สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย

Organochlorine Pesticides in Sediment from the East Coast of Thailand

ปิยะวรรณ ศรีวิลาศ* และ กานดา ใจดี

สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

Piyawan Srivilas* and Kanda Jaidee

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

บทคัดย่อ

การศึกษาหาชนิดและปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ทำการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในเดือนมีนาคม 2547 (ฤดูแล้ง) และเดือนสิงหาคม 2547 (ฤดูฝน) โดยเก็บตัวอย่างบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ถึงปากแม่น้ำตราด จังหวัดตราด พบว่าการสะสมของสารฆ่าแมลงในดินตะกอนขึ้นอยู่กับพื้นที่ศึกษา โดยการสะสมของสารฆ่าแมลงในเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) มีค่าสูงกว่าเดือนมีนาคม (ฤดูแล้ง) ในปริมาณ 205 $\pm$ 23 และ 153 $\pm$ 10 นาโนกรัม/กรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ โดยพื้นที่อุตสาหกรรมมีแนวโน้มการสะสมของสารฆ่าแมลงสูงกว่าพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในปริมาณ 224 $\pm$ 32 และ 188 $\pm$ 33 นาโนกรัม/กรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ และบริเวณตลาดนาเกลือพบการสะสมของสารฆ่าแมลงสูงสุด 510 $\pm$ 187 นาโนกรัม/กรัม รองลงมาคือปากแม่น้ำประแสร์ 499 $\pm$ 67 นาโนกรัม/กรัม ชนิดสารที่ตรวจพบความถี่สูงสุดในเดือนมีนาคม (ฤดูแล้ง) คือเอนโดซัลแฟน-2 และเอนโดซัลแฟน-1 ในปริมาณ 96% และ 94% ตามลำดับ ส่วนในเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) คือแกมม่า-บีเอชซี และเบต้า-บีเอชซี ในปริมาณ 88% และ 72% ตามลำดับ และพบว่าสารกลุ่มบีเอชซีมีค่าสูงในทุกเขตพื้นที่การใช้ประโยชน์ โดยแกมม่า-บีเอชซีตรวจพบปริมาณสูงสุด 88 $\pm$ 12 นาโนกรัม/กรัม (น้ำหนักแห้ง)

คำสำคัญ : ออร์กาโนคลอรีน/สารฆ่าแมลง/ดินตะกอน/ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

Abstract

In this study, qualitative and quantitative analyses of organochlorine pesticides were investigated in sediments collected from the East coast of Thailand; Bangpakong estuary to Trat estuary in March 2004 (dry season) and August 2004 (wet season). It was found that the accumulation of organochlorine pesticides in the sediments depended on location. The accumulation in the August (wet season) was higher than in the March (dry season) with the amount of 205 $\pm$ 23 and 153 $\pm$ 10 ng g^{-1}(dry wt.), respectively, and in the industrial zone was higher than that found in the aquaculture zone with the amount of 224 $\pm$ 32 and 188 $\pm$ 33 ng g^{-1} (dry wt.), respectively. The highest concentration were found at Na Kua (510 $\pm$ 187 ng g^{-1}) followed by at Prasa estuary (499 $\pm$ 67 ng g^{-1} (dry wt.). The dominant species found in March (dry season) were endosulfan-2 (96%) and endosulfan-1 (94%) while those in August (wet season) were γ-BHC (88%) and β-BHC (72%). The concentrations of BHCs were high in all samples and the highest concentrations found were those of γ-BHC with the amount of 88 $\pm$ 12 ng g^{-1} (dry wt.).

Keywords : organochlorine / pesticides / sediment / Eastern Coast

*** Corresponding author.**

บทนำ

จากการใช้สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในการกำจัดศัตรูพืชเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร หรือใช้ควบคุมแมลงซึ่งเป็นพาหะนำโรคมาสู่มนุษย์ ใช้กำจัดปลวก มด ตามอาคารบ้านเรือน ทำให้สารฆ่าแมลงกลุ่มนี้ตกค้างในอากาศ แม่น้ำ ทะเล ดินตะกอน ตลอดจนสิ่งมีชีวิตในน้ำ สารกลุ่มนี้เป็นสารที่มีความคงทนและละลายน้ำได้น้อยมาก (Magnus, 1994; Larry, 1991) เมื่อเกิดการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ จะจับกับอนุภาคแขวนลอยแล้วจมลงสู่ท้องน้ำสะสมอยู่ที่ดินตะกอนใต้ท้องน้ำ สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณใต้ท้องน้ำ หรือสัตว์หน้าดินมีโอกาสสะสมสารกลุ่มนี้เข้าสู่ร่างกายได้ ตลอดจนมีการศึกษาพบว่ามีการสะสมในสิ่งมีชีวิตเป็นแบบเพิ่มขยายทางชีวภาพ (Biomagnification) ทำให้สิ่งมีชีวิตที่กินอาหารสืบทอดต่อๆ กันมา ได้รับสารพิษสะสมในปริมาณที่มากขึ้น (Law, 1993) ซึ่งส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชที่รู้จักและใช้กันมาเป็นเวลานานได้แก่ ดีดีที ซึ่งเป็นสารฆ่าแมลงในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนรวมทั้ง อัลดริล (Aldrin) ดิลดริล (Dieldrin) ลินเดน (Lindane) เฮปตาคลอร์ (Heptachlor) คลอร์เดน (Chlordane) และเอนโดซัลแฟน (Endosulfan) ฯลฯ แม้ว่าสารดังกล่าวจะถูกฉีด หรือพ่นที่พืชโดยตรง แต่ก็มีบางส่วนฟุ้งกระจายในอากาศ บางส่วนตกสู่ดินและแหล่งน้ำ หรืออาจถูกชะล้างโดยน้ำฝนลงสู่แหล่งน้ำ เมื่อดินเกิดการสึกกร่อนพังทลาย สารเหล่านี้ก็ลงสู่แหล่งน้ำ ก่อให้เกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เมื่อเข้าไปสะสมในสิ่งมีชีวิตพบว่ามีผลต่อระบบประสาท ก่อให้เกิดความผิดปกติของระบบอวัยวะหรือทำให้พฤติกรรมของสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนไป มีการศึกษาวิจัยในมนุษย์ พบว่าสารประเภทนี้ก่อกวนระบบต่อมไร้ท่อ มีความสัมพันธ์กับการเป็นมะเร็งเต้านม มะเร็งระบบสืบพันธุ์ ทำให้ปริมาณและคุณภาพของอสุจิต่ำลง มีการพิสูจน์แล้วว่าสารกลุ่มนี้ก่อให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง และสารบางตัวก็มีหลักฐานบ่งชี้ว่าสามารถก่อมะเร็งในคนได้ (พาลาภ สิงหเสนี, 2540; Walker *et al*., 1997; Smith, 1991) โดยรัตนา อัศวศิลป์โสพล (2547) รายงานว่าพบชายวัยเจริญพันธุ์ที่มีปริมาณสารดีดีทีในกระแสเลือดสูง ระดับฮอร์โมนเพศชายจะลดลง

บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก นับว่าเป็นแหล่งเกษตรกรรม แหล่งอุตสาหกรรมและแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศไทย พื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกตอนบน ได้แก่บริเวณจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง เป็นพื้นที่เป้าหมายที่จะเป็นศูนย์กลาง ความเจริญทางด้านเศรษฐกิจแห่งใหม่ของประเทศ สำหรับรองรับการกระจายกิจกรรมทางด้านเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม ส่วนพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกตอนล่าง ครอบคลุมบริเวณจังหวัดระยองบางส่วน จันทบุรี และตราด พื้นที่บริเวณนี้เป็นแหล่งที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง จึงมีความเหมาะสมแก่การปลูกผลไม้และยางพารา นอกจากนี้พื้นที่ชายฝั่งทะเลยังเป็นแหล่งเพาะเลี้ยง มีการเพาะเลี้ยงกุ้ง หอย และปลาเป็นจำนวนมากตั้งแต่ชลบุรีถึงจันทบุรี เป็นบริเวณปากแม่น้ำและป่าชายเลนที่มีศักยภาพการเพาะเลี้ยงชายฝั่งสูง นอกจากนี้ยังมีสัตว์น้ำวัยอ่อนจำนวนมากในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดตราด (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2545) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามีการสะสมของสารกลุ่มดังกล่าว ในดินตะกอนมากกว่าในน้ำประมาณ 322 เท่า (ยงยุทธ ไผ่แก้ว, 2531) พบการสะสมในดินตะกอนและในน้ำตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำบริเวณลุ่มน้ำจันทบุรี ระยอง และชลบุรี (อมรพรรณ อาศรัยผล, 2534; ก่องกนก เมนะรุจิ, 2536) จากการศึกษาของ ชุลีพร พุฒนวล ในปี 2537-2538 พบว่าแหล่งเพาะเลี้ยงและแหล่งชุมชนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก มีการตกค้างของสารกลุ่มนี้ทั้งในน้ำ ดินตะกอน และหอยนางรม (ชุลีพร พุฒนวล, 2538)

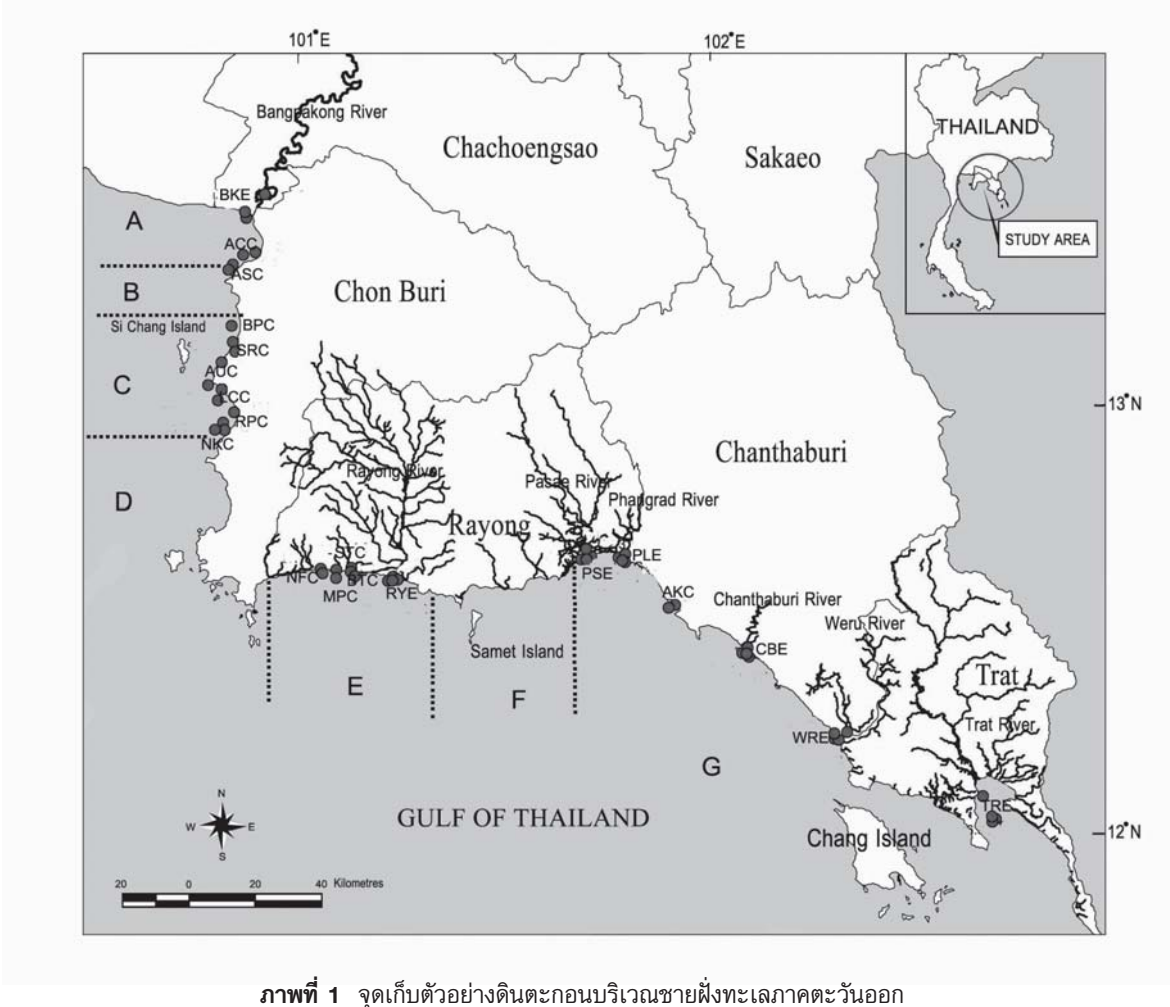
ดังนั้นการที่ได้ทราบชนิดและปริมาณของสารกลุ่มดังกล่าวบริเวณแหล่งเพาะเลี้ยง ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่สำคัญของประเทศไทย จะทำให้สามารถหาแนวทางป้องกันและแก้ไขก่อนที่จะมีการนำสินค้าไปให้ประชาชนบริโภคและส่งออก นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดแนวทางในการหาค่ามาตรฐานของสารกลุ่มนี้ในดินตะกอนและควบคุมคุณภาพน้ำในแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บตัวอย่างและเตรียมตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าโดยใช้เครื่องตักดินที่ดัดแปลงมาจากแบบของ Petersen grab ที่สามารถตักดินได้ในพื้นที่ 0.05 ตารางเมตร บริเวณแหล่งเพาะเลี้ยง แหล่งอุตสาหกรรม ทั้งหมด 20 พื้นที่ รวม 52 จุดเก็บตัวอย่าง จุดเก็บตัวอย่างแสดงในภาพที่ 1 และตารางที่ 1 โดยเก็บตัวอย่างจุดละ 3 ครั้ง แล้วนำตัวอย่างดินตะกอนมารวมกัน (composite sample) เก็บตัวอย่าง 2 ช่วงเวลา ฤดูแล้ง

(มีนาคม 2547) และฤดูฝน (สิงหาคม 2547) รวมตัวอย่างทั้งหมด 104 ตัวอย่าง โดยรวบรวมดินที่ได้ใส่ในอลูมิเนียมฟอยด์ที่ล้างด้วยเฮกเซน (Hexane) แล้ว เมื่อนำกลับมาห้องปฏิบัติการนำตัวอย่างแช่ในตู้แช่แข็งเพื่อป้องกันการสลายตัว จากนั้นทำให้แห้งด้วยอุณหภูมิต่ำ (freeze dryer) เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป



ภาพที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

ตารางที่ 1 ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

พื้นที่เก็บตัวอย่าง	รหัส	สถานีเก็บตัวอย่าง			พื้นที่การใช้ประโยชน์
		จุดเก็บตัวอย่าง	ละติจูด	ลองติจูด	
ปากแม่น้ำบางประกง	BKE	แม่น้ำบางปะกง (ใน)	N 13°29'30.4"	E100°59'52.4"	Zone A
		ปากแม่น้ำบางปะกง (นอก)	N 13°26'50.2"	E 100°57'03.5"	การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
		ปากแม่น้ำบางปะกง (ขวา)	N 13°27'01.9"	E 100°57'19.9"	(หอยนางรม หอยแมลงภู่
		ปากแม่น้ำบางปะกง (ซ้าย)	N 13°26'42.5"	E 100°57'23.1"	ปลาในกะชัง)
อ่าวชลบุรี	ACC	อ่าวชลบุรี (ใน)	N 13°21'09.2"	E 100°58'33.2"	
		ห้วยกะปิ (นอก)	N 13°21'32.8"	E 100°56'44.0"	
อ่างศิลา	ASC	อ่างศิลา คลองโปรง (ใน)	N 13°20'16.7"	E 100°55'30.2"	
		อ่างศิลา ท่าเรือประมง (นอก)	N 13°19'22.6"	E 100°54'48.6"	
บางพระ	BPC	บางพระ (นอก)	N 13°12'26.3"	E 100°55'02.7"	Zone C
ศรีราชา	SRC	เกาะลอย (ใน)	N 13°10'04.8"	E 100°55'30.1"	อุตสาหกรรมขนาดกลาง
		ผาแดง (นอก)	N 13°08'57.7"	E 100°53'44.1"	และท่าเรือน้ำลึก
อ่าวอุดม	AUC	อ่าวอุดม (ใน)	N 13°07'24.7"	E 100°53'49.6"	
		หัวเขา (นอก)	N 13°04'39.5"	E 100°51'54.7"	
ท่าเรือแหลมฉบัง	LCC	ท่าเรือแหลมฉบัง (ใน)	N 13°03'57.6"	E 100°53'54.0"	
		แหลมฉบัง แนวกันคลื่น (นอก)	N 13°02'31.9"	E 100°53'19.6"	
โรงโป๊ะ	RPC	โรงโป๊ะ (ใน)	N 13°01'00.7"	E 100°55'35.9"	
		โรงโป๊ะ (นอก)	N 12°59'20.7"	E 100°54'05.8"	
ตลาดนาเกลือ	NKC	ตลาดนาเกลือ (ใน)	N 12°58'20.2"	E 100°54'20.7"	
		ตลาดนาเกลือ (นอก)	N 12°58'35.3"	E 100°53'16.7"	
หนองแฟบ	NFC	หนองแฟบ (ใน)	N 12°40'447"	E 101°07'28.0"	Zone E
		ปลายท่าเรือ (นอก)	N 12°40'26.6"	E 101°07'42.7"	นิคมอุตสาหกรรม
มาบตาพุด	MPC	มาบตาพุด (ใน)	N 12°38'00.3"	E 101°08'53.6"	และท่าเรือน้ำลึก
		สันเขื่อน เกาะสะเก็ด (นอก)	N 12°38'22.4"	E 101°09'59.9"	
หาดทรายทอง	STC	หาดทรายทอง (ใน)	N 12°38'11.6"	E 101°10'04.6"	
ปากคลองบ้านตากวน	BTC	บ้านตากวน (ใน)	N 12°39'52.5"	E 101°11'05.0"	
		บ้านตากวน (นอก)	N 12°39'54.6"	E 101°11'53.6"	
ปากแม่น้ำระยอง	RYE	แม่น้ำระยอง (ใน)	N 12°39'29.4"	E 101°16'48.5"	
		ปากแม่น้ำระยอง (นอก)	N 12°39'21.7"	E 101°17'00.8"	
		ปากแม่น้ำระยอง (ขวา)	N 12°38'46.5"	E 101°17'13.7"	
		ปากแม่น้ำระยอง (ซ้าย)	N 12°38'59.9"	E 101°16'38.4"	

ตารางที่ 1 (ต่อ) ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างดินตะกอน

พื้นที่เก็บตัวอย่าง	รหัส	สถานีเก็บตัวอย่าง			พื้นที่การใช้ประโยชน์
		จุดเก็บตัวอย่าง	ละติจูด	ลองติจูด	
แม่น้ำประแสร์	PSE	แม่น้ำประแสร์ (ใน)	N 12˚42'40.3"	E 101˚42'22.0"	Zone G
		ปากแม่น้ำประแสร์ (นอก)	N 12˚41'01.2"	E 101˚42'28.3"	การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและ
		ปากแม่น้ำประแสร์ (ขวา)	N 12˚41'12.9"	E 101˚42'30.9"	ประมงชายฝั่ง
		ปากแม่น้ำประแสร์ (ซ้าย)	N 12˚41'13.7"	E 101˚42'26.1"	
ปากแม่น้ำพังราด	PLE	แม่น้ำพังราด (ใน)	N 12˚41'48.5"	E 101˚47'34.9"	
		ปากแม่น้ำพังราด (นอก)	N 12˚40'49.6"	E 101˚46'51.4"	
		ปากแม่น้ำพังราด (ขวา)	N 12˚41'00.4"	E 101˚47'13.1"	
		ปากแม่น้ำพังราด (ซ้าย)	N 12˚41'05.9"	E 101˚46'45.9"	
อ่าวคุ้งกระเบน	AKC	อ่าวคุ้งกระเบน (ใน)	N 12˚35'04.8"	E 101˚53'52.6"	
		อ่าวคุ้งกระเบน (นอก)	N 12˚34'56.1"	E 101˚53'23.2"	
ปากแม่น้ำจันทบุรี	CBE	แม่น้ำจันทบุรี (ใน)	N 12˚29'33.2"	E 102˚03'52.7"	
		ปากแม่น้ำจันทบุรี (นอก)	N 12˚27'58.2"	E 102˚03'57.2"	
		ปากแม่น้ำจันทบุรี (ขวา)	N 12˚28'09.6"	E 102˚04'13.0"	
		ปากแม่น้ำจันทบุรี (ซ้าย)	N 12˚28'14.7"	E 102˚03'52.4"	
ปากแม่น้ำเวฬุ	WRE	แม่น้ำเวฬุ (ใน)	N 12˚18'00.1"	E 102˚17'03.9"	
		ปากแม่น้ำเวฬุ (นอก)	N 12˚17'55.5"	E 102˚15'51.1"	
		ปากแม่น้ำเวฬุ (ขวา)	N 12˚17'42.6"	E 102˚15'29.4"	
		ปากแม่น้ำเวฬุ (ซ้าย)	N 12˚18'04.0"	E 102˚15'25.8"	
ปากแม่น้ำตราด	TRE	แม่น้ำตราด (ใน)	N 12˚09'27.5"	E 102˚34'59.7"	
		ปากแม่น้ำ ตราด (นอก)	N 12˚06'11.1"	E 102˚36'30.1"	
		ปากแม่น้ำตราด (ขวา)	N 12˚07'01.4"	E 102˚36'06.3"	
		ปากแม่น้ำตราด (ซ้าย)	N 12˚06'38.1"	E 102˚36'16.0"	

รหัสอักษรตัวที่สาม E = Estuary and C = Coastal

2. ชนิดสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน

ชนิดสารที่ทำการวิเคราะห์รวม 20 ชนิด แบ่งออกเป็นกลุ่มต่างๆ ได้ดังนี้ (1) กลุ่มบีเอชซี (BHCs) ได้แก่ เบต้า-บีเอชซี (β-BHC), แอลฟา-บีเอชซี (α-BHC), ลินเดนหรือแกมม่า-บีเอชซี (lindane; γ-BHC), เดลต้า-บีเอชซี (δ-BHC); (2) สารกลุ่มไซโคลไดอีน (cyclodienes) ได้แก่ เฮปตาคลอร์ (heptachlor), เฮปตาคลอร์-อีพอกไซด์ (heptachlor-epoxide), อัลดริน (aldrin), ดีลดริน (dieldrin), ทรานซ์ คลอร์เดน (trans-chlordane) ซีส คลอร์เดน (cis- chlordane), เอนดริน (endrin), เอนดรินอัลดีไฮด์ (endrin aldehyde), เอนดรินคีโตน (endrin ketone), เอนโดซัลแฟน-1 (endosulfan-1), เอนโดซัลแฟน-2 (endosulfan-2), เอนโดซัลแฟนซัลเฟต (endosulfan sulfate); (3) สารกลุ่มดีดีที (DDTs) ได้แก่ พารา-พารา-ดีดีที (p,p´ - DDT), พารา-พารา-ดีดีอี (p,p´ - DDE), พารา-พารา-ดีดีดี (p,p´ - DDD), เมทอกซีคลอร์ (methoxychlor)

3. การวิเคราะห์สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน (ดัดแปลงมาจากวิธีของ Tanabe *et al.*, 1994) ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

การสกัดตัวอย่าง

ชั่งน้ำหนักดินตะกอน 2-3 กรัม สกัดโดยวิธี soxhlet extraction ด้วยตัวทำละลายเฮกเซน:อะซีโตน (1:1) ปริมาตร 150 มล. ใช้เวลาในการสกัด 10 ชั่วโมง ทำการลดปริมาตรตัวทำละลายโดยชุดระเหยสาร (rotary evaporator) จากนั้นปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 10 มล. ด้วยเฮกเซน

การกำจัดสิ่งปนเปื้อนออกจากสิ่งสกัด (clean up) ตามวิธีของ Tanabe *et al.*, (1994) โดยใช้ florisil ขนาด 0.15-0.25 มม. ก่อนใช้ล้างด้วยเฮกเซน จากนั้นนำไป activate โดยอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำไปบรรจุลงในคอลัมน์แก้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ซม. ความยาว 30 ซม. ชะตัวอย่างด้วยเฮกเซนปริมาณ 80 มล. และ

40% ของไดคลอโรมีเทน:เฮกเซน ปริมาณ 130 มล. และนำสิ่งสกัดที่ผ่านออกจากคอลัมน์ไปลดปริมาตรโดยใช้ชุดระเหยและกำจัดกำมะถันโดยใช้แผ่นทองแดงแล้วจึงปรับปริมาตรให้เป็น 5 มล. ด้วยเฮกเซน นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสารต่อไป

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

นำตัวอย่างที่สกัดได้ตรวจวัดชนิดและปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟของ Hewlett Packard รุ่น HP 5890 Series II ตัวตรวจวัดชนิดอีซีดี (GC/ECD) โดยมีสภาวะในการวิเคราะห์ดังนี้ คอลัมน์ BP 5 ขนาด 30 m x 0.32 mm x 0.25 μm (length x id x film thickness) ใช้ฮีเลียม (Helium; He) เป็นแก๊สเคลื่อนที่อัตราการไหล 1.8 มล/นาที อุณหภูมิการตรวจวัด เริ่มที่ 110 °C (0.5 นาที) จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิจาก 90 °C เป็น 180 °C (5 นาที, 15 °C/นาที) และจาก 180 °C เพิ่มเป็น 230 °C (10 นาที, 3 °C/นาที) อุณหภูมิช่องฉีดสาร 250 °C อุณหภูมิเครื่องตรวจวัด 300 °C ชนิดการฉีดแบบ splitless ปริมาตรที่ฉีด 1 ไมโครลิตร

4. การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์

การตรวจวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนได้มีการควบคุมคุณภาพ โดยการหาเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน (% recovery) โดยนำ Sea sand (ผลิตภัณฑ์ของ Fluka, Switzerland) 2 กรัม เติมสารละลายมาตรฐานกลุ่มออร์กาโนคลอรีน (OCP 508-1M; ผลิตภัณฑ์ของ Chem service, USA) ความเข้มข้น 1 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร ลงไป 250ไมโครลิตร และเติม surrogate standard 2,4,5,6-tetrachloro-m-xylene (ผลิตภัณฑ์ของ Chem service, USA) ความเข้มข้น 0.8 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร 250 ไมโครลิตร ทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับวิธีของตัวอย่างที่กล่าวมาแล้วข้างต้น พบเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของ surrogate standard มีค่าเท่ากับ 99% และเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของ สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน มีค่าอยู่ในช่วง 88-120% ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปอร์เซนต์การได้กลับคืน (% Recovery) ของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน

	Organochlorine pesticides	% Recovery	MDL (ng g^{-1})
1. BHCs	α-BHC	96	2
	β-BHC	108	1
	γ-BHC	99	2
	δ-BHC	90	2
2. Cyclodienes	Heptachlor	104	1
	Heptachlor-epoxide	113	2
	Aldrin	88	1
	Dieldrin	114	1
	trans-Chlordane	112	1
	cis-Chlordane	112	1
	Endrin	104	1
	Endrin aldehyde	92	2
	Endrin ketone	120	2
	Endosulfan-1	106	1
	Endosulfan-2	111	1
	Endosulfan sulfate	92	2
3. DDTs	p.p - DDE	114	1
	p.p - DDD	107	1
	p,p - DDT	118	2

MDL = Method Detection Limit

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน มาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS 11.5 for Window ช่วยในการวิเคราะห์หาความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (Analysis of variance; ANOVA) เพื่อหาความแตกต่างของปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในแต่ละพื้นที่

ผลการทดลอง

จากการหาชนิดและปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนจำนวน 20 ชนิด ในดินตะกอน โดยเก็บตัวอย่างเดือนมีนาคม 2547 (ฤดูแล้ง) และเดือนสิงหาคม 2547 (ฤดูฝน) ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัด ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา จนถึงจังหวัดตราด ตรวจพบทั้งสิ้น 19 ชนิด เมทอกซีคลอร์ตรวจพบค่าต่ำกว่า detection limit (<1 นาโนกรัม/กรัม) ชนิดและปริมาณสารที่ตรวจพบแสดงในตารางที่ 3 พบว่าเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) มีการสะสมของสารฆ่าแมลงสูงกว่าเดือนมีนาคม (ฤดูแล้ง) ในปริมาณ 205 $\pm$ 23 และ 152 $\pm$ 10 นาโนกรัม/กรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ชนิดสารที่ตรวจพบความถี่สูงสุดในเดือนมีนาคม (ฤดูแล้ง) คือ เอนโดซัลแฟน-2 และเอนโดซัลแฟน-1 ในความถี่ร้อยละ 96 และ 94 ตามลำดับ ส่วนในเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) คือแกมม่า-บีเอชซี และเบต้า-บีเอชซี ในความถี่ร้อยละ 88 และ 72 ตามลำดับ และเฮปตาคลอร์เป็นชนิดสารที่ถูกตรวจพบความถี่ค่อนข้างสูงทั้งสอง ช่วงเวลาในความถี่ร้อยละ 81 และ 65 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ชนิดและปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน (20 พื้นที่) จากชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย

สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน	มีนาคม 2547 (ฤดูแล้ง)			สิงหาคม 2547 (ฤดูฝน)		
	% ตัวอย่างที่ตรวจพบ	ช่วงที่ตรวจพบ นาโนกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE นาโนกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง	% ตัวอย่างที่ตรวจพบ	ช่วงที่ตรวจพบ นาโนกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE นาโนกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง
α-BHC	42	3 – 21	8 $\pm$ 1	6	4 – 53	18 $\pm$ 7
β-BHC	40	5 – 261	62 $\pm$ 9	72	5 – 469	84 $\pm$ 12
γ-BHC	40	0 – 232	45 $\pm$ 9	88	4 – 508	89 $\pm$ 12
δ-BHC	13	11 – 66	33 $\pm$ 5	32	4 – 359	68 $\pm$ 14
trans-Chlordane	69	0 – 34	6. $\pm$ 1	8	4 – 11	68 $\pm$ 10
cis-Chlordane	69	0 – 36	7 $\pm$ 1	28	3 – 19	6 $\pm$ 1
Heptachlor	81	5 – 547	23 $\pm$ 6	65	4 – 109	18 $\pm$ 3
Heptachlor-epoxide	54	<1* – 47	11 $\pm$ 1	34	3 – 34	7 $\pm$ 1
Aldrin	12	2 – 47	18 $\pm$ 4	26	3 – 88	15 $\pm$ 3
Dieldrin	75	<1* – 45	10 $\pm$ 1	16	3 – 140	17 $\pm$ 9
Endrin	27	5 – 33	10 $\pm$ 1	0	<1* – <1*	<1* $\pm$ 0
Endrin aldehyde	43	<2* – 23	10 $\pm$ 1	0	<2* – <2*	<2* $\pm$ 0
Endrin ketone	69	6 – 43	23 $\pm$ 1	71	8 – 73	16 $\pm$ 2
Endosulfan-1	94	1 – 104	9 $\pm$ 1	18	3 – 10	5 $\pm$ 0
Endosulfan-2	96	1 – 153	10 $\pm$ 2	34	4 – 9	5 $\pm$ 0
Endosulfan sulfate	40	8 – 43	16 $\pm$ 1	6	10 – 18	12 $\pm$ 1
Methoxychlor	0	<2* – <2*	<2* $\pm$ 0	0	<2* – <2*	<2* $\pm$ 0
p,p´ - DDE	81	1 – 78	8 $\pm$ 1	37	3 – 29	8 $\pm$ 1
p,p´ - DDD	54	<1* – 64	9 $\pm$ 1	38	4 – 28	9 $\pm$ 1
p,p´ - DDT	2	10 – 10	10 $\pm$ 0	2	10 – 26	18 $\pm$ 9
Total Organochlorine	-	21 – 642	153 $\pm$ 10	-	20 – 999	205 $\pm$ 23

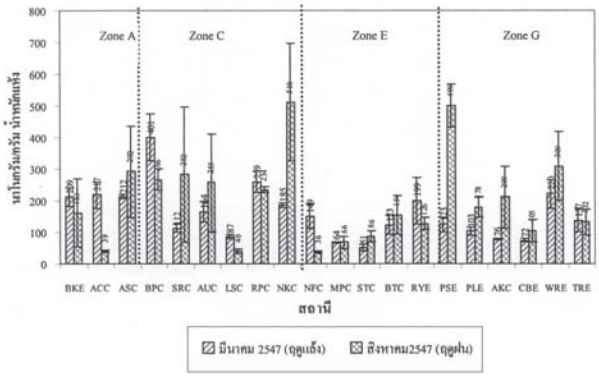
* MDL

ปริมาณรวมสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน พบว่ามีปริมาณค่อนข้างสูงเกือบทุกสถานี ยกเว้น บริเวณแหลมฉบังมาบตาพุด และปากคลองบ้านตากวน มีค่าน้อยกว่า 100 นาโนกรัม/กรัม (น้ำหนักแห้ง) ทั้งสองฤดู โดยปริมาณสูงสุดพบบริเวณตลาดนาเกลือในเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับบริเวณปากน้ำประแสร์ ในปริมาณ 510 ± 187 และ 499 ± 67 นาโนกรัม/กรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ และปริมาณการสะสมต่ำสุดพบบริเวณหนองแฟบในเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) ปริมาณ 36 ± 4 นาโนกรัม/กรัม (น้ำหนักแห้ง) ดังภาพที่ 2

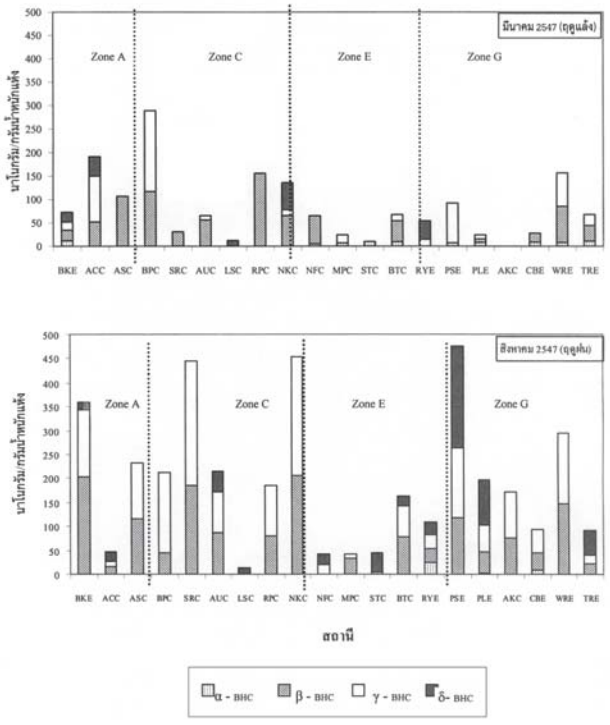
จากการวิเคราะห์ความแตกต่างปริมาณรวมสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนแต่ละพื้นที่ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สารฆ่าแมลงกลุ่มบีเอชซี พบว่าในเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) มีการสะสมของสารสูงกว่าเดือนมีนาคม (ฤดูแล้ง) โดยบริเวณปากแม่น้ำประแสร์ นาเกลือ และศรีราชา มีการสะสมในปริมาณที่สูง ขณะที่ เบต้า- บีเอชซี เดลต้า-บีเอชซี และแกมม่า-บีเอชซี ตรวจพบในปริมาณที่สูงเกือบทุกสถานี ยกเว้นเอลฟา-บีเอชซี ดังภาพที่ 3

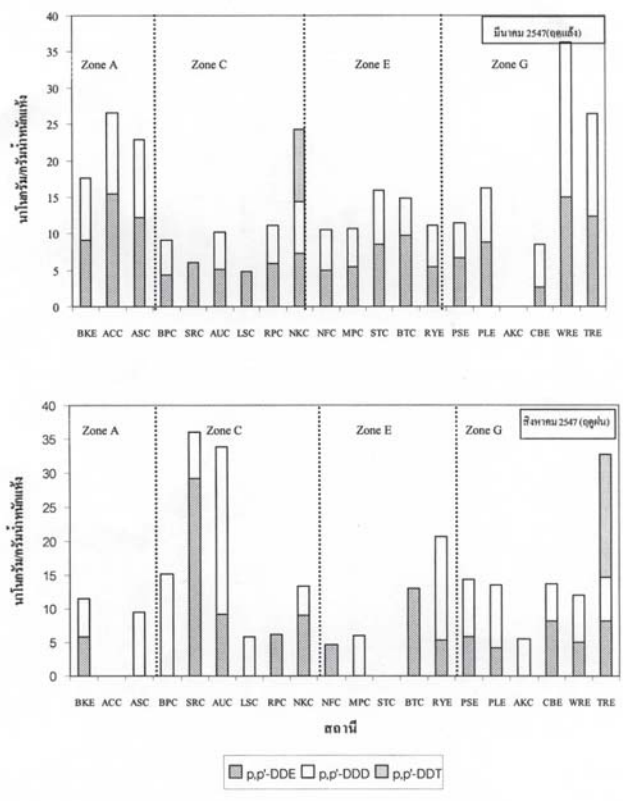
สารฆ่าแมลงกลุ่มดีดีทีและอนุพันธ์ พบว่าในเดือนมีนาคม (ฤดูแล้ง) บริเวณปากแม่น้ำเวฬุ มีการสะสมในปริมาณที่สูง ส่วนในเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) พบการสะสมสูงบริเวณศรีราชา และอ่าวอุดม พารา- พารา- ดีดีอี และ พารา- พารา- ดีดีดี ถูกตรวจพบเกือบทุกพื้นที่ ขณะที่ พารา-พารา- ดีดีที มีการตรวจพบเฉพาะบริเวณนาเกลือในเดือนมีนาคม (ฤดูแล้ง) และปากแม่น้ำตราดในเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) และไม่พบการสะสม ของเมทอกซีคลอร์ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยปริมาณรวมสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ในดินตะกอนจาก 20 พื้นที่ บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย

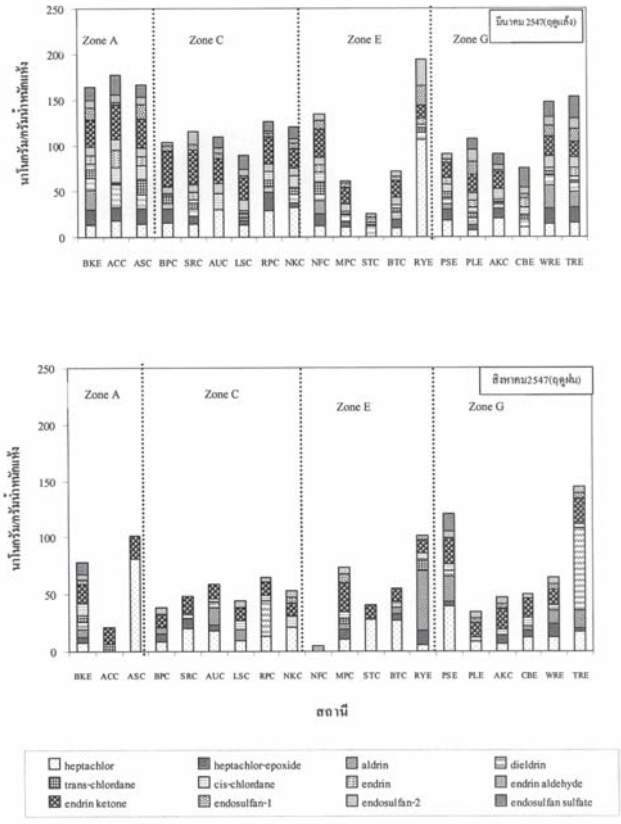


ภาพที่ 3 ค่าความเฉลี่ยความเข้มข้นของสารกลุ่มบีเอชซี (BHCs) ในดินตะกอนจาก 20 พื้นที่ บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย



ภาพที่ 4 ค่าความเฉลี่ยความเข้มข้นของสารกลุ่มดีดีที (DDTs) ในดินตะกอนจาก 20 พื้นที่ บริเวณชายฝั่งทะเล ภาคตะวันออกของประเทศไทย

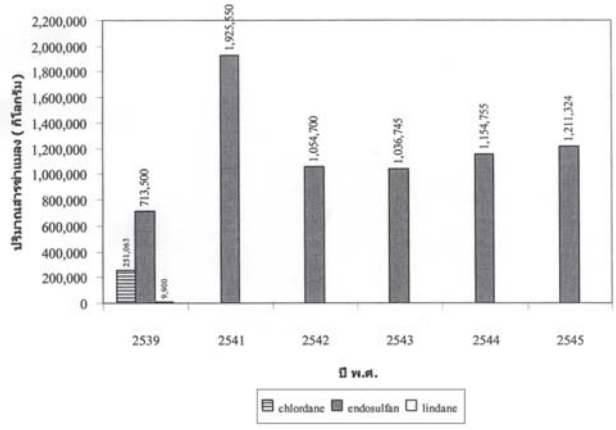
กลุ่มไซโคลไดอีน พบว่าปริมาณรวมของสารในกลุ่มไซโคลไดอีนในเดือนมีนาคม (ฤดูแล้ง) มีค่าสูงกว่าเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) โดยค่าสูงสุดพบบริเวณปากแม่น้ำระยองรองลงมาคือบริเวณอ่าวชลบุรี อ่างศิลา และปากแม่น้ำบางปะกง สารที่ตรวจพบทั้งสองช่วงเวลาและทุกพื้นที่ได้แก่ เฮปตาคลอร์ เฮปตาคลอร์ -อีพอกไซด์ เอนโดซัลแฟน ซัลเฟต ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ค่าความเฉลี่ยความเข้มข้นของสารกลุ่มไซโคลไดอีน (cyclodienes) ในดินตะกอนจาก 20 พื้นที่ บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

ชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตรวจพบในการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับที่เคยมีการศึกษามาก่อน โดยสารกลุ่มดีดีที กลุ่มบีเอชซี และกลุ่มไซโคลไดอีน ยังคงมีการปนเปื้อนอยู่ในสภาพแวดล้อม และพบว่าเอนโดซัลแฟน และสารกลุ่มบีเอชซี ถูกตรวจพบมากกว่าสารชนิดอื่นๆ เพราะเอนโดซัลแฟนเป็นสารฆ่าแมลงในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ยังคงมีการใช้ทางการเกษตรอยู่ มีการนำเข้าทางการเกษตรค่อนข้างสูง (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2548) (ภาพที่ 6) และถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการปลูกพืชโดยเฉพาะ นาข้าว ข้าวโพด อ้อย และส้มเขียวหวาน (ศักดา ศรีนิเวศน์, 2547) เอนโดซัลแฟนเป็นสารที่มีความคงทนปานกลาง มีค่าครึ่งชีวิตประมาณ 2-3 สัปดาห์ ในเดือนสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนบริเวณชายฝั่งทะเลและปากแม่น้ำจะมีคลื่นลมแรงทำให้เกิดการไหลวนของกระแสน้ำมากกว่าเดือนมีนาคม ดินตะกอนจึงถูกพัดพาขึ้นสู่ชั้นน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับค่าความขุ่นที่สูงขึ้นในเดือนสิงหาคม (ปิยะวรรณ ศรีวิลาศ และ กานดา ใจดี, 2547) จึงทำให้ความถี่ในการพบลดลงเป็นร้อยละ 18 และ 34 ตามลำดับ



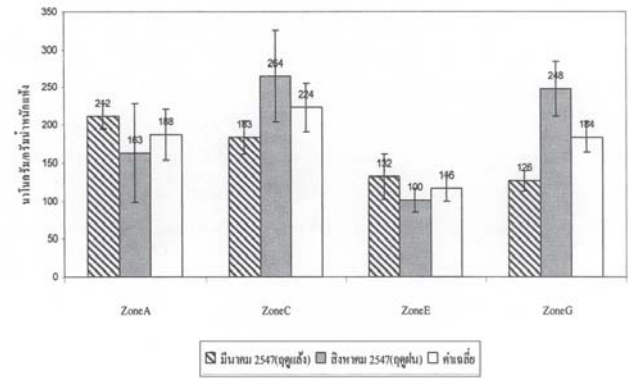
ภาพที่ 6 ปริมาณของการนำเข้าสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนเพื่อการเกษตร ปี พ.ศ. 2539-2546
ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2548)

สารกลุ่มบีเอชซีตรวจพบความถี่และปริมาณที่สูง โดยพบแกมม่า-บีเอชซีในปริมาณ 88 $\pm$ 12 นาโนกรัม/กรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในประเทศอินเดียและประเทศไต้หวัน ที่พบแกมม่า-บีเอชซี แอลฟ่า-บีเอชซี ในปริมาณ 47 และ 39 นาโนกรัม/กรัม และสารกลุ่มบีเอชซี 0.99-14.5 นาโนกรัม/กรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ (Nawab *et al.*, 2003 ; Doong *et al.*, 2002) ประเทศไทยจะใช้สารบีเอชซีในรูปของแกมม่า-บีเอชซี (ลินเดน) (สุภาณี พิมพ์สมาน, 2537) โดยนำมาใช้ทางการเกษตรกำจัดหนอนเจาะลำต้น กำจัดเพลี้ยไฟ ปู ตั๊กแตน (รวี เสรฐภักดี, 2523) และกำจัดแมลงในฟาร์มปศุสัตว์ (ปรีชา พุทธิปรีชาพงศ์ และ พุฒินันท์ สังขะตะวรรธน์, 2530) นอกจากนี้ยังพบว่านำมาผสมในแชมพู โลชั่น ครีม เพื่อกำจัดเหา หิด โรคเรื้อน (Cancer Prevention Coalition, 1998) ส่วนเฮปตาคลอร์พบความถี่ค่อนข้างสูงทั้งสองช่วงเวลา เนื่องจากเป็นสารออกฤทธิ์สำคัญ

ในผลิตภัณฑ์ กำจัดปลวก (กุลธิดา ศิริวัฒน์ และคณะ, 2536) และจากข้อมูลการนำเข้าของกรมศุลกากร พบว่ายังมีการนำเข้าอยู่ (Thai Customs Department, 2000) จึงเป็นสาเหตุที่ยังมีการปนเปื้อนของสารเหล่านี้อยู่ในสิ่งแวดล้อม

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในแต่ละพื้นที่ศึกษา พบว่าการสะสมของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนมีค่าสูงเกือบทุกบริเวณ เนื่องจากพื้นที่ภาคตะวันออกเป็นแหล่งเกษตรกรรม แหล่งอุตสาหกรรม และแหล่งชุมชน โดยการสะสมในพื้นที่อุตสาหกรรมตั้งแต่บางพระถึงตลาดนาเกลือ (Zone C) มีแนวโน้มการสะสมสูงกว่าพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Zone A; Zone G) และพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม (Zone E) เนื่องจากบริเวณนี้เป็นแหล่งอุตสาหกรรมขนาดกลางและมีชุมชนอาศัยตามแนวชายฝั่งอย่างหนาแน่น ส่วนบริเวณแหลมฉบังมาบตาพุดและปากคลองบ้านตากวน พบการสะสมต่ำกว่าบริเวณอื่น เป็นเพราะว่าบริเวณนี้เป็นพื้นที่อุตสาหกรรมหนักและท่าเรือน้ำลึกอาจได้รับผลกระทบจากพื้นที่การเกษตรและแหล่งชุมชนน้อยกว่าบริเวณอื่น และพบว่าพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Zone A) ตั้งแต่ปากแม่น้ำบางปะกงถึงอ่างศิลาเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงหอยนางรม หอยแมลงภู่และปลาในกระชัง มีการสะสมของสารฆ่าแมลงใกล้เคียงกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและประมงชายฝั่งบริเวณปากแม่น้ำประแสร์ ถึงปากแม่น้ำตราด (Zone G) (ภาพที่ 7) จากรายงานของกรมควบคุมมลพิษ (2540) กล่าวว่าปัญหาหลักที่ทำให้แม่น้ำบางปะกงเกิดการเน่าเสีย เกิดจากภาคเกษตรกรรม 68.74% ภาคชุมชน 26.17% และภาคอุตสาหกรรม 5.09% (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Burggraaf และคณะในปี 1991-1992 พบว่าการสะสมสารฆ่าแมลงบริเวณปากแม่น้ำ Waikareao ประเทศนิวซีแลนด์ มีอิทธิพลจากแหล่งชุมชน การเกษตร และอุตสาหกรรม (Burggraaf *et al.*,1994) เมื่อเปรียบเทียบสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนที่ตรวจพบในการศึกษาครั้งนี้กับการศึกษาของประเทศต่างๆ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับประเทศมาเลเซีย แต่สูงกว่าประเทศนิวซีแลนด์และบราซิล (ตารางที่ 4) และเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตะกอน (Sediment quality guideline) ของประเทศแคนาดา เนเธอร์แลนด์ และอเมริกา (ตารางที่ 5) พบว่าค่า dieldrin จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าค่าสูงสุดที่ยอมให้มีได้ของประเทศเนเธอร์แลนด์แต่สูงกว่าเกณฑ์ของประเทศแคนาดา ส่วนค่า p,p′ - DDE, p,p′ - DDT มีค่าต่ำกว่าค่าเข้มข้นที่อาจจะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต (PEL) ของ Florida Dept. of Environmental Protection และ p,p′ - DDT มีค่าสูงกว่าค่า PEL ของประเทศแคนาดา

ปัจจุบันมีการศึกษาถึงภัยของสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกที่ถูกพัฒนาเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมและในขณะเดียวกันก็เป็นพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศ แนวโน้มของการสะสมของสารพิษจึงมากขึ้น ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน และผลกระทบต่อเศรษฐกิจการเพาะเลี้ยงได้ ผลผลิตดังกล่าวนอกจากใช้ในการบริโภคของประชาชนในประเทศแล้ว ยังมีการส่งออกไปขายยังต่างประเทศด้วย ซึ่งในปัจจุบันในหลายประเทศจะควบคุมสินค้าที่นำเข้าจะต้องไม่มีสารพิษตกค้างอยู่ สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนก็เป็นกลุ่มสารที่ห้ามพบในสินค้าหลายๆ ชนิด ดังนั้นการติดตามตรวจสอบสารกลุ่มนี้ในสิ่งแวดล้อมจึงควรทำอย่างต่อเนื่องต่อไป



ภาพที่ 7 ค่าเฉลี่ยปริมาณรวมสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในพื้นที่การใช้ประโยชน์

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้ ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2547 มหาวิทยาลัยบูรพา และขอขอบพระคุณ ดร. แววตา ทองระอา หัวหน้าฝ่ายวิจัยสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล ที่ได้เสียสละเวลาอ่านและแก้ไขทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตรวจพบจากแหล่งอื่นๆ (ng g^{-1} dry wt)

ประเทศ	พื้นที่	สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน	ช่วงที่ตรวจพบ (นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)	ค่าเฉลี่ย (นาโนกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)	อ้างอิง
ประเทศไทย	ปากแม่น้ำบางปะกง - ปากแม่น้ำตราด, 2547	α-BHC	3–53	9	จากการศึกษาครั้งนี้
		β-BHC	5–469	76	
		Aldrin	2–88	16	
		Dieldrin	< 1-140	10	
		trans-Chlordane	0-34	6	
		Endosulfan - 1	1–104	9	
		Heptachlor - epoxide	< 1-47	10	
		p,p′ - DDD	1–78	8	
		p,p′ - DDT	10–27	14	
	ปากแม่น้ำบางปะกง - ศรีราชา, 2546	α-BHC	3–8	5	ปิยะวรรณและกานดา (2547)
		β-BHC	3–213	74	
		Endosulfan - 1	3–13	9	
		Dieldrin	<1–8	5	
		Heptachlor - epoxide	2–14	4	
		p,p′ - DDD	3–24	10	
	ภาคตะวันออกของประเทศไทย, 1997	α-BHC	not report	0	Thapinta and Hudak (2000)
		β-BHC	0–1	not report	
		Endosulfan	0–9	not report	
		Heptachlor - epoxide	0–12	not report	
		eDDT	0–3	not report	
มาเลเซีย	Vegetable Farm, Cameron, 1998	α-BHC	4– 22	11	Zakaria *et al.* (2003)
		β-BHC	6– 37	17	
		δ-BHC	6– 33	17	
		Endrin	20–99	47	
		p,p′ - DDD	17–54	34	
	Vegetable Farm, Kundasang, 1998	Aldrin	42–92	59	
		Heptachlor	15–25	21	
		p,p′ - DDT	19–26	22	
นิวซีแลนด์	Waikareao Estuary, 1991	p,p′ - DDE	not report	0.2	Burggraaf *et al.* (1994)
		p,p′ - DDD	not report	0.5	
		p,p′ - DDT	not report	< 0.1	
		Chlordanes	not report	< 0.1	
บราซิล	Sao Lourenco River, Cuiaba River and Murum River, 1999-2000	p,p′ - DDE	0.4 – 1.4	0.7	Laabs *et al.* (2002)
		p,p′ - DDT	0.4 – 1.5	0.8	
		Endosulfan	1.0 – 3.7	2.7	

ตารางที่ 5 เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตะกอน (Sediment quality guidelines)

Organochlorine pesticides	Interim Canadian sediment quality guidelines (μg/kg dry wt.)		Sediment quality objective in the Netherlands (μg/kg dry wt.)	Florida Dept. of Environmental Protection		U.S. Environment Protection Agency
				Sediment Quality Guidelines Marine & Estuarine Sediments (μg/kg dry wt.)		Sediment Quality Criteria (μg/g) organic carbon
	Interim guideline marine	PEL Marine	Maximum permissible concentration	NOEL	PEL	Marine sediment
Aldrin	-	-	-	N.A.	N.A.	N.A.
α-BHC	-	-	-	N.A.	N.A.	N.A.
β-BHC	-	-	-	N.A.	N.A.	N.A.
Chlordane	2.26	4.79	3	N.A.	N.A.	N.A.
Dieldrin	0.71	4.30	450	N.A.	N.A.	20
DDD	1.22	7.8	1	N.A[1]	N.A[1].	N.A[1]
DDE	2.07	374	1	1.7[2]	130[2]	N.A. [2]
DDT	1.19	4.77	2	4.5[3]	270[3]	N.A[3].
Total DDT	-	-	-	-	-	N.A.
Endrin	-	-	-	N.A.	N.A.	0.76
Heptachlor	-	-	-	-	-	N.A.
Heptachlor epoxide	-	-	-	N.A.	N.A.	N.A.
Lindane	-	-	2	N.A.	N.A.	N.A.
Endosulfan	-	-	1	N.A.	N.A.	N.A.
Methoxychlor	-	-	-	N.A.	N.A.	N.A.

NOEL = No Observable Effects Level, PEL = Probable Effects Level; N.A. = Not Available
1 = p,ṕ - DDD ; 2 = p,ṕ - DDE; 3 = p,ṕ - DDT
ที่มา : Department of the environment and Heritage (2000)
: Wilson, *et al*., (1995)

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2548 ข้อมูลสถิติปี 2540.กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจาก http://www.environ เข้าถึงเมื่อ 15/8/2548.

ก่องกนก เมนะรุจิ. 2536. สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำบริเวณลุ่มน้ำย่อยของภาคตะวันออกในจังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กุลธิดา ศิริวัฒน์, กิจชัย ศิริวัฒน์ และ หรรษา ไชยวานิช. 2536. ผลิตภัณฑ์กำจัดปลวกในบ้านเรือน วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 35(3): 187-194.

ชุลีพร พุฒนวล. 2538. การแพร่กระจายและการสะสมของปริมาณสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนบริเวณแหล่งชุมชนชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ชลบุรี ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยบูรพา

ปิยะวรรณ ศรีวิลาศ และ กานดา ใจดี. 2547. การปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก รายงานฉบับสมบูรณ์

ปรีชา พุทธิปรีชาพงศ์ และพุฒินันท์ สังขะตะวรรธน์. 2530. สารกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทย กรมวิชาการเกษตร

พาลาภ สิงหเสนี. 2540. พิษของยาฆ่าแมลงต่อผู้ใช้ และสิ่งแวดล้อม. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ยงยุทธ ไผ่แก้ว. 2531. สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในน้ำและดินตะกอนจากลุ่มย่อยที่มีขนาดพื้นที่ที่แตกต่างกันบริเวณลุ่มน้ำยมและลุ่มน้ำน่าน วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รวี เสรฐภักดี. 2523. การสร้างสวนผลไม้. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รัตนา อัศวศิลป์โสพล. 2547. สารมลพิษอินทรีย์ที่ตกค้างยาวนาน: ภัยต่อระบบต่อมไร้ท่อของมนุษย์ ประชาคมวิจัย ฉบับที่ 58 เดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม:66-67

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย 2545. เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการ 5-6 กันยายน 2545. แนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

สุภาณี พิมพ์สมาน. 2537. สารฆ่าแมลง. โครงการตำราและเอกสารวิชาการ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2548. ข้อมูลการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี 2539-2546. กรมวิชาการเกษตร. จาก http://www.doa.go.th เข้าถึงเมื่อ 15/8/2548.

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

อมรพรรณ อาศรัยผล. 2534. ชนิดและปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในดินตะกอนตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ บริเวณลุ่มน้ำจันทบุรี ระยอง และชลบุรี วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Burggraaf, S., Langdon, A. G. and Wilkins, A. L. 1994. Organochlorine contaminants in sediments of the Tauranga Harbour, New Zealand., New Zeal J Mar Fresh., 28:291-298.

Cancer Prevention Coalition. 1998. Lindane: Question and answers. [Online]: available from http://www.preventcancer.com. Accessed on 10/1/2001.

Doong, R. A., Peng, C. K., Sun, Y. C. and Liao, P. L. 2002. Composition and distribution of organochlorine pesticide residues in surface sediments from the Wu-Shi River estuary, Taiwan. Mar Pollut Bull., 45: 246-253.

Department of the Environment and Heritage. 2000. Sediment quality guidelines. Version October 2000. Australian Government. volume 2-8-4 [Online]: available from http:// www.deh.gov.au Accessed on 17/7/2006.

Laabs, V., Amelung, W., Pinto, A. A., Wantzen, M., da Silva, C. J. and Zech, W. 2002. Pesticide in surface water, Sediment and Rainfall of the Northeastern Pantanal Basin, Brazil., J. Environ. Qual., 31: 1636-1648.

Larry, P. P. 1991. Entomology and Pest Management. New York: Macmillian Publishing Company.

Law, E. A. 1993. Aquatic pollution: An introductory text, John Wiley and Sons. New York.

Liu, M., Yang, Y., Hou, L., Xu, S., Ou, D., Zhang, B. and Liu, Q. 2003. Chlorinated organic contaminants in surface sediments from the Yangtze estuary and nearby coastal areas, China. Mar Pollut Bull., 46(5) :672-676.

Magnus, B. F. 1994. Toxic Substances in the Environ ment: Ecosystem and Ecotoxicology. New York: John Wiley & Sons.

Nawab, A., Aleem, A. and Malik. 2003. Determination of organochlorine pesticides in agricultural soil with special reference to γ-HCH degradation by Pseudomonas strains, Bioresource Technol., 88:41-46.

Pandit, G.G., Sahu, S.K., and Sadasivan. 2000. Distribution of HCH and DDT in the coastal marine environment of Mumbai, India. J Environ Monit., 4(3) Available: (http://www.rsc.org/) [Dec 12, 2004].

Smith, A.G. 1991. Chlorinated Hydrocarbon Insecticide. In Wayland J., Hayes Jr., Edward R., and Law Jr. (Eds.) Handbook of Pesticides Toxicology Volume 2: Class of Pesticides. (pp.731-870). New York: Academic Press.

Tanabe, S., Sung, K. J., Choi, D. Y., Baba, N., Kiyota, M., Yoshida, K., and Tatsukawa, R. 1994. Persistent organochlorine residue in northern fur seal from the Pacific coastal of Japan. Environ Pollut., 85: 305-314.

Thai Customs Department. 2000. Import-Export Statistics from January to June 2005. 29.03 Halogented derivatives of hydrocarbon. [Online]: available from http://www.customs.go.th. Accessed on 14/8/2005.

Thapinta, A., Hudak, P. F. 2000. Pesticide use and residual occurrence in Thailand. Environ Monit Assess., 60:103-114

Walker, C. H., Hopkin, S. P., Sibly, R. M., and Peakall, D. B. 1997. Principles of Ecotoxicology. Taylor & Francis, Great Britain.

Wilson, P., Wheeler, D.P., Kennedy, D.P. 1995. Compilation of sediment &soil standards, Criteria & Guidelines. Department of Water Resources., Quality Assurance/ Quality Control Program.,. State of California. Divisions of Local Assistance. p13-29. [Online]: available from http://www.wq.water.ca.gov/qa/publicat/soil.pdf Accessed on 17/7/2006.

Zakaria, Z., Heng, Y. L., Abdullah P., Osman R. and Din, L. 2003. The Environmental Contamination by Organochlorine Insecticides of some Agricultural Areas in Malaysia. Malaysian Journal of Chemistry, 5(1): 78-85.