล เดือนสิงหาคม 2547 บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

Station	Code	Time	Depth (m)	Trans. (m)	DO (mg/L)	pH	Temp. (°C)	Sal. (psu)
1. ปากแม่น้ำบางปะกง, วัดบน(ใน)	A1	14.24	10.6	0.2	3.6	7.4	29.3	0.1
2. ปากแม่น้ำบางปะกง, ทุ่นเดินเรือที่ 7(นอก)	A1.1	13.21	2.2	0.1	4.2	7.9	29.5	0.2
3. ปากแม่น้ำบางปะกง, ทุ่นเดินเรือที่ 7(ซ้าย)	A1.2	13.42	1.3	0.1	4.2	7.8	29.8	0.2
4. ปากแม่น้ำบางปะกง, ทุ่นเดินเรือที่ 7(ขวา)	A1.3	13.53	4.1	0.1	3.6	7.9	29.5	0.2
5. อ่าวชลบุรี,หน้าศาลากลาง (ใน)	A2	15.55	1.06	0.2	9.3	9.0	32.8	4.1
6. ห้วยกะปิ (นอก)	A2.1	12.03	0.6	0.1	7.9	8.5	31.2	5.9
7. อ่างศิลา, ท่าเรือประมง (ใน)	A3	11.32	0.8	0.3	5.2	8.2	31.1	10.1
8. อ่างศิลา, คลองโปรง (นอก)	A3.1	11.10	1.5	1.8	4.7	8.3	30.1	19.3
9. แหลมแท่น (ใน)	B1	10.59	1.1	1.6	3.7	8.3	30.5	16.5
10. บางแสน, ตอนเหนือ (นอก)	B1.1	10.43	7.3	1.3	5.2	8.3	29.7	26.6
11. บางแสน, ตอนกลาง (ใน)	B2.1	10.25	2	1.9	6.3	8.3	29.5	17.7
12. บางแสน, ตอนใต้ (นอก)	B2.1	9.14	3.1	1.9	6.2	8.5	29.2	20.3
13. บางแสน, วอนนภา (ใน)	B3	8.37	1.16	0.8	5.5	8.4	29.9	22.8
14. บางพระ (นอก)	C1.1	12.06	2.3	1.6	6.1	8.3	29.7	22.2
15. ศรีราชา, เกาะลอย (ใน)	C2	11.37	0.6	0.3	6.2	8.3	29.9	22.6
16. ผาแดง (นอก)	C2.1	11.14	6.7	1.9	5.2	8.4	29.5	25.1
17. อ่าวอุดม, กลางอ่าว (ใน)	C3	10.46	3.87	1.2	5.6	8.4	29.4	23.9
18. แหลมฉบัง,หัวเขา (นอก)	C3.1	10.18	18.89	3.5	5.0	8.2	29.6	28.3
19. ท่าเรือแหลมฉบัง (ใน)	C4	9.45	12.331	1.7	4.1	8.3	29.5	28.3
20. ปลายที่กันคลื่น (นอก)	C4.1	9.25	14.192	2.9	4.7	8.2	29.5	29.2
21. โรงโป๊ะ (ใน)	C5	15.13	2.15	0.5	6.3	8.6	30.5	22.2
22. โรงโป๊ะ (นอก)	C5.1	14.42	5.7	2	6.0	8.5	29.7	25.3
23. ตลาดนาเกลือ (ใน)	C6	14.25	0.631	0.5	6.3	8.5	31.3	24.1
24. ตลาดนาเกลือ (นอก)	C6.1	13.44	5.68	2.2	5.0	8.4	29.6	26.7
25. รร. วงศ์อำมาต (ใน)	D1	13.25	3.3	1.4	6.1	8.5	29.9	25.4
26. รร. ดุสิตรีสอร์ท (นอก)	D1.1	13.05	5.4	3	5.9	8.5	29.6	25.5
27. ธนาคารไทยพาณิชย์ (ใน)	D2	12.45	2	2	5.7	8.5	30.4	25.5
28. ปากคลองพัทยา (นอก)	D2.1	12.31	4.4	1.5	5.7	8.5	29.5	26.0
29. จอมเทียน,ต้นหาด (ใน)	D3	11.53	4.1	3.2	5.9	8.5	29.4	25.6

ตารางที่ 17 (ต่อ)

Station	Code	Time	Depth (m)	Trans. (m)	DO (mg/L)	pH	Temp. (°C)	Sal.(psu)
30. จอมเทียน, สมประสงค์ (นอก)	D3.1	11.17	7	4	5.4	8.5	29.0	27.0
31. จอมเทียน,ป้อมตำรวจ (ใน)	D4	10.53	3	2.4	5.7	8.5	29.0	27.0
32. จอมเทียนสุดหาด (นอก)	D4.1	10.47	4.45	4.3	5.5	8.2	29.0	26.8
33. จอมเทียน,สุดหาด (ใน)	D5	10.42	2.8	1.5	5.3	8.4	29.1	27.0
34. หนองแฟบ(ใน)	E1	12.50	3.8	1.3	5.4	8.3	31.1	32.9
35. นิคมอุตสาหกรรมตอนใน ปิโตรเคมี (ใน)	E2	11.07	3.8	3.3	6.2	8.2	30.1	33.1
36. หาดทรายทอง (ใน)	E3	11.50	3.7	1	5.8	8.2	30.6	32.9
37. ปลายท่าเรือ (นอก)	E2.1	12.28	14.4	5.8	4.9	8.3	29.7	33.1
38. สันเขื่อนใกล้เกาะสะเก็ด (นอก)	E3.1	10.47	7.9	2	5.2	8.2	29.6	33.1
39. ปากคลองบ้านตากวน(ใน)	E4	10.21	2.9	2.3	5.7	8.2	30.8	32.0
40. ปากคลองบ้านตากวน(นอก)	E4.1	10.07	4.5	3	6.2	8.1	29.9	33.0
41. ปากแม่น้ำระยอง(ใน)	E5	16.28	3.5	0.7	5.6	8.3	30.3	32.3
42. ปากแม่น้ำระยอง(นอก)	E5.1	15.40	8.9	2.1	5.2	8.2	30.0	32.9
43. ปากแม่น้ำระยอง(ซ้าย)	E5.2	16.14	8.5	2.1	5.8	8.3	30.5	32.8
44. ปากแม่น้ำระยอง(ขวา)	E5.3	15.59	7	2	5.3	8.2	30.0	32.8
45. หาดแม่รำพึง, ร้านอาหาร(ใน)	F1	15.14	6.3	1.4	4.7	8.1	30.1	32.4
46. หาดแม่รำพึง, หินดำ(นอก)	F1.1	14.50	10.1	2.7	5.7	8.2	30.2	32.7
47. หาดแม่รำพึง, จุดตรวจ(ใน)	F2	14.35	2.3	1.3	6.2	8.2	30.9	32.4
48. หาดแม่รำพึง, ก้นอ่าว(นอก)	F2.1	14.19	9.7	3.7	5.4	8.2	30.0	32.8
49. สวนรุกขชาติเพ(ใน)	F3	12.41	3	1.4	6.2	8.2	30.0	32.7
50. ปากคลองแกลง(นอก)	F3.1	12.18	5.7	2.1	5.4	8.2	29.9	32.8
51. แหลมแม่พิมพ์,ต้นหาด(ใน)	F4	11.33	5.4	1.4	5.4	8.2	29.8	32.3
52. แหลมแม่พิมพ์,กลางหาด(นอก)	F4.1	11.20	8.5	1.9	5.2	8.2	29.6	32.7
53. อ่าวไข่(ใน)	F5	11.05	5.1	1.8	5.0	8.1	29.3	32.4
54. อ่าวไข่(นอก)	F5.1	10.53	8.6	1.2	5.9	8.1	29.6	32.7
55. ปากแม่น้ำประแสร์(ใน)	G1	12.27	4.7	0.2	5.3	8.1	28.5	0.7
56. ปากแม่น้ำประแสร์(นอก)	G1.1	11.21	3.4	0.7	4.3	7.5	29.5	23.3
57. ปากแม่น้ำประแสร์(ซ้าย)	G1.2	11.46	1.36	0.2	5.1	8.1	29.5	18.0
58. ปากแม่น้ำประแสร์(ขวา)	G1.3	12.00	2	0.2	4.7	7.7	29.0	7.7

ตารางที่ 17 (ต่อ)

Station	Code	Time	Depth (m)	Trans. (m)	DO (mg/L)	pH	Temp. (°C)	Sal. (psu)
59. ปากแม่น้ำพังราด(ใน)	G2	14.02	2.2		6.0	8.2	29.3	18.5
60. ปากแม่น้ำพังราด(นอก)	G2.1	13.36	2.4	0.4	5.6	7.9	30.2	21.1
61. ปากแม่น้ำพังราด(ซ้าย)	G2.2	-	-	-	-	-	-	-
62. ปากแม่น้ำพังราด(ขวา)	G2.3	-	-	-	-	-	-	-
63. อ่าวคุ้งกระเบน(ใน)	G3	11.56	0.5	0.5	6.7	8.4	30.0	26.2
64. อ่าวคุ้งกระเบน(นอก)	G3.1	11.34	3	0.7	3.9	8.1	29.2	26.5
65. ปากแม่น้ำจันทบุรี(ใน)	G4	12.10	7.1	0.8	5.0	7.5	29.3	10.3
66. ปากแม่น้ำจันทบุรี(นอก)	G4.1	10.24	4.4	0.8	4.6	8.0	29.3	13.0
67. ปากแม่น้ำจันทบุรี(ซ้าย)	G4.2	11.00	3.9	0.8	4.7	7.6	29.2	9.6
68. ปากแม่น้ำจันทบุรี(ขวา)	G4.3	11.45	2.8	0.4	5.5	8.0	29.6	16.0
69. ปากแม่น้ำเวฬุ(ใน)	G5	17.16	3.4	0.2	6.9	8.2	29.9	22.9
70. ปากแม่น้ำเวฬุ(นอก)	G5.1	15.45	6	0.2	5.0	8.6	30.0	22.8
71. ปากแม่น้ำเวฬุ(ซ้าย)	G5.2	16.17	6.5	0.2	5.8	8.1	29.9	23.8
72. ปากแม่น้ำเวฬุ(ขวา)	G5.3	16.42	6	0.7	5.8	8.3	30.0	25.4
73. ปากแม่น้ำตราด(ใน) ทุ่น 7	G6	14.00	3.8	0.2	5.4	8.2	30.9	0.8
74. ปากแม่น้ำตราด(นอก) ทุ่น 2	G6.1	13.18	1.7	0.3	5.3	8.1	29.9	16.6
75. ปากแม่น้ำตราด(ซ้าย) ทุ่น 1	G6.2	12.55	2	0.9	5.0	8.0	30.1	20.0
76. ปากแม่น้ำตราด(ขวา) ทุ่น 3	G6.3	13.35	2.8	0.2	5.2	8.0	30.3	12.6