รายงานผลการวิจัย
ทุนอุดหนุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2554

เรื่อง

ความผิดปกติทางเพศของหอยทะเลฝาเดียวที่เกิดจากสารป้องกันการเกาะติดของสิ่งมีชีวิต ในบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย ระยะที่ 2: ศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของสารบิวทิลทินในดินตะกอน และในหอยทะเลฝาเดียว

Occurrence of Imposex in marine gastropods due to antifouling chemicals along the Eastern Seaboard of the Gulf of Thailand, 2nd phase: Study of the contamination of butyltin compounds in sediments and marine gastropods

ณิชยา ประดิษฐ์ทรัพย์
สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยความผิดปกติทางเพศของหอยทะเลฝาเดียวที่เกิดจากสารป้องกันการเกาะติดของสิ่งมีชีวิตในบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทยระยะที่ 2: ศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของสารบิวทิลทินในดินตะกอน และในหอยทะเลฝาเดียว ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2554 (สัญญาเลขที่ GRB_BSS_๔๖_๕๔_๖๕_๐๑) ทั้งนี้งานวิจัยสามารถสำเร็จลงด้วยดีนั้น นักวิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา วัฒยากร ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำในการวิจัย รวมถึงข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยทำให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ รองศาสตราจารย์ ดร. อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยและคำแนะนำในการแก้ไขรายงานให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ อย่างสูงที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้ขอขอบคุณ คุณปรีชา เสนสิทธิ์ และเจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำทุกท่านรวมถึงเจ้าหน้าที่ ณ สถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง ที่ได้ช่วยประสานงานและอำนวยความสะดวกทำให้งานดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณสารบิวทิลทินในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทย จำนวน 12 สถานี ตั้งแต่ อ่างศิลา จ.ชลบุรี ถึง เกาะช้าง จ.ตราด ช่วงปี พ.ศ. 2554 พบปริมาณสารบิวทิลทินรวมในดินตะกอนมีค่าอยู่ระหว่าง น้อยกว่า 1 ถึง 44.7 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) ส่วนใหญ่พบเป็นสารโมโนบิวทิลทิน (MBT) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง น้อยกว่า 1 ถึง 32.5 นาโนกรัมต่อกรัม รองลงมาคือ สารไตรบิวทิลทิน (TBT) และ ไดบิวทิลทิน (DBT) ซึ่งจากการศึกษาพบมีค่าอยู่ระหว่าง น้อยกว่า 1 ถึง 12.2 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) และน้อยกว่า 1 ถึง 7.1 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในก่อนหน้านี้พบว่ามีแนวโน้มของการปนเปื้อนของสารไตรบิวทิลทินที่น้อยลง นอกจากนี้ได้ศึกษาปริมาณการปนเปื้อนในหอยทะเลฝาเดียวบางชนิด (*Nassarius* sp. และ *Chicoreus capucinus*) พบมีค่าการสะสมของสารบิวทิลทินอยู่ระหว่างน้อยกว่า 1 ถึง 238 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) ทั้งนี้ยังพบว่าปริมาณสารบิวทิลทินในหอยทะเลฝาเดียวมีแนวโน้มสัมพันธ์กันเชิงบวกกับกับปริมาณสารบิวทิลทินในดินตะกอน

Abstract

Concentrations of monobutyltin (MBT), dibutyltin (DBT) and tributyltin (TBT) compounds were analyzed in sediment samples collected from twelve stations along the Eastern Seaboard of the Gulf of Thailand. The total butyltin (∑BTs) concentrations ranged between <1 and 44.7 ng/g (wet wt). The overall concentration ranges found in the sediments were <1 – 32.5 ng/g for MBT, <1 – 7.1 ng/g for DBT, and <1 – 12.2 ng/g for TBT, on a wet weight basis. MBT generally prevailed in most of the samples, suggesting the occurrence of old inputs of butyltin compounds in the area. Butyltin compounds were also measured in some marine gastropods, such as *Nassarius sp.* and *Chicoreus capucinus*, where ∑BTs concentrations were found to range between <1 to 238 ng/g (wet wt). The level of butyltin compounds in gastropod tissue samples tends to be related with that of the sediments and percentage of imposex incidence.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	
บทคัดย่อ	
บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
การทบทวนเอกสารและงานวิจัย	3
ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย	18
ผลการศึกษา	24
อภิปรายผลการศึกษา	39
สรุปผลการศึกษา	43
เอกสารอ้างอิง	44
ประวัติคณะนักวิจัย	51

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณสารกลุ่มบิวทิลทิน ได้แก่ ไตรบิวทิลทิน (TBT), ไดบิวทิลทิน (DBT) และโมโนบิวทิลทิน (MBT) ในดินตะกอน (ng/g) บริเวณชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทย	26
2	ปริมาณสารกลุ่มบิวทิลทิน ได้แก่ ไตรบิวทิลทิน (TBT), ไดบิวทิลทิน (DBT) และโมโนบิวทิลทิน (MBT) ในหอยฝาเดียว (ng/g) ในวงศ์ Nassariidae	30
3	ปริมาณสารกลุ่มบิวทิลทิน ได้แก่ ไตรบิวทิลทิน (TBT), ไดบิวทิลทิน (DBT) และโมโนบิวทิลทิน (MBT) ในหอยฝาเดียว (นาโนกรัมต่อกรัม) ในวงศ์ Muricidae	32
4	สัดส่วนของอนุภาคดินตะกอน (เปอร์เซ็นต์)	36

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ปริมาณสารไตรบิวทิลทินในน้ำทะเล บริเวณอ่าวไทยช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543 - 2548	13
2	ปริมาณสารไตรบิวทิลทินในดินตะกอนบริเวณอ่าวไทยช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2538 - 2548	14
3	พื้นที่ศึกษาบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย (1) อ่างศิลา (2) เกาะสีชัง (3) ศรีราชา (4) แหลมฉบัง (5) เกาะไผ่ (6) พัทยา (7) มาบตาพุด (8) บ้านเพ (9) คุ้งกระเบน (10) เจ้าหลาว (11) ท่าโสม (12) เกาะช้าง	18
4	การเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ grab sampler	19
5	แผนผังขั้นตอนการสกัดสารในกลุ่มออแกโนตินในดินตะกอนและในสิ่งมีชีวิต	23
6	ปริมาณสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทินเฉลี่ย ในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกของอ่าวไทย (ชลบุรี – ตราด)	27
7	สัดส่วน (เปอร์เซ็นต์) สารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทินเฉลี่ย ในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกของอ่าวไทย (ชลบุรี – ตราด)	27
8	ปริมาณสารบิวทิลทินรวมในหอยทะเลบางชนิดวงศ์ Nassaridae และในดินตะกอน	31
9	เปอร์เซ็นต์การเกิดการพัฒนาอวัยวะเพศผู้เทียม (imposex) ในหอยทะเลชนิด *Nassarius* sp. (วงศ์ Nassaridae) ในสถานี แหลมฉบัง เจ้าหลาว คุ้งกระเบน และเกาะช้าง	31
10	เปรียบเทียบปริมาณสารบิวทิลทินรวมในหอยทะเลบางชนิดในวงศ์ Muricidae และในดินตะกอน	33
11	เปอร์เซ็นต์การเกิดการพัฒนาอวัยวะเพศผู้เทียม (imposex) ในหอยทะเลวงศ์ Muricidae ในสถานี คุ้งกระเบน ท่าโสม และเกาะไผ่	33
12	คุณภาพน้ำ (ความเค็ม) ของบริเวณที่ทำการศึกษา	34
13	คุณภาพน้ำ (ความเป็นกรด-เบส) ของบริเวณที่ทำการศึกษา	35

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
14	ปริมาณเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุในดินตะกอนของสถานีที่ทำการศึกษา	35
15	เปรียบเทียบสัดส่วนขนาดอนุภาคดินตะกอนและเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์ บริเวณพื้นที่ชายฝั่งที่ทำการศึกษา	37
16	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์และปริมาณสารบิวทิลทินรวม (BTs) บริเวณพื้นที่ชายฝั่งที่ทำการศึกษา	37

บทนำ

สารป้องกันการเกาะติดของสิ่งมีชีวิตหรือสีกันเพรียง เป็นสารที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการป้องกันไม่ให้เพรียงและ/หรือสิ่งมีชีวิตต่างๆ มาเกาะที่เรือและวัสดุต่างๆที่ติดตั้งในทะเล ป้องกันการผุกร่อนของเรือและวัสดุที่ใช้ทา สารดังกล่าวจัดอยู่ในกลุ่มออแกโนทิน (organotin) โดยเฉพาะสารไตรบิวทิลทิน (Tributyltin; TBT) ซึ่งสีกันเพรียงมีการใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายตั้งแต่ในช่วงปี ค.ศ. 1960 (Mensink, 1999; Harino, *et al.*, 2006) จากการศึกษาค้นคว้าโดยนักวิทยาศาสตร์พบว่าสารดังกล่าวมีการปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อม และได้ส่งผลกระทบทางลบต่อสัตว์น้ำหลายกลุ่ม เช่น กลุ่มหอย ปลา ปู หรือสัตว์กลุ่มครัสเตเชียน ซึ่งผลกระทบหนึ่งที่มีความสำคัญคือการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเพศในหอยทะเลฝาเดียวหรือปรากฏการณ์ imposex คือ สัตว์เพศเมียจะมีการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ของเพศผู้ (Pseudopenis) หากมีความรุนแรงมากจะส่งผลกระทบทางลบต่อการสืบพันธุ์และการแพร่ขยายพันธุ์ของสัตว์น้ำนั้นๆ กล่าวคือ สัตว์น้ำจะไม่สามารถสืบพันธุ์และขยายพันธุ์ได้ตามปกติ โดยความผิดปกติทางเพศ (imposex) ของสัตว์น้ำสามารถก่อให้เกิดผลกระทบแก่เศรษฐกิจการประมงและระบบนิเวศทางทะเลได้

บริเวณที่พบมีการปนเปื้อนของสารในกลุ่มบิวทิลทินสูงมักเป็นบริเวณที่มีกิจกรรมการเดินเรือหนาแน่น บริเวณอู่เรือ และ/หรือแหล่งอุตสาหกรรมหนัก สารกลุ่มดังกล่าวจะมีการสะสมมากในดินตะกอนมากกว่าในน้ำเนื่องจากสารกลุ่มนี้สามารถละลายน้ำได้น้อย นอกจากนี้สารดังกล่าวสามารถปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้เป็นเวลานานถึงแม้จะมีการลดหรือห้ามการใช้สารดังกล่าวแล้วก็ตาม (Wattayakorn, 2008; Langston, *et. al.*, 2009) ทั้งนี้การสะสมสารไตรบิวทิลทินในดินตะกอนนั้นขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างได้แก่ ปริมาณการปนเปื้อนของสารไตรบิวทิลทินที่ลงสู่แหล่งน้ำในบริเวณนั้นๆ ขนาดหรือขนิดของตะกอนดิน ความเป็นกรด-ด่าง ค่าความเค็ม และปริมาณสารอินทรีย์ (Strand, *et al.*, 2003; Hoch and Schwesig, 2004; Buggy, *et. al.*, 2006; Langston, *et al.*, 2009) ในปัจจุบันถึงแม้ว่าได้มีข้อตกลงก่ารเลิกใช้สีทากันเพรียงที่มีสารไตรบิวทิลทินในหลายประเทศแล้ว แต่ยังมีอีกหลายประเทศรวมทั้งประเทศไทยด้วย ที่ยังไม่มีการควบคุมการใช้สารกลุ่มนี้อย่างเป็นทางการ จึงอาจยังมีการใช้สีที่มีส่วนผสมของสารไตรบิวทิลทินปนอยู่ด้วยเหตุผลดังที่ได้กล่าวไว้ตอนต้น

ในการศึกษาระยะที่ 1 คณะนักวิจัยได้ทำการศึกษาการเกิดความผิดปกติทางเพศของหอยทะเลฝาเดียวบริเวณชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทย เพื่อศึกษาถึงความรุนแรงของผลกระทบจากการใช้สารในกลุ่มไตรบิวทิลทิน (Tributyltin, TBT) ต่อหอยทะเลฝาเดียวตั้งแต่จังหวัดชลบุรีถึงจังหวัดตราด ส่วนงานวิจัยในระยะที่ 2 นั้น ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาถึงระดับการปนเปื้อนของสารกลุ่มบิวทิลทิน ได้แก่ ไตร

บิวทิลทิน (Tributyltin, TBT), ไดบิวทิลทิน (Dibutyltin, DBT) และ โมโนบิวทิลทิน (Momobutyltin, MBT) ในดินตะกอน และในสิ่งมีชีวิต (หอยทะเลฝาเดียวที่ตรวจพบการเกิด Imposex) ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทยเพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนข้อมูลวิจัยการเกิดความผิดปกติทางเพศในหอยฝาเดียวในระยะที่ 1 พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับปริมาณการปนเปื้อนของสาร กลุ่มบิวทิลทิน ที่ได้มีการรายงานในก่อนหน้านี้ เพื่อทราบสถานการณ์การปนเปื้อนในปัจจุบันรวมถึงอาจใช้เป็นข้อมูลในการเฝ้าระวัง/การจัดการหรือการวางแผนการปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์โครงการ

ศึกษาระดับการปนเปื้อนของสารกลุ่มบิวทิลทิน ได้แก่ ไตรบิวทิลทิน (Tributyltin, TBT), ไดบิวทิลทิน (Dibutyltin, DBT) และ โมโนบิวทิลทิน (Momobutyltin, MBT) ในดินตะกอนและหอยทะเลฝาเดียว บริเวณชายฝั่งอ่าวไทยด้านตะวันออก ในจังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี และจังหวัดตราด

ทบทวนเอกสารงานวิจัย

สารป้องกันการเกาะติดของสิ่งมีชีวิตหรือสีกันเพรียง (antifauling chemical)

สารป้องกันการเกาะติดของสิ่งมีชีวิตหรือสีกันเพรียงเป็นสารที่มนุษย์พัฒนาขึ้น มีฤทธิ์เป็นสารชีวฆาต (biocide) มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการเดินเรือและอู่เรือ คือใช้ทาบริเวณตัวเรือ ใต้ท้องเรือ นอกจากนี้ยังใช้กับวัสดุต่างๆที่ติดตั้งในทะเล เช่น กระชังปลา และระบบหล่อเย็น (water cooling tower) เพื่อไม่ให้เพรียงหรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆที่ไม่ต้องการ (fouling organism) เข้ามาเกาะอาศัยอยู่ ป้องกันการผุกร่อน ช่วยประหยัดค่าบำรุงรักษาเรือหรือวัสดุที่ใช้ในทะเล และช่วยประหยัดเชื้อเพลิงในการเดินเรือ สารที่ใช้ผสมในสีกันเพรียงเป็นสารที่มีดีบุกเป็นองค์ประกอบหรือเป็นสารในกลุ่มดีบุกอินทรีย์ (organotin) โดยเฉพาะสารไตรบิวทิลทิน (TBT) ซึ่งเป็นสารที่มีประสิทธิภาพดีทำให้มีการใช้อย่างแพร่หลายตั้งแต่ในช่วงปี ค.ศ. 1960 นอกจากนิยมใช้ในอุตสาหกรรมการเดินเรือแล้วสารไตรบิวทิลทินยังใช้ในการรักษาเนื้อไม้ (material and wood preservation) และใช้เป็นสารฆ่าเชื้อรา (slimicides) อีกด้วย (Kannan and Tanabe, 2009)

การแพร่กระจาย และพฤติกรรมของสารกลุ่มบิวทิลทิน

เนื่องจากสารไตรบิวทิลทินส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้มากในกิจกรรมการเดินเรือ ดังนั้นจากหลายการศึกษาพบว่าปริมาณของสารไตรบิวทิลทินในแหล่งน้ำและ/หรือในดินตะกอนมีค่าสูงในบริเวณที่มีการสัญจรของเรือหนาแน่น หรือบริเวณท่าเทียบเรือเมื่อเปรียบเทียบกับในแหล่งที่มีการประมงเรือขนาดเล็ก แหล่งเพาะเลี้ยงและแหล่งท่องเที่ยว (Kan-atireklap, *et al.*, 1997; จุรีพร ล้อมเมตตา, 2544; Arai, *et al.*, 2008; Harino *et al.*, 2008) ในประเทศมาเลเซียก็พบมีปริมาณสารในกลุ่มบิวทิลทินมากในบริเวณที่เป็นท่าเรือขนาดใหญ่และมีกิจกรรมทางเรือสูงส่วนบริเวณที่เป็นแหล่งท่องเที่ยว แหล่งประมงขนาดเล็ก และแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีปริมาณของสารกลุ่มบิวทิลทินในดินตะกอนที่น้อยกว่า (Sudaryanto, *et. al.*, 2004) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Ko และคณะ (1995) ในประเทศฮ่องกง พบว่าปริมาณการปนเปื้อนของสารกลุ่มบิวทิลทินบริเวณอู่ซ่อมเรือและท่าจอดเรือไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญซึ่งผู้วิจัยได้เสนอแนะว่าแหล่งจอดเรือขนาดเล็กก็สามารถเป็นแหล่งของของปนเปื้อนสารในกลุ่มบิวทิลทินเช่นกัน จากการศึกษาโดย Arai และคณะ (2008) ที่ได้ศึกษาการปนเปื้อนของสารกลุ่มบิวทิลทินในประเทศเวียดนามได้รายงานว่าบริเวณที่พบมีการปนเปื้อนสูงเป็นบริเวณท่าเรือสินค้าที่มีการจอดเรือขนาดเล็กเป็นจำนวนมากนอกจากนี้ยังเป็นบริเวณที่มีการระบายของน้ำไม่ค่อยดี อย่างไรก็ดีคณะผู้วิจัยได้รายงานว่าถึงแม้ว่าในบริเวณที่มีการระบายน้ำได้ดี (good tidal flushing water)

ก็ยังคงพบปริมาณการปนเปื้อนค่อนข้างสูงในบริเวณที่เป็นเขตอุตสาหกรรมที่มีท่าเรือสินค้าขนาดใหญ่และจุดจอดเรือขนาดใหญ่ (Arai, *et. al.*, 2008) นอกจากนี้ได้มีการศึกษาการปนเปื้อนของสารกลุ่มบิวทิลทินในระยะต่างๆที่ห่างจากท่าเรือพบว่าปริมาณการปนเปื้อนจะลดลงเมื่อระยะทางห่างจากท่าเรือมากขึ้น กล่าวคือจุดเก็บตัวอย่างที่อยู่ใกล้ท่าเรือมีปริมาณการปนเปื้อนของสารกลุ่มบิวทิลทินสูงและปริมาณสารบิวทิลทินในระยะทางที่ห่างออกจากท่าเรือพบมีปริมาณการปนเปื้อนที่ต่ำลง (Ko, *et. al.*, 1995)

สารไตรบิวทิล์ทินเมื่อปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อมแล้วจะสามารถสะสมในดินตะกอนได้มากกว่าในน้ำเนื่องจาก สารดังกล่าวมีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อย (Wattayakorn, 2008) ทั้งนี้ในสิ่งแวดล้อม (น้ำและ/หรือตะกอนดิน) อาจมีการปนเปื้อนหรือการสะสมของสารบิวทิลทินในปริมาณที่แตกต่างกัน ขึ้นกับหลายปัจจัย อธิเช่น ค่าความเค็ม ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ขนาดตะกอนดิน และปริมาณสารอินทรีย์ในดิน เป็นต้น (Langston and Pope, 1995; Shim, *et. al.*, 1999; Strand, *et al.*, 2003; Hoch and Schwesig, 2004; Langston, *et al.*, 2009)

จากการศึกษาโดย Langston and Pope (1995) พบว่าที่ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ที่เป็นกลาง (~ 7) สารไตรบิวทิลทิน จะมีความสามารถในการละลายในน้ำได้มากหากเปรียบเทียบกับสภาวะที่มีการเพิ่มหรือลดลงของค่า pH นอกจากนี้จากการศึกษาของ Hoch and Schwesig (2004) ในห้องปฏิบัติการได้รายงานไว้ว่าการดูดซับของสารไตรบิวทิลทินในดินตะกอนจะมีค่ามากเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีค่า pH อยู่ระหว่าง 6 ถึง 7 (ภาวะเป็นกลาง) เช่นกัน และจะมีการดูดซับลดลงเมื่อมีค่า pH ที่มากกว่าหรือน้อยกว่าระดับดังกล่าว อย่างไรก็ตามปัจจัยความเค็มก็มีผลต่อการดูดซับของสารไตรบิวทิลทิน จากการทดลองการดูดซับของสารไตรบิวทิลทินในดินตะกอนโดย Hoch and Schwesig (2004) ที่ได้ปรับค่า pH ที่ 6 เท่ากันและทดลองเมื่อมีค่าความเค็มที่ผันแปรไปตั้งแต่ช่วงความเค็ม 0 ถึง 32 ‰ พบว่าการดูดซับของสารไตรบิวทิลทินในดินตะกอนจะลดลงเมื่อค่าความเค็มเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ดีค่าการดูดซับแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของแร่ดินเหนียว (clay minerals)

สารอินทรีย์เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสัมพันธ์ต่อการสะสมของสารกลุ่มบิวทิลทินในดินตะกอนซึ่งมีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ทำการศึกษาถึงความเชื่อมโยงดังกล่าว เช่น Shim และ คณะ (1999) ได้ทำการศึกษาปริมาณสารในกลุ่มบิวทิลทินจากผิวหน้าดินที่บริเวณ Chinhae bay ประเทศเกาหลี และได้ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารบิวทิลทินทั้งหมด (total butyltin) ต่อปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดิน (particulate organic carbon) พบมีความสัมพันธ์กันเชิงบวก กล่าวคือปริมาณสารอินทรีย์ในดินที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นมีผลต่อการสะสมของสารในกลุ่มบิวทิลทินเพิ่ม

มากขึ้น และจากการศึกษาปริมาณและการแพร่กระจายของสารไตรบิวทิลทินที่ผิวหน้าของดินที่บริเวณ Tolka estuary ประเทศ Ireland พร้อมทั้งศึกษาวิเคราะห์คุณลักษณะของดินที่อาจเกี่ยวเนื่องต่อการสะสมของสารดังกล่าวในดินรวมถึงสารอินทรีย์และขนาดตะกอนดิน โดย Buggy และ คณะ (2006) ได้ผลเป็นไปในทางเดียวกันคือพบความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญระหว่างปริมาณการสะสมของสารไตรบิวทิลทินและปริมาณสารอินทรีย์ โดยบริเวณที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูงก็จะพบปริมาณไตรบิวทิลทินสูงด้วย

อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาโดย Shim และ คณะ (1999) พบว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์สารและปริมาณการสะสมของสารในกลุ่มบิวทิลทินหรือการสะสมของสารไตรบิวทิลทินในดินบริเวณที่มีปริมาณการปนเปื้อนสูงหรือบริเวณที่ใกล้แหล่งที่มีการปล่อยสารดังกล่าวจะมีค่าค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้ Buggy และ คณะ (2006) ก็พบว่าในบริเวณที่มีการเดินเรือเป็นประจำถึงแม้จะพบว่ามีค่าความสัมพันธ์กันระหว่างปริมาณสารไตรบิวทิลทินกับปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินแต่ค่าความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำกว่าบริเวณอื่นๆ ที่ได้ทำการศึกษาเช่นกัน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เสนอแนะว่าการที่ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการสะสมของสารบิวทิลทินและปริมาณสารอินทรีย์ในดินมีค่าน้อยลงอาจเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณของสารไตรบิวทิลทินที่แพร่กระจายลงสู่สิ่งแวดล้อมกล่าวคือหากมีการปลดปล่อยสารกลุ่มบิว์ทิลทินมากเกินกว่าปริมาณความสามารถที่สารอินทรีย์จะดูดซับเอาไว้ก็อาจทำให้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้งสองต่ำลงได้ (Shim, *et al.*, 1999; Buggy, *et al.*, 2006)

สารไตรบิวทิลทินเมื่อปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อมแล้วจะถูกย่อยสลายได้โดยสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก (biodegradation) ย่อยสลายได้โดยแสง (photolysis) และการดูดซับโดยสิ่งมีชีวิต (biological uptake) (Harino, *et. al.*, 1997; Langston, *et al.*, 2009) กลายเป็นสารไดบิวทิลทิน (Dibutyltin; DBT) และ โมโนบิวทิลทิน (Momobutyltin ; MBT) ตามลำดับสารทั้งสองตัวนี้จะมีความเป็นพิษน้อยกว่าสารไตรบิวทิลทิน (Stewart and de Mora, 1990) อย่างไรก็ดีสารไดบิวทิลทิน และสารโมโนบิวทิลทินก็ส่งผลทางลบต่อสัตว์น้ำได้เช่นกัน คือ สามารถชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเพศของหอยทะเลฝาเดียวเพศเมียได้ (กณิกนันต์ ศรีสวัสดิ์, 2549)

ครึ่งชีวิต (half-life) ของ สารไตรบิวทิลทินในน้ำทะเล มีอายุประมาณ 1 อาทิตย์ ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการถูกดึงเข้าไปสะสมในสิ่งมีชีวิต (biological uptake) และ การย่อยสลาย (Wattayakorn, 2008) การสลายของสารไตรบิวทิลทินในดินตะกอนจะใช้เวลาที่นานกว่าในน้ำ โดยครึ่งชีวิตของสารไตรบิวทิลทินในดินตะกอนแตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณ อาจอยู่ได้นานหลายปีหรือสะสมอยู่ได้เป็น

เวลานับสิบปีหากอยู่ในสภาพไร้อ๊อกซิเจน (anoxic sediment) นอกจากนี้ครึ่งชีวิตของสารไตรบิวทิลทินจะมีอายุเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ในดินที่มีความลึกมากขึ้นตามลำดับ หรืออาจกล่าวได้ว่าสารไตรบิวทิลทินที่สะสมอยู่ที่ดินที่ลึกลงไปจะย่อยสลายได้ช้ากว่าไตรบิวทิลทินที่สะสมอยู่บริเวณผิวหน้าดิน จากการศึกษาครึ่งชีวิตของสารไตรบิวทิลทิน (half times (months)) บริเวณ Poole Harbour และ Southampton Estuaries สหราชอาณาจักร (UK) โดย Langston, *et al.*, (2009) ได้รายงานว่าความหนาแน่นของการเดินเรือ ความแตกต่างกันของกิจกรรมการเดินเรือ รวมถึงสภาพธรรมชาติของบริเวณนั้นๆ มีผลต่อการทำนายครึ่งชีวิตของสารดังกล่าว นอกจากนี้ Stang และคณะ (1992) (อ้างจาก Arai, et al., 2008) ได้รายงานว่าบริเวณที่พื้นตะกอนดินมีเศษแผ่นของสีกันเพรียง (TBT-based paint chip) อยู่ตัวแผ่นสีจะมีการย่อยสลายของสารไตรบิวทิลทินที่ช้ากว่าสารไตรบิวทิลทินที่อยู่ติด (absorbed) อนุภาคดินตะกอน

การตกค้างหรือการสะสมของสารกลุ่มบิวทิลทินในดินตะกอนสามารถย้อนกลับมาปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้ จากการฟุ้งกระจายของดินตะกอน (Kan-atireklap, *et al.*, 1997 อ้างจาก Page *et al.*, 1996; Wattayakorn, 2008) หรือ การกวนตะกอนดินขึ้นมาจากกิจกรรมการเดินเรือ และการขุดลอกร่องน้ำได้ (Dowson, *et al.*, 1994; Smith, 1996; Reitsema, *et al.*, 2003) นอกจากนี้การเคลื่อนที่ของสัตว์ทะเลหน้าดิน (infaunal macro-organism) ก็สามารถทำให้สารไตรบิวทิลทินถูกปลดปล่อยกลับมาปนเปื้อนในน้ำทะเลได้เช่นกัน (Langston, *et al.*, 2009) จากปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นเป็นผลทำให้สารกลุ่มบิวทิลทินที่ตกค้างและสะสมอยู่ในตะกอนดินสามารถย้อนกลับมาปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้ถึงแม้ว่าจะมีการเลิกใช้สารนี้แล้วก็ตาม (Langston, *et al.*, 2009) ทั้งนี้จากการตรวจติดตามวิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่มบิวทิลทินนักวิทยาศาสตร์ได้เสนอแนะว่าสัดส่วนของปริมาณสารไตรบิวทิลทินต่อปริมาณบิวทิลทินรวม สามารถบ่งชี้สถานการณ์การปนเปื้อนได้ หากมีสัดส่วนของไตรบิวทิลทินในดินที่มากแสดงถึงว่ายังมีการปลดปล่อยสารดังกล่าวลงสู่สิ่งแวดล้อม (Sudaryyanto, *et. al.*, 2004; Arai and Harino, 2009)

ผลกระทบของสีกันเพรียงในกลุ่มบิวทิลทินต่อสิ่งมีชีวิต

หลังจากที่มีการใช้สารไตรบิวทิลทินอย่างแพร่หลายในช่วงปี ค.ศ. 1970 สารดังกล่าวได้มีการปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อม นอกจากการสะสมในน้ำและในตะกอนดินแล้ว ยังส่งผลกระทบวงกว้างกับสิ่งมีชีวิตอื่นๆนอกเหนือจากความต้องการกำจัดหรือป้องกันสิ่งมีชีวิตที่ไม่พึงประสงค์ที่มาเกาะบริเวณใต้

ท้องเรือหรือวัสดุอื่นๆที่ติดตั้งในทะเลซึ่งก็คือสามารถสะสมในสิ่งมีชีวิตต่างๆตามห่วงโซ่อาหารได้ ตั้งแต่แพลงก์ตอนไปจนถึงสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ส่งผลให้เกิดความผิดปกติต่างๆในสิ่งมีชีวิต

นักวิทยาศาสตร์รายงานถึงผลกระทบทางลบของสารดังกล่าวต่อสัตว์ทะเลหลายชนิด อาทิเช่น หอยนางรม เมื่อได้รับสารดังกล่าวทำให้เกิดความผิดปกติของการสร้างเปลือกคือเปลือกถูกสร้างเป็นชั้นหนาและมีรูปร่างค่อนข้างกลม และทำให้เกิดความผิดปกติและการตายของตัวอ่อนด้วย ดังที่เกิดในหอยนางรมชนิด *Crassostrea gigas* บริเวณอ่าว Arcachon ในประเทศฝรั่งเศษ ทำให้ปริมาณผลผลิตของหอยนางรมลดลงอย่างมาก ทำให้ในเวลาต่อมา (ปีค.ศ. 1982) ประเทศฝรั่งเศสได้ห้ามให้มีการใช้สารไตรบิวทิลทินกับเรือที่มีขนาดเล็กกว่า 25 เมตร (Alzieu, 1991) นอกจากนี้ทำให้หอยทะเล (gastropod) เพศเมียมีการพัฒนาอวัยวะเพศผู้เทียม (pseudopenis) หรือที่เรียกว่าปรากฏการณ์ imposex (Bryan, *et al.*, 1986; Bettin, *et al.*, 1996) โดยได้มีรายงานการเกิดความผิดปกติดังกล่าวในหอยทะเลกลุ่มอันดับ Mesogastropoda และ Neogastropoda ทั่วโลกมากกว่า 140 ชนิด (Horiguchi, *et al.*, 2001) ปรากฏการณ์นี้เกิดจากหอยทะเลเพศเมียเมื่อได้รับสารไตรบิวทิลทินแล้วทำให้เกิดการยับยั้งการสร้างฮอร์โมนเอสโทรเจน (estrogen) (ยับยั้งปฏิกิริยาที่เปลี่ยนฮอร์โมนแอนโดรเจน (androgens) ไปเป็นฮอร์โมนเอสโทรเจน estrogen) ทำให้มีปริมาณ testosterone เพิ่มมากขึ้นซึ่งการเพิ่มขึ้นของฮอร์โมน testosterone จะชักนำให้เกิดการพัฒนาอวัยวะเพศผู้เทียม (Bettin, *et al.*, 1996) ลักษณะผิดปกติดังกล่าวหากเกิดขึ้นแล้วจะไม่สามารถหายได้ทั้งนี้หากเป็นรุนแรงจะส่งผลให้หอยทะเลเพศเมียไม่สามารถสืบพันธ์ได้ตามปกติ กล่าวคือผลจากการพัฒนาอวัยวะเพศผู้เทียมหากมีการพัฒนามากจะไปขวางทางท่อนำไข่ทำให้หอยทะเลเพศเมียไม่สามารถวางไข่ได้ นอกจากนี้หากมีการสะสมไขในท่อนำไข่มากขึ้นจะทำให้ท่อนำไข่แตกและทำให้หอยทะเลเพศเมียตายลงในที่สุด (Gibbs and Bryan, 1986; สุบัณฑิต นิ่มรัตน์ และ คณะ, 2549) ทำให้ประชากรของหอยทะเลมีปริมาณลดลงได้ ดังเช่น การศึกษาโดย Bryan และคณะที่ได้วิจัยในพื้นที่บริเวณทางตะวันตกเฉียงใต้ของอังกฤษ พบว่าหอยชนิด *Nucella lapillus* มีปริมาณลดลงอย่างมากในบริเวณที่มีการเดินเรือสูง (Bryan, *et. al.*, 1986)

อย่างไรก็ตามถึงแม้จะมีการระงับใช้สารไตรบิวทิลทินแล้ว สิ่งมีชีวิตก็ยังคงได้รับผลกระทบต่อได้ถึงแม้ว่าจะมีแนวโน้มข้องความรุนแรงที่ลดลงเนื่องจากความสามารถในการสะสมหรือตกค้างการของสารกลุ่มนี้ในสิ่งแวดล้อมดังที่ได้กล่าวมาในตอนต้น การพัฒนาอวัยวะเพศผู้เทียมในหอยทะเลเพศเมียนั้นเกิดขึ้นได้แม้ว่ามีการปนเปื้อนของสารไตรบิวทิลทินในน้ำในปริมาณน้อย (Bryan, *et al.*, 1986) อย่างไรก็ดีความรุนแรงของปรากฏการณ์ imposex มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณการปนเปื้อนของสารไตรบิวทิลทิน ปัจจุบันได้มีการศึกษาเพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (bioindicator) ซึ่งได้มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้

ศึกษาเปรียบเทียบการเกิดการพัฒนาอวัยวะเพศผู้เทียมก่อนและหลังจากห้ามใช้สารไตรบิวทิลทิน ดังเช่น การศึกษาของ Smith (1996) ได้รายงานการลดลงของการเกิด imposex และการลดลงของค่า relative penis size index (RPSI) ในหอยทะเลชนิด *Lepsiella scobina* บริเวณ Porirua Basin ในประเทศนิวซีแลนด์ โดยศึกษาเปรียบเทียบกันระหว่างปี ค.ศ. 1988/1989 และ ปี ค.ศ. 1994/1995 คือช่วงก่อนและหลังการห้ามขายและห้ามใช้สารไตรบิวทิลทิน ในปี ค.ศ. 1993 อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาไม่พบการลดลงของเปอร์เซ็นต์การเกิด imposex แต่พบการลดลงของ relative penis size index (RPSI) ในบริเวณที่เป็นท่าเรือสินค้าขนาดใหญ่ (Wellington Harbor) อาจเนื่องมาจากสารไตรบิวทิลทินที่สะสมอยู่บริเวณ Wellington Harbor อาจถูกกวนขึ้นมาจากกิจกรรมการเดินเรือและการขุดลอกได้ นอกจากนี้ในประเทศนิวซีแลนด์ไม่ได้มีการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการใช้สีกันเพรียงของเรือจากต่างชาติซึ่งเรือดังกล่าวอาจเป็นแหล่งของการปล่อยสารปนเปื้อน นอกจากนี้จากรายงานของ Reitsema และ คณะ (2003) ที่ได้ศึกษาการเกิด imposex ของหอยทะเลชนิด *Thais orbita* บริเวณชายฝั่งเมือง Perth ทางฝั่งตะวันตกของประเทศออสเตเรีย จำนวน 16 สถานี ในช่วงปี ค.ศ. 1998 – 1999 เปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 1993 พบว่ามีอัตราการเกิดลดลง 11 สถานี โดยสถานีที่ยังคงมีปริมาณ imposex สูงคือจุดที่เป็นท่าเทียบเรือพาณิชย์ขนาดใหญ่ และอู่ต่อเรือ ทั้งนี้น่าจะมีผลมาจากการระงับการใช้สารไตรบิวทิลทิน กับเรือที่มีขนาดยาวกว่า 25 เมตร ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1991

นอกจากความผิดปกติที่เกิดในกลุ่มหอยทะเลแล้วสัตว์ทะเลในกลุ่มอื่นๆเช่นในกลุ่มครัสเตเชียนได้มีรายงานผลกระทบจากสารไตรบิวทิลทินเช่นกัน ได้แก่ มีผลต่อ osmoregulation ในกุ้ง (Lignot, *et al.*, 1998) และมีผลต่อระบบสืบพันธุ์และระบบภูมิคุ้มกันในสัตว์ทะเลกลุ่มแอมฟิพอต (Jacobson, *et al.*, 2011) นอกจากนี้ได้มีรายงานว่าสารดังกล่าวสามารถกระตุ้นให้ปลาเพศเมียเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นเพศผู้มากขึ้น (Shimasaki, *et al.*, 2003)

การศึกษาการปนเปื้อนของสารกลุ่มบิวทิลทินในน้ำทะเลและดินตะกอน ในประเทศไทย

ในประเทศไทยได้มีการศึกษาการปนเปื้อนของสารกลุ่มบิวทิลทินที่แพร่กระจายในสิ่งแวดล้อมทั้งในแหล่งน้ำจืด โดยเฉพาะในแม่น้ำสายหลัก (กรมควบคุมมลพิษ, 2552) และในระบบนิเวศชายฝั่งทะเล

<u>สถานการณ์การปนเปื้อนของสารกลุ่มบิวทิลทิน (Butyltin) ในน้ำทะเล</u>

การศึกษาปริมาณของสารกลุ่มบิวทิลทินในน้ำทะเลที่ผ่านมาได้มีการวิเคราะห์ตรวจสอบทั้งพื้นที่ชายฝั่งในเขตอ่าวไทยและอันดามัน ในเขตอ่าวไทยตอนบนได้มีการศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของกลุ่มบิวทิลทินในน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำสายหลัก ได้แก่ ปากแม่น้ำบางประกง ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปากแม่

น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำแม่กลอง และ ปากคลอง 12 ธันวา ในช่วงปี พ.ศ. 2546 ถึง พ.ศ. 2548 โดยกรมควบคุมมลพิษพบมีแนวโน้มการปนเปื้อนมากขึ้น ในช่วงปี พ.ศ. 2546 พบมีปริมาณไตรบิวทิลทินอยู่ระหว่าง น้อยกว่า 2 ถึง 22 นาโนกรัมต่อลิตร ส่วนในปี พ.ศ. 2548 พบมีปริมาณสารไตรบิวทิลทินอยู่ระหว่าง 15 ถึง 62 นาโนกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2547; กรมควบคุมมลพิษ, 2549b)

พื้นที่ชายฝั่งภาคตะวันออกของอ่าวไทยได้มีรายงานการตรวจวัดปริมาณไตรบิวทิลทิน รวม 19 สถานี โดยมีการศึกษาการปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทิน ได้แก่ ไตรบิวทิลทิน, ไดบิวทิลทิน และ โมโนบิวทิลทิน ในน้ำทะเล ครั้งแรกในช่วงปี พ.ศ. 2543 บริเวณตั้งแต่บ้านบางทราย จังหวัดชลบุรี ถึงปากแม่น้ำตราด จังหวัดตราด พบมีค่าอยู่ระหว่าง 43.1 ถึง 277.1 นาโนกรัมต่อลิตร, 38.5 ถึง 324.7 และ 137.2 ถึง 1,864.3 ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณ ไตรบิวทิลทิน ที่ตรวจวัดได้มีค่าสูงที่บริเวณสถานีคุ้งกระเบน (277 นาโนกรัมต่อลิตร) และสัตหีบ (223 นาโนกรัมต่อลิตร) ซึ่งบริเวณดังกล่าวเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงและเป็นท่าเทียบเรือและมีการสัญจรของเรือสูง (จุรีพร ล้อมเมตตา, 2544) จากผลการศึกษาปริมาณของสารไตรบิวทิลทิน ในน้ำทะเลในช่วงต่อมา พบมีแนวโน้มปริมาณการปนเปื้อนลดลง ดังเช่นการศึกษาในเขตจังหวัดชลบุรี ช่วงปี พ.ศ. 2546 มีปริมาณสาร ไตรบิวทิลทิน ในน้ำทะเลที่อ่าวชลบุรี 13.2 นาโนกรัมต่อลิตร อ่าวอุดม 45 ถึง 52 นาโนกรัมต่อลิตร ท่าเรือแหลมฉบัง 12 ถึง 43 นาโนกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) และในปี พ.ศ. 2548 พบมีปริมาณการปนเปื้อนของสาร ไตรบิวทิลทิน อยู่ระหว่างน้อยกว่า 5 ถึง 69 นาโนกรัมต่อลิตร ซึ่งพบมากที่สุดที่สถานีแหลมฉบัง รองลงมาคือ อ่าวอุดม (< 5 ถึง 56 นาโนกรัมต่อลิตร) เกาะสีชัง (35 นาโนกรัมต่อลิตร) และอ่าวชลบุรี (24 นาโนกรัมต่อลิตร) จากการวิเคราะห์ปริมาณสารไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทิน พบมีค่าอยู่ระหว่าง น้อยกว่า 10 ถึง 93 นาโนกรัมต่อลิตร และ น้อยกว่า 10 ถึง 84 นาโนกรัมต่อลิตร โดยสารทั้งสองนี้พบมากที่สุดที่บริเวณเกาะสีชัง (กรมควบคุมมลพิษ, 2549a) นอกจากนี้ยังมีรายงานปริมาณไตรบิวทิลทิน ที่บริเวณแหลมฉบัง ศรีราชา เกาะสีชัง ในช่วงปี ปี 2005 – 2006 ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 25 ถึง 34 นาโนกรัมต่อลิตร (Wattayakorn, 2008) (รูปที่ 1)

ในเขตจังหวัดระยอง และจังหวัดตราดพบว่ามีการปนเปื้อนของสารไตรบิวทิลทิน ที่น้อยลงเช่นกัน กล่าวคือในช่วงปี พ.ศ. 2543 พบมีปริมาณไตรบิวทิลทิน ในเขตจังหวัดระยอง (มาบตาพุด ปากน้ำระยอง บ้านเพ) อยู่ระหว่าง 106 ถึง 144 นาโนกรัมต่อลิตร และบริเวณปากแม่น้ำตราดพบ 89 นาโนกรัมต่อลิตร (จุรีพร ล้อมเมตตา, 2544) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับในช่วงปี พ.ศ. 2548 พบมีค่าไตรบิวทิลทินอยู่ระหว่าง 35 ถึง 69 นาโนกรัมต่อลิตร และ 56 นาโนกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2549b)

บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตกได้มีการรายงานปริมาณของสารในกลุ่มบิวทิลทินใน 14 สถานี ในเขตจังหวัด เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พบว่าในปี 2546 มีปริมาณการปนเปื้อนอยู่ระหว่าง น้อยกว่า 2 ถึง 20 นาโนกรัมต่อลิตร และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการตรวจวัดในปี 2548 คือ พบมีค่าอยู่ระหว่าง น้อยกว่า 5 ถึง 87 นาโนกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2549b) นอกจากนี้จากการตรวจวัดสารกลุ่มบิวทิลทินที่ชายฝั่งทะเลอันดามัน (จังหวัดระนอง และจังหวัดภูเก็ต) ในช่วงปี 2548 พบมีปริมาณของ ไตรบิวทิลทิน อยู่ระหว่าง น้อยกว่า 5 ถึง 140 นาโนกรัมต่อลิตร โดยบริเวณที่มีปริมาณไตรบิวทิลทิน สูงเป็นบริเวณที่มีการสัญจรของเรือและกิจกรรมทางเรือมาก (กรมควบคุมมลพิษ, 2549a; กรมควบคุมมลพิษ, 2549b) ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการกำหนดค่ามาตราฐานของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ชนิดไตรบิวทิลทินในน้ำทะเล ให้มีค่าไม่เกิน 10 นาโนกรัมต่อลิตร ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 (พ.ศ.2549) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 124 ตอนที่ 11 ง วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2550

<u>สถานการณ์การปนเปื้อนของสารกลุ่มบิวทิลทิน (Butyltin) ในดินตะกอน</u>

ดินตะกอนเป็นอีกแหล่งหนึ่งที่สามารถกักเก็บสารไตรบิวทิลทินไว้ (Sarradin, *et al.*, 1995; de Mora, *et al.*, 1995) ปริมาณสารประกอบบิวทิลทินในดินตะกอนบริเวณอ่าวไทย ได้มีการศึกษาครั้งแรกในปี ค.ศ. 1995 (พ.ศ. 2538) โดย Kan-atireklap และ คณะ (1997) พบปริมาณปนเปื้อนของไตรบิวทิลทิน, ไดบิวทิลทิน และ โมโนบิวทิลทิน ระหว่าง 4 ถึง 4,500, 2 ถึง 1,900 และ 7 ถึง 410 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ในพื้นที่อ่าวไทยตอนบนได้มีการศึกษาที่บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน และปากแม่น้ำเจ้าพระยา พบค่าไตรบิวทิลทิน 430 และ 4500 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ปริมาณไดบิวทิลทินมีค่า 14 และ 1600 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และโมโนบิวทิลทินพบมีปริมาณอยู่ที่ 26 และ 400 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) (Kan-atireklap, *et al.*, 1997) ต่อมาในปี 2004 ได้มีการศึกษาที่บริเวณปากแม่น้ำสายหลักทั้ง 4 สาย (ปากแม่น้ำบางปะกง ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปากแม่น้ำท่าจีน และปากแม่น้ำแม่กลอง) พบมีปริมาณไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทิน อยู่ในช่วง 10 ถึง 1,246, 6 ถึง 368 และ 5 ถึง 293 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนเป็นบริเวณที่พบสารไตรบิวทิลทินสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบระหว่างปากแม่น้ำทั้ง 4 แห่ง (Harino, *et al.*, 2006)

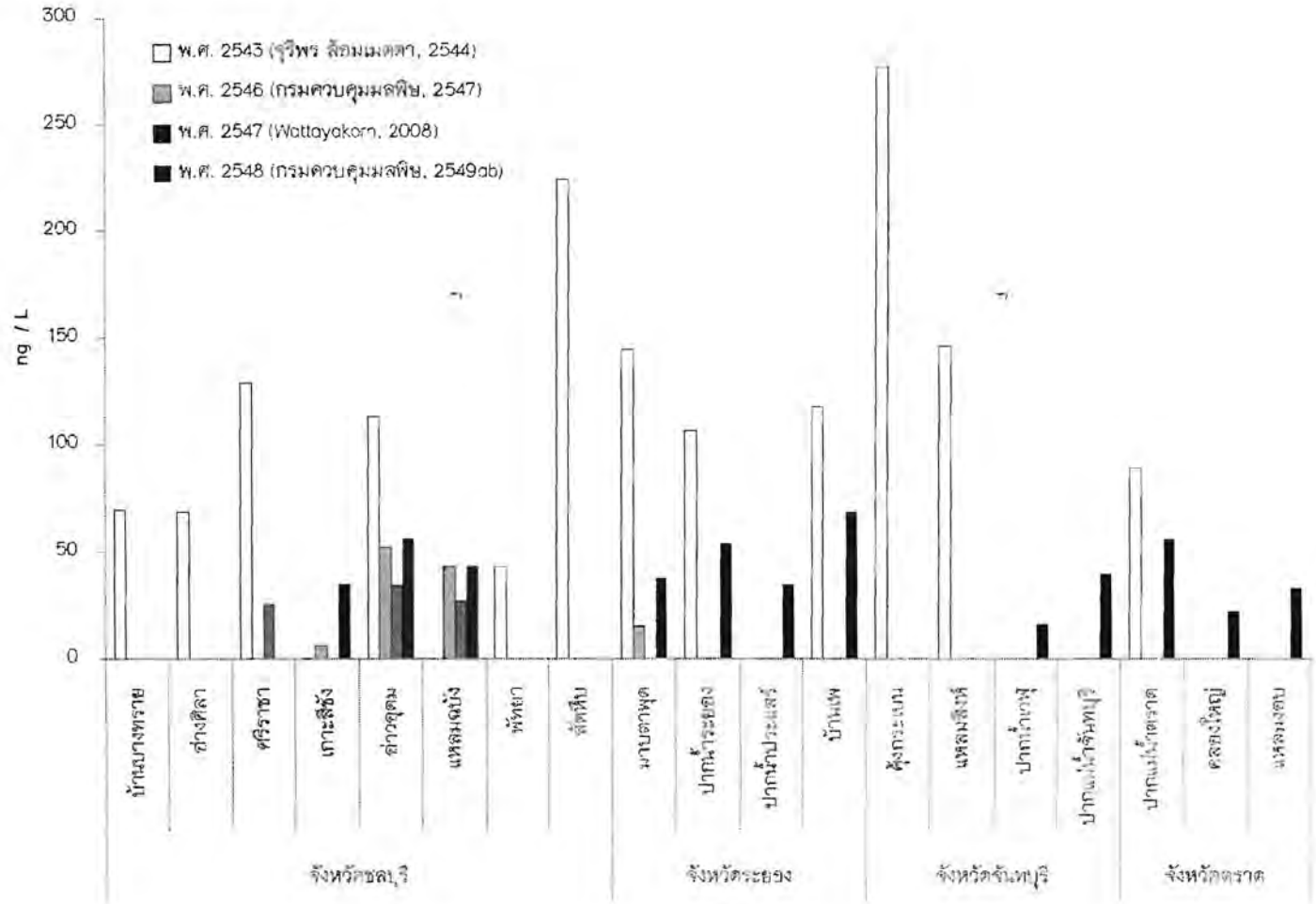
บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกค่อนข้างมีการศึกษาหลายช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2538 ถึง พ.ศ. 2548 ในพื้นที่ 16 สถานี โดยในช่วงปี ค.ศ. 1995 (พ.ศ. 2538) มีการศึกษาที่บริเวณ อ่างศิลา ปากน้ำระยอง ปากน้ำประแสร์ คุ้งกระเบน ปากแม่น้ำตราด และคลองใหญ่ พบมีปริมาณการปนเปื้อนของไตรบิวทิลทิน

ไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทิน อยู่ระหว่าง 4 ถึง 480, 2 ถึง 190 และ 7 ถึง 190 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับโดยพบมีการปนเปื้อนของสารไตรบิวทิลทินสูงที่สุดที่ปากแม่น้ำตราด (Kan-atireklap, *et al.*, 1997) ในปี พ.ศ. 2543 ได้มีการศึกษาในบริเวณ บ้านบางทราย อ่างศิลา ศรีราชา (เกาะลอย) อ่าวอุดม พัทยา สัตหีบ มาบตาพุด ปากน้ำระยอง บ้านเพ คุ้งกระเบน แหลมสิงห์ และปากแม่น้ำตราด โดย จุรีพร ล้อมเมตตา (2544) และได้รายงานถึงปริมาณบิวทิลทินรวมว่าพบอยู่ในช่วง 18.19 ถึง 233.6 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) โดยมีปริมาณไตรบิวทิลทินอยู่ระหว่าง 2.34 ถึง 114.54 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในส่วนไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทินมีค่าอยู่ระหว่าง 5.55 ถึง 50.54 และ 7.43 ถึง 91.33 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างสถานีที่ได้ทำการศึกษาดังที่ได้กล่าวไปข้างต้นพบว่าสถานีที่พบปริมาณบิวทิลทินรวมสูงคือสถานีปากแม่น้ำตราด (233.6 นาโนกรัมต่อกรัม) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีอู่ต่อเรือและการเดินเรือไปมาของเรือประมง และสถานีศรีราชา (228.8 นาโนกรัมต่อกรัม) ซึ่งเป็นบริเวณท่าเทียบเรือประมงและเรือบรรทุกสินค้า (จุรีพร ล้อมเมตตา, 2544)

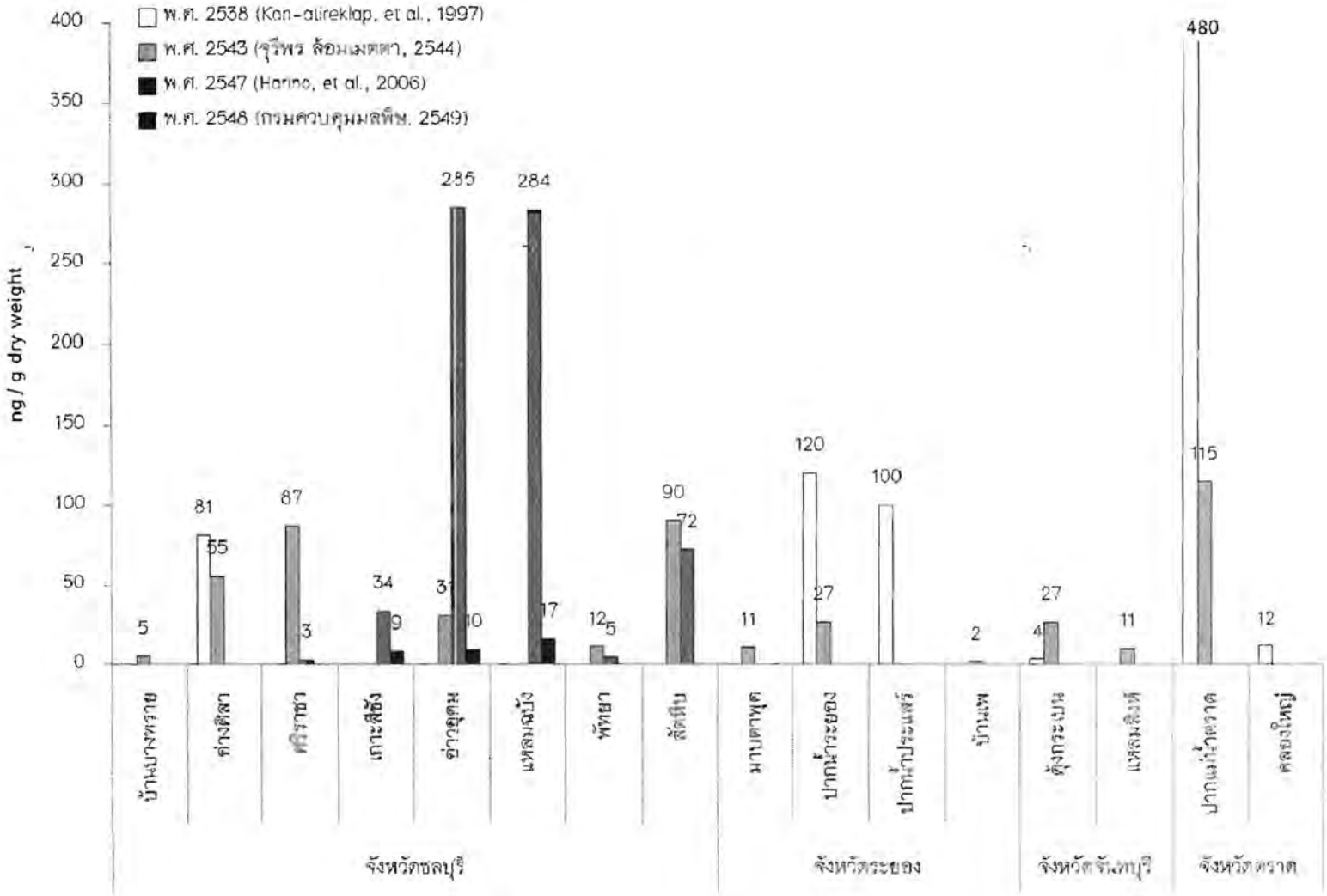
ต่อมาในปี พ.ศ. 2547 มีการศึกษาที่บริเวณสถานีศรีราชา เกาะสีชัง อ่าวอุดม แหลมฉบัง พัทยา และสัตหีบ พบมีปริมาณการปนเปื้อนของไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินในดินตะกอนอยู่ระหว่าง 3 ถึง 285, 4 ถึง 106 และ 6 ถึง 84 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับทั้งนี้ปริมาณไตรบิวทิลทินพบมากที่อ่าวอุดม (285 นาโนกรัมต่อกรัม) และแหลมฉบัง (284 นาโนกรัมต่อกรัม) ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอแนะว่าบริเวณที่มีการปนเปื้อนสูงหรือบริเวณที่ตรวจพบปริมาณไตรบิวทิลทินมากเป็นบริเวณเขตอุตสาหกรรมซึ่งมีกิจกรรมการเดินเรือและอู่เรือ ทั้งนี้บริเวณดังกล่าวอาจเกิดการปนเปื้อนจากการทิ้งเศษแผ่นสีที่ทาบริเวณท้องเรือที่ยังคงมีสารไตรบิวทิลทินลงสู่ตะกอนดิน (Harino, *et al.*, 2006) ในปี พ.ศ. 2548 ได้มีการติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนของสารไตรบิวทิลทิน โดยกรมควบคุมมลพิษที่อ่าวชลบุรี เกาะสีชัง อ่าวอุดม แหลมฉบัง พบมีปริมาณของสารดังกล่าวอยู่ระหว่าง 5 ถึง 21 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้ยังได้ตรวจวิเคราะห์ปริมาณของสาร ไดบิวทิลทิน และ โมโนบิวทิลทิน ด้วย ซึ่งพบมีค่าอยู่ระหว่าง 6 ถึง 20 นาโนกรัมต่อกรัม และ 7 ถึง 16 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบปริมาณการปนเปื้อนสะสมของสารทั้งสามชนิดมากที่สุดในบริเวณแหลมฉบัง (กรมควบคุมมลพิษ, 2549a) จากข้อมูลดังกล่าวเมื่อเปรียบเทียบปริมาณของสารกลุ่มบิวทิลทินกับการศึกษาในช่วงแรกโดย Kan-atireklap และ คณะ (1997) พบว่ามีแนวโน้มลดลง (รูปที่ 2)

บริเวณชายฝั่งอันดามันมีรายงานเกี่ยวกับการปนเปื้อนของสารกลุ่มบิวทิลทินโดยกรมควบคุมมลพิษ (2549) ในบริเวณท่าเทียบเรือในเขตจังหวัดภูเก็ตช่วงปี พ.ศ. 2548 พบมีปริมาณสารไตรบิวทิลทิน

ไดบิวทิลทิน และ โมโนบิวทิลทิน อยู่ในช่วง 8 ถึง 14, 9 ถึง 17 และ 7 ถึง 15 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ในภาพรวมประเทศไทยมีแนวโน้มการลดลงของสารกลุ่มบิวทิลทินเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในช่วงแรกโดย Kan-atireklap และ คณะ (1997) แต่อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังคงมีการปนเปื้อนของสารไตรบิวทิลทิน ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Harino, *et al.*, 2006; 2008) ทั้งนี้ความมากน้อยของสารแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่โดยสามารถตรวจพบทั้งในบริเวณที่มีการเดินเรือ/ท่าเทียบเรือ บริเวณที่เป็นแหล่งเพาะเลี้ยงรวมถึงสถานที่ที่เป็นแหล่งท่องเที่ยว (จุรีพร ล้อมเมตตา, 2544; กรมควบคุมมลพิษ, 2547; กรมควบคุมมลพิษ, 2549; Kan-atireklap *et al.*, 1997; Harino, *et al.*, 2006; Wattayakorn, 2008)



รูปที่ 1 ปริมาณสารไตรบิวทิลทินในน้ำทะเล บริเวณอ่าวไทยช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543 - 2548



รูปที่ 2 ปริมาณสารไตรบิวทิลทินในดินตะกอนบริเวณอ่าวไทยช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2538 - 2548

การศึกษาการปนเปื้อนของสารกลุ่มบิวทิลทินในสิ่งมีชีวิต ในประเทศไทย

ประเทศไทยได้มีการศึกษาการปนเปื้อนของสารในกลุ่มบิวทิลทินในสิ่งมีชีวิต ได้แก่ กลุ่มหอยทะเลทั้งหอยสองฝา (Kan-atireklap, *et. al.*, 1997; Tanabe, *et. al.*, 2000) และหอยฝาเดียว (Bech, 2002; Bech, *et. al.*, 2002; ธีรนาถ สุวรรณเรือง และคณะ, 2553) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมกลุ่มพยูน โลมาและวาฬ (Harino, *et al.*, 2007a; Harino, *et al.*, 2007b; Harino, *et al.*, 2008)

ในช่วงปี พ.ศ. 2537 – 2538 (ค.ศ. 1994 – 1995) ได้มีการศึกษาวิเคราะห์ปริมารสารในกลุ่มบิวทิลทินในหอยแมลงภู่ *Perna viridis* ที่ได้เก็บตัวอย่างในบริเวณชายฝั่งทะเลทั้งฝั่งอ่าวไทยและอันดามันรวม 21 สถานี ในช่วงปี พบว่าปริมาณการปนเปื้อนของสารบิวทิลทินรวม (BTs) อยู่ระหว่าง 4 ถึง 800 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) จากการศึกษาพบว่ามีสัดส่วนการปนเปื้อนของสาร ไตรบิวทิลมากที่สุด รองลงมาคือ ไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทิน ซึ่งมีระดับการปนเปื้อนอยู่ระหว่าง 3 ถึง 680 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก), 1 ถึง 80 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) และ น้อยกว่า 3 ถึง 45 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) นอกจากนี้ยังพบว่าแหล่งที่ตรวจพบปริมาณการปนเปื้อนสูงเป็นบริเวณที่มีการเดินเรือหนาแน่นรวมถึงบริเวณที่เป็นแหล่งเพาะเลี้ยงอีกด้วย (Kan-atireklap, *et. al.*, 1997)

Bech (2002) ได้ศึกษาปริมาณการปนเปื้อนและการเกิดอวัยวะเพศผู้เทียมในหอยทะเลชนิด *Chicoreus capucinus* เปรียบเทียบกันระหว่างระยะเวลาก่อนและหลังการสร้าง Yacht Haven Marina ในจังหวัดภูเก็ต พบว่าหลังจากการสร้างท่าเรือนั้นหอยทะเลชนิดดังกล่าวมีการพัฒนาอวัยวะเพศผู้เทียมมากขึ้น โดยเปรียบเทียบจากค่า RPLI (relative penis length index) นอกจากนี้จากการวิเคราะห์เนื้อเยื้อหอยทะเลที่เก็บตัวอย่างจากจุดที่ห่างจากท่าเรือประมาณ 100 เมตรพบว่ามีปริมาณสาร ไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทิน เพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาที่มีการสร้างท่าเรือนี้ จาก 8.6 ถึง 21.6 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) เป็น 12.4 ถึง 18.9 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และ 6.6 ถึง 13.6 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ

Bech, *et. al.* (2002) ได้ทำการศึกษาถึงการสะสมของสารกลุ่มบิวทิลทินในเนื้อเยื้อหอยทะเลควบคู่กับการศึกษาการพัฒนาอวัยวะเพศผู้เทียม (imposex) ในหอยทะเลชนิด *Thais distinguenda* เมื่อนำตัวอย่างหอยทะเลชนิดดังกล่าวจากบริเวณที่ไม่มีการปนเปื้อนของสารกลุ่มบิวทิลทิน (ไม่พบการเกิด imposex) มาปล่อยในบริเวณที่มีการปนเปื้อนหรือมีรายงานการพัฒนาอวัยวะเพศผู้เทียม (imposex) สูงในจังหวัดภูเก็ต และทำการติดตามผลเป็นเวลา 1 ปี พบว่ามีสัดส่วนการเกิด imposex เพิ่มมากขึ้นในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ปริมาณไตรบิวทิลทิน ในเนื้อเยื้อหอยทะเลไม่พบว่ามี

ความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้นในการนำหอยทะเลมาปล่อย (transplantation) หรืออัตราการเกิด imposex อย่างไรก็ตามเมื่อศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการสะสมของสารกลุ่มบิวทิลทินในเนื้อเยื่อหอยที่มีความยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร และน้อยกว่า 25 มิลลิเมตร พบว่าในหอยที่มีขนาดน้อยกว่า 25 มิลลิเมตร มีการสะสมของสารไดบิวทิลทิน และ โมโนบิวทิลทิน และปริมาณบิวทิลทินรวม (total butyltin) มากกว่าในหอยขนาดมากกว่า 25 มิลลิเมตร แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างปริมาณไตรบิวทิลทินในหอยทั้งสองขนาด

กรมควบคุมมลพิษ (2549) ได้ศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของสารไตรบิวทิลทิน ในหอยทะเลฝาเดียว ได้แก่ ชนิด *Babyonia areolata*, *Planaxis sulcatus* และ *Littorina ardouiniana* บริเวณท่าเทียบเรือในเขตจังหวัดชลบุรีและภูเก็ต พบว่าปริมาณการปนเปื้อนของสารไตรบิวทิลทิน ในหอยทะเลชนิด *P. sulcatus* ที่อาศัยในบริเวณท่าเทียบเรือจังหวัดชลบุรี (บริเวณอ่าวอุดม และ แหลมฉบัง) มีค่าอยู่ระหว่าง 14 - 35 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ปริมาณสาร ไดบิวทิลทิน และ โมโนบิวทิลทิน ในเนื้อหอย *P. sulcatus* มีค่าอยู่ระหว่าง 51 – 94 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และ 34 – 74 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ชนิด *L. ardouiniana* ที่ทำการเก็บตัวอย่างจากอ่าวชลบุรี ท่าเทียบเรือยอร์ช และท่าเรือในจังหวัดภูเก็ตพบว่ามีปริมาณไตรบิวทิลทิน อยู่ระหว่าง 5 – 40 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ปริมาณสารไดบิวทิลทิน และ โมโนบิวทิลทิน ในเนื้อหอย *L. ardouiniana* มีค่าอยู่ระหว่าง 24 - 137 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และ 25 - 90 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ

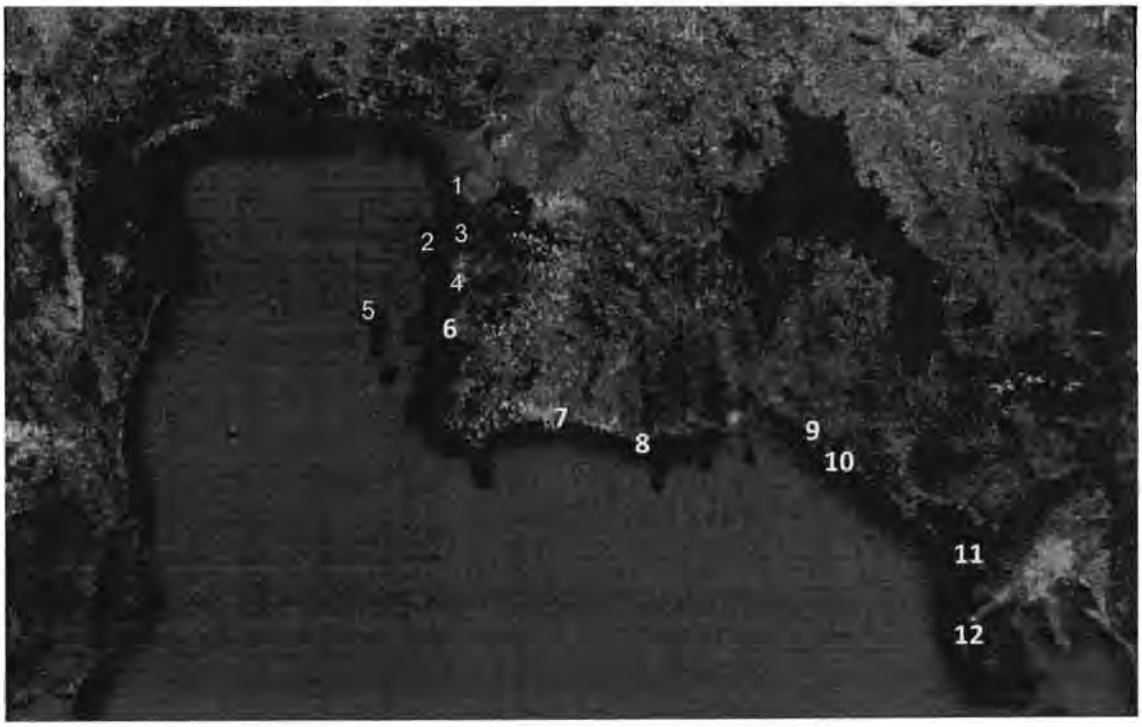
ธีรนาถ สุวรรณเรือง และคณะ (2553) ได้ศึกษาถึงการปนเปื้อนของสาร ไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทิน ในหอยหวาน *Babylonia areolata* เมื่อนำไปเลี้ยงที่บริเวณอ่าวอุดม จังหวัดชลบุรี ระหว่าง เดือนเมษายน 2551 ถึง เดือนมีนาคม 2552 เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 12 เดือน จากผลการศึกษาพบว่ามีแนวโน้มการสะสมของของสารกลุ่มบิวทิลทินในหอยทะเลชนิดดังกล่าวเพิ่มมากขึ้นระหว่างช่วงระยะเวลาในการทดลอง ซึ่งสามารถตรวจวัดสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทิน อยู่ในช่วงค่า น้อยกว่า 10 ถึง 588.3 ± 23.04 ng/g, น้อยกว่า 10 ถึง 577.7 ± 119.2 นาโนกรัมต่อกรัม และ น้อยกว่า 10 – 550.5 ± 238.01 นาโนกรัมต่อกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบสัดส่วนของความรุนแรงของการเกิด imposex มากขึ้นอีกด้วย

การศึกษาการปนเปื้อนของสารกลุ่มบิวทิลทินในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมบริเวณชายฝั่งทะเลของไทยมีรายงานการสะสมของสารบิวทิลทินรวม (BTs) ในกลุ่มวาฬ พยูน และโลมา อยู่ระหว่าง 157-1030 ug/kg (Harino, *et al.*, 2007a), 14-14,468 ug/kg (Harino, *et al.*, 2007b) และ 16-1,152 ug/kg

(Harino, *et al.*, 2008) ตามลำดับ ทั้งนี้ในสัตว์ทั้งสามกลุ่มพบว่าสารกลุ่มบิวทิลทินจะมีการสะสมมากที่บริเวณตับมากกว่าเนื้อเยื่อและอวัยวะอื่นๆ นอกจากนี้เมื่อตรวจศึกษาเปรียบเทียบการสะสมของสารบิวทิลทินในตับของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทั้งสามกลุ่มนี้พบมีการปนเปื้อนสูงในวาฬ มากกว่าพยูนและโลมา (Harino, *et al.*, 2008)

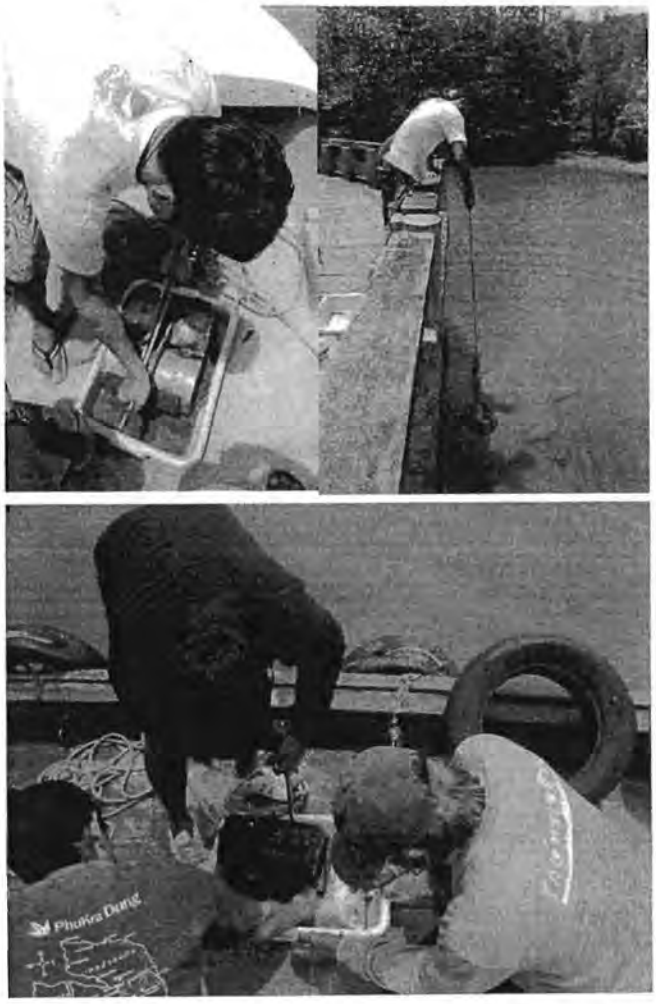
ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

โครงการวิจัยได้ออกเก็บตัวอย่างภาคสนามซึ่งพื้นที่ศึกษาอยู่ในบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของอ่าวไทย ได้แก่ สถานีอ่างศิลา เกาะสีชัง ศรีราชา แหลมฉบัง และเกาะไผ่ (เขตจังหวัดชลบุรี) สถานีมาบตาพุด และบ้านเพ (เขตจังหวัดระยอง) สถานีคุ้งกระเบน และเจ้าหลาว (เขตจังหวัดจันทบุรี) สถานีท่าโสม และ เกาะช้าง (เขตจังหวัดตราด) ซึ่งสถานีดังกล่าวเป็นสถานีเดียวกับที่ได้เก็บตัวอย่างหอยทะเลฝาเดียวในโครงการความผิดปกติทางเพศของหอยทะเลฝาเดียวที่เกิดจากสารป้องกันการเกาะติดของสิ่งมีชีวิตในบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทยระยะที่ 1 ที่เป็นการศึกษาลักษณะภายนอก หรือศึกษาการปรากฏอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้เทียม (Pseudopenis) (ณิชยา ประดิษฐ์ทรัพย์ และ นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์, 2553) เพื่อเป็นตัวบ่งชี้ความผิดปกติทางเพศของหอยทะเลฝาเดียวที่เป็นผลจากการเหนี่ยวนำของสารในกลุ่มไตรบิวทิลทิน นอกจากนี้ในการศึกษาครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างเพิ่มเติมในสถานีพัทยา จังหวัดชลบุรีด้วย (รูปที่ 3) ทั้งนี้ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือน พฤษภาคม-เมษายน และกรกฎาคม-สิงหาคม 2554



รูปที่ 3 พื้นที่ศึกษาบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย (1) อ่างศิลา (2) เกาะสีชัง (3) ศรีราชา (4) แหลมฉบัง (5) เกาะไผ่ (6) พัทยา (7) มาบตาพุด (8) บ้านเพ (9) คุ้งกระเบน (10) เจ้าหลาว (11) ท่าโสม (12) เกาะช้าง

ตัวอย่างดินตะกอนเก็บโดยใช้ grab sampler (รูปที่ 4) ตัวอย่างดินที่ได้จะนำมาแบ่งเป็นสามชุด เพื่อทำการวิเคราะห์สารในกลุ่มบิวทิลทิน และปัจจัยที่น่าจะเกี่ยวข้องกับปริมาณการปนเปื้อนของสารกลุ่มดังกล่าว คือ ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน และขนาดตะกอนดิน ตัวอย่างดินตะกอนและหอยทะเลฝาเดียวที่เก็บมาเพื่อวิเคราะห์สารในกลุ่มบิวทิลทินจะนำไปแช่ในตู้แช่แข็งระหว่างรอการวิเคราะห์



รูปที่ 4 การเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ grab sampler

1. วิเคราะห์ปริมาณสารในกลุ่มบิวทิลทินได้แก่ ไตรบิวทิลทิน (Tributyltin; TBT), ไดบิวทิลทิน (Dibutyltin; DBT) และ โมโนบิวทิลทิน (Momobutyltin; MBT) โดยนำมาสกัดและวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตรกราฟ (Gas Chromatograph) อ้างอิงตามวิธีของ Harino (2003) (รูปที่ 5)

1.1 การวิเคราะห์สารในกลุ่มบิวทิลทินจากดินตะกอน (Harino, 2003)

นำดินตะกอนที่ต้องการวิเคราะห์ประมาณ 10 กรัมมาสกัดด้วยอะซิโตน ปริมาณ 25 มิลลิลิตร โดยการเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 10 นาทีจากนั้น แยกสารสกัดจากดินตะกอนโดยเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ตะกอนดินหลังจากที่แยกอะซิโตนออกมาแล้วนำมาสกัดด้วยอะซิโตนอีกครั้ง (สกัดซ้ำสองรอบ) จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาผสมกับสารละลาย 25% Nacl และ 50 มล. ของสารละลาย 0.1 % tropolone ใน benzene ลงในกรวยแยกขนาด 1,000 มล. เขย่าเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นแยกชั้น organic layer ออกมาและสกัดอีกครั้งโดย 25 มล. ของสาร 0.1% tropolone-benzene

นำสารที่สกัดได้จากวิธีการข้างต้น (organic layer) เติมด้วย 2 มล. ของสาร 3.3% tetrabutylammonium hydrogensulphate และ 40 มล. ของสาร 16% sodium sulphite เพื่อกำจัดซัลไฟด์ (Desulphur) เติม anhydrous Na_2SO_4 ลงใน Organic layer เพื่อกำจัดน้ำออกแล้วลดปริมาณลงเหลือ 0.5 มล. ด้วยเครื่องกลั่นระเหยแห้ง (rotary evaporator) นำสารที่ได้มาปรับปริมาตรสารให้ได้ 5 มล. ด้วยการเติมเบนซีน จากนั้นเติม 3 มล. ของสารละลาย n-propylmagnesium chloride in diethylether (ca.2M) แล้วเขย่าเบาๆ 10 นาที ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่ 40 องศาเซลเซียส จากนั้นผสมด้วย 10 มล. ของสาร 1 N H_2SO_4 และ น้ำกลั่นปริมาตร 40 มล. ใน กรวยแยกขนาด 250 มล. ผสมให้เข้ากันรอแยกชั้น organic phase ออกส่วนที่เป็น Aqueous phase มาทำการสกัด ด้วย 20 มล. ของสาร 10 เปอร์เซ็นต์ benzene ใน hexane อีกสองรอบ

สาร organic layers ที่ได้นำมารวมกันและกำจัดน้ำออกด้วยการเติมสาร anhydrous Na_2SO_4 จากนั้นนำไปลดปริมาตรโดยเครื่องกลั่นระเหยแห้ง ให้ได้ปริมาตรประมาณ 0.5 มล. และปรับให้มีปริมาตร 5 มล. ด้วย hexane นำสารที่ได้ไปผ่าน Florisil Sep-Pak cartridge ที่ได้ล้างด้วย Hexane ปริมาตร 5 มล. แล้ว หลังจากที่สารตัวอย่างผ่าน Florisil เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ให้เติมด้วยสาร 10 มล. ของสาร 10 เปอร์เซ็นต benzene ใน hexane เพื่อผ่าน Florisil อีกครั้งหนึ่ง สารละลายทั้งหมดที่ผ่าน florisil แล้วนำไปลดปริมาตรด้วยเครื่อง rotary evaporator ให้

ได้ปริมาตรไม่เกิน 0.5 มล. จากนั้นเติมสาร 0.1 มล.ของสาร internal standard (TeBT, 2 mg/L), และปรับปริมาตรโดยการเติม hexane เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตรกราฟีที่ต่อกับเฟรมโฟโคเมตริกดีเทคเตอร์ (GC-FPD) ต่อไป

1.2 การวิเคราะห์สารในกลุ่มบิวทิลทินจากหอยทะเลฝาเดียว (Harino, 2003)

นำเนื้อหอยทะเลฝาเดียวที่ต้องการวิเคราะห์ประมาณ 10 กรัม มาปั่นรวมกับสาร 1 N HCl ปริมาณ 10 มล. และ สาร Acetone ปริมาณ 50 มล. เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นแยกสารสกัดโดยเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) (สกัดซ้ำ 2 รอบ)

นำสารสกัดที่ได้มาผสมกับสารละลาย 25% Nacl และ 50 มล. ของสาร 0.1 เปอร์เซ็นต์ tropolone-benzene ในกรวยแยกขนาด 1,000 มล. จากนั้นเขย่าเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นแยกชั้น organic layer ออกมาและสกัดอีกครั้งโดยการเติมสาร 25 มล. ของสาร 0.1 เปอร์เซ็นต์ tropolone-benzene รอแยกสารอินทรีย์ออกมา

สารที่สกัดได้จากขั้นตอนข้างต้น (Organic layer) ให้เติม anhydrous Na_2SO_4 เพื่อกำจัดน้ำออกลดปริมาณลงเหลือ 0.5 มล. ด้วยเครื่องกลั่นระเหยแห้ง (rotary evaporator) นำสารที่ได้มาปรับปริมาตรสารให้ได้ 5 มล. ด้วยการเติม benzene จากนั้นเติม 3 มล. ของสารละลาย n-propylmagnesium chloride in diethylether (ca.2M) แล้วเขย่าเบาๆ 10 นาที ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่ 40 องศาเซลเซียส จากนั้นผสมด้วย 10 มล. ของสาร 1 N H_2SO_4 และ น้ำกลั่นปริมาตร 40 มล. ใน กรวยแยกขนาด 250 มล. ปล่อยไว้ให้แยกชั้นแล้วนำมาแยก organic phase ออก ส่วนที่เป็น Aqueous phase นำมาสกัด ด้วย 10 มล. ของสาร 10 เปอร์เซ็นต์ benzene ใน hexane อีกสองรอบ

สาร organic layers ที่ได้นำมารวมกันและกำจัดน้ำออกด้วยการเติมสาร anhydrous Na_2SO_4 จากนั้นนำไปลดปริมาตรโดยเครื่องกลั่นระเหยแห้ง ให้ได้ปริมาตรประมาณ 0.5 มล. และปรับให้มีปริมาตร 5 มล. ด้วย hexane นำสารที่ได้ไปผ่าน Florisil Sep-Pak cartridge ที่ได้ล้างด้วย Hexane ปริมาตร 5 มล. แล้ว หลังจากที่สารตัวอย่างผ่าน Florisil เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ให้เติมด้วยสาร 10 มล. ของสาร 10 เปอร์เซ็นต์ benzene ใน hexane เพื่อผ่าน Florisil อีกครั้งหนึ่งสารละลายทั้งหมดที่ผ่าน florisil แล้วนำไปลดปริมาตรด้วยเครื่อง rotary evaporator ให้ได้ปริมาตรไม่เกิน 0.5 มล. จากนั้นเติมสาร 0.1 มล.ของสาร internal standard (TeBT, 2 mg/L),

และปรับปริมาตรโดยการเติม hexane เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตรกราฟีที่ต่อกับเฟรมโฟโคเมตริกดีเทคเตอร์ (GC-FPD) ต่อไป

ในการศึกษาได้วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการวิเคราะห์หรือร้อยละการกลับคืน (เปอร์เซ็นต์ recovery) โดยการเติมสารมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น (1 ug/l) ลงไปในตัวอย่างและทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการเดียวกับที่ได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง (ดังวิธีการที่ได้กล่าวข้างต้น) ซึ่งประสิทธิภาพในการวิเคราะห์แสดงดังตารางดังนี้

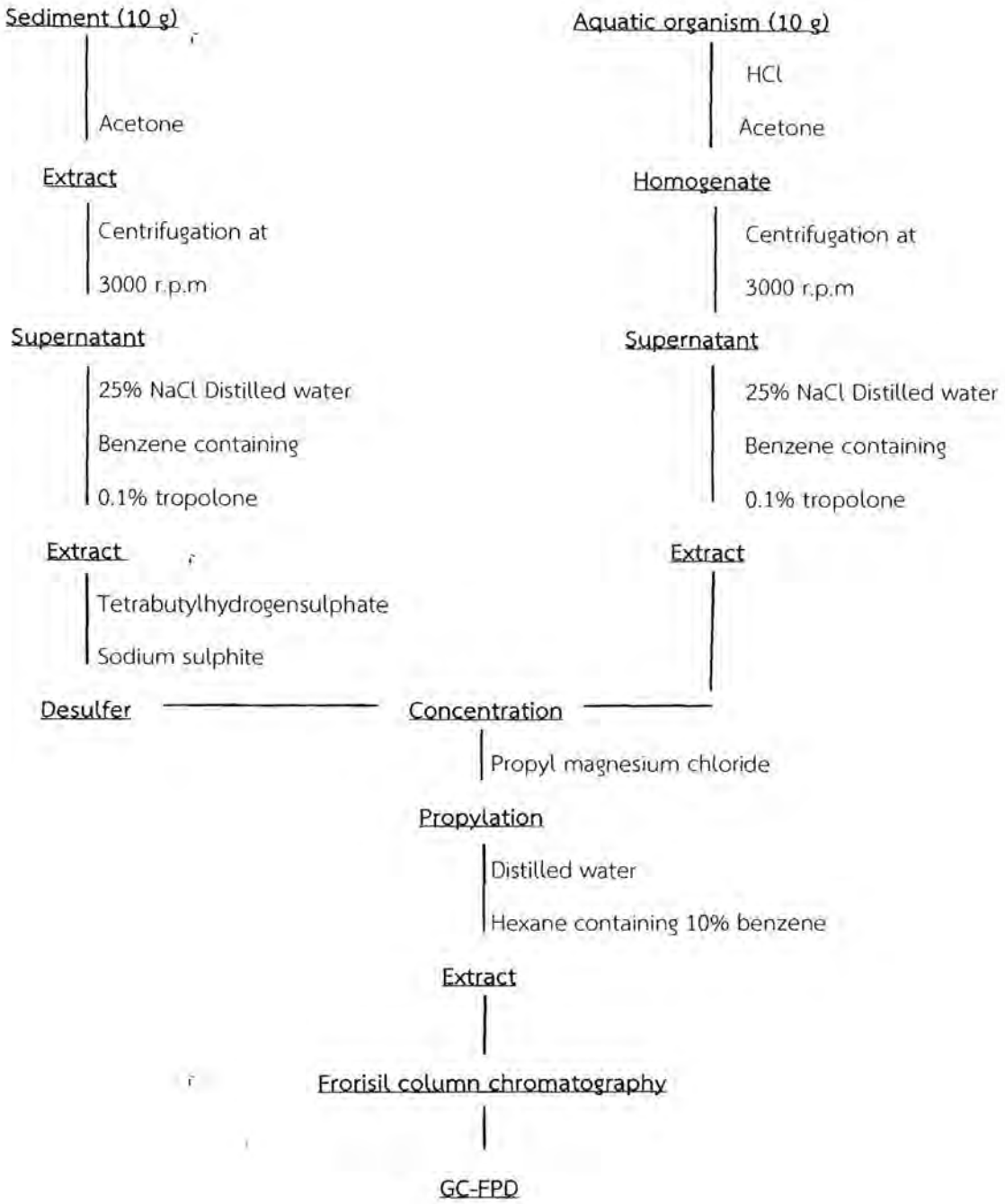
% recovery	โมโนบิวทิลทิน	ไดบิวทิลทิน	ไตรบิวทิลทิน
ดินตะกอน	81.6 ± 6.9	81.8 ± 17.0	88.4 ± 3.1
หอยทะเล	86.6	58.8 ± 12.7	42.3 ± 7.2

2. วิเคราะห์ขนาดอนุภาคดินตะกอนใช้วิธีการร่อนตัวอย่างดินแห้งผ่านตะแกรง ขนาด 2.000, 1.000, 0.500, 0.250, 0.125 และ 0.063 มม. เพื่อหาสัดส่วนของขนาดตะกอนแต่ละชนิดตามมาตรฐานสเกล Wentworth และ วิธี hydrometer method สำหรับขนาดตะกอนที่เล็กกว่า 0.063 มม. (silt และ clay) (Boyd, 1995)

3. วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์สารในดิน โดยวิธีการ Walkley – Black (1934)

4. วัดค่าความเค็มด้วยเครื่อง salinoreflactometer และค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของน้ำทะเลบริเวณที่ได้ทำการเก็บตัวอย่าง

นอกจากการวิเคราะห์คุณภาพตะกอนดินแล้วได้ทำการวิเคราะห์การเกิดความผิดปกติทางเพศในหอยทะเลฝาเดียว (imposex) ด้วย โดยนำตัวอย่างหอยทะเลมาแช่ในสารละลาย $MgCl_2$ เพื่อทำให้สลบ (Swennen and Horpet, 2008) นำตัวอย่างที่ได้มาแยกส่วนเนื้อออกจากเปลือกโดยใช้ค้อนกระเทาะเปลือกหอยออก และจำแนกเพศของหอยทะเลโดยสังเกตเบื้องต้นจากการดูสีของ ovary และ testis ดูการปรากฏของอวัยวะสืบพันธุ์ ท่อนำสเปิร์ม (vas deference) และท่อนำไข่ จากนั้นตรวจสอบดูการพัฒนาอวัยวะเพศผู้เทียมภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยดูจากติ่งเนื้อที่เกิดขึ้นบริเวณเดียวกับที่ปรากฏ penis หากพบว่ามีติ่งเนื้อเกิดขึ้นก็จะทำการบันทึกและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของการเกิด Imposex ต่อไป



รูปที่ 5 แผนผังขั้นตอนการสกัดสารในกลุ่มออแกโนตินในดินตะกอนและในสิ่งมีชีวิต

(ปรับปรุงจาก Harino, 2003)

ผลการศึกษา

1. การวิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่มบิวทิลทิน (Bultyltin)

1.1 ปริมาณการปนเปื้อนของสารกลุ่มบิวทิลทินในดินตะกอน

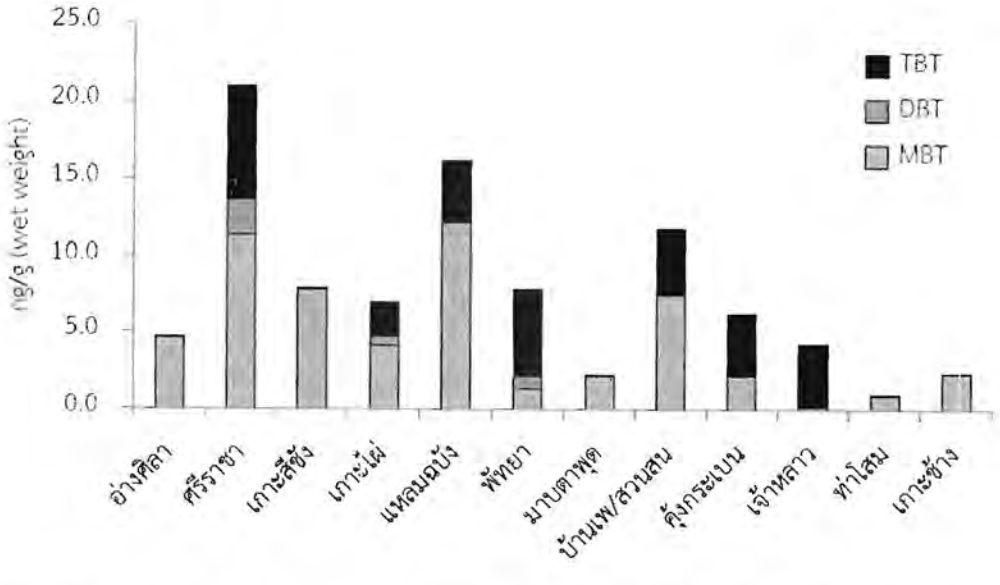
จากการวิเคราะห์สารกลุ่มบิวทิลทินในตัวอย่างดินตะกอนบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยด้านตะวันออก จำนวน 12 สถานี โดย 6 สถานี อยู่ในเขตจังหวัดชลบุรี ได้แก่ สถานีอ่างศิลา เกาะสีชัง ศรีราชา แหลมฉบัง เกาะไผ่ และ พัทยา ในเขตจังหวัดระยอง จันทบุรี และตราด ได้แก่ สถานีมาบตาพุด สถานีบ้านเพ/สวนสน สถานีคุ้งกระเบน สถานีเจ้าหลาว สถานีท่าโสม และ สถานีเกาะช้าง พบมีสารในกลุ่มบิวทิลทินในตะกอนดินทุกสถานี ทั้งนี้ปริมาณสารดังกล่าวที่ตรวจพบมีปริมาณที่แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่หรือแต่ละสถานีที่ทำการศึกษา (ตารางที่ 1)

จากผลการศึกษาปริมาณสารบิวทิลทินรวม (BTs = TBT+DBT+MBT) พบตั้งแต่ น้อยกว่า 1 ถึง 44.7 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) สถานีที่พบว่ามีปริมาณสารบิวทิลทินรวมสูงที่สุด (ค่า maximum) คือ สถานีแหลมฉบัง 44.7 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) รองลงมาคือสถานีศรีราชา (38.2 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก)) และสถานีบ้านเพ/สวนสน (20.3 นาโนกรัมต่อกรัม) ในส่วนของสถานีคุ้งกระเบน เกาะไผ่ เกาะสีชัง พัทยา อ่างศิลา เจ้าหลาว มาบตาพุด เกาะช้าง และท่าโสม พบมีปริมาณบิวทิลทินรวมที่เป็นค่าที่ตรวจพบได้สูงสุด (ค่า maximun) ดังนี้ 17.5, 17.45, 15.8, 10.4, 9.2, 9.1, 8.6, 4.7 และ 3.6 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ (ตารางที่ 1) อย่างไรก็ตามเมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยพบว่าสถานีที่มีปริมาณบิวทิลทินรวมสูงที่สุดคือสถานีศรีราชา (21.0 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก)) รองลงมาคือสถานีแหลมฉบัง บ้านเพ/สวนสน เกาะสีชัง พัทยา เกาะไผ่ คุ้งกระเบน อ่างศิลา เจ้าหลาว เกาะช้าง มาบตาพุด และ ท่าโสม โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 16.3, 10.4, 7.9, 7.9, 7.0, 6.3, 4.6, 4.3, 2.3, 1.7 และ 0.9 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ (รูปที่ 6)

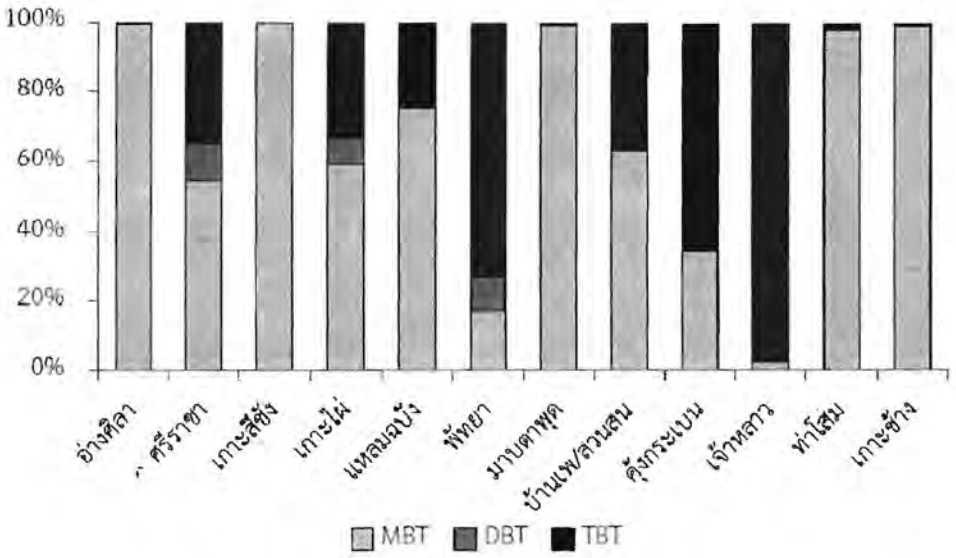
เมื่อพิจารณาการแพร่กระจายของสารไตรบิวทิลทิน (TBT) ในการศึกษาครั้งนี้พบมีค่าอยู่ระหว่างน้อยกว่า 1 ถึง 12.2 นาโนกรัมต่อกรัม ปริมาณสารไตรบิวทิลทินตรวจวัดได้สูงสุด (ค่า maximum) ที่สถานีแหลมฉบัง รองลงมาคือสถานีศรีราชา (11.2 นาโนกรัมต่อกรัม) และคุ้งกระเบน (11.03 นาโนกรัมต่อกรัม) ส่วนในสถานีบ้านเพ/สวนสน เจ้าหลาว เกาะไผ่ และ พัทยา มีค่าสูงสุดของปริมาณการปนเปื้อนสารไตรบิวทิลทินดังนี้ 8.8, 8.7, 6.95 และ 6.1 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยแล้วพบว่าสถานีศรีราชาพบมีปริมาณการปนเปื้อนของสารไตรบิวทิลทินมากที่สุด

(7.3 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก)) รองลงมาได้แก่ สถานีพัทยา (5.7 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก)) สถานีบ้านเพ/สวนสน เจ้าหลาว คุ้งกระเบน แหลมฉบัง มีค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้มีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ระหว่าง 4.4 -4.0 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) และสถานีเกาะไผ่มีค่าการปนเปื้อนเฉลี่ยอยู่ที่ 2.3 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาสัดส่วน (เปอร์เซ็นต์) ของการปนเปื้อนของสารไตรบิวทิลทินต่อปริมาณบิวทิลทินรวม (ΣBTs) พบว่าสถานีเจ้าหลาวมีสัดส่วนของสารไตรบิวทิลทินมากที่สุด (97.6 %) รองลงมาคือสถานีพัทยา (72.9 %) สถานีคุ้งกระเบน (65.3 %) สถานีบ้านเพสวนสน (42.1 %) สถานีศรีราชา (34.5 %) สถานีเกาะไผ่ (33.0 %) และ สถานีแหลมฉบัง (24.7 %) (รูปที่ 7)

สารไตรบิวทิลทินเมื่อปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อมแล้วจะถูกย่อยสลายเป็นสารตัวกลาง ได้แก่ สารไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทิน ซึ่งสารตัวกลางนี้จะมีความเป็นพิษที่น้อยลงแต่ยังคงส่งผลกระทบทางลบต่อสิ่งมีชีวิตและชักนำให้เกิดความผิดปกติทางเพศของหอยทะเลฝาเดียวได้ (กณิกนันต์ ศรีสวัสดิ์, 2549) สารไดบิวทิลทิน (DBT) มีปริมาณการปนเปื้อนอยู่ระหว่าง น้อยกว่า 1 ถึง 7.1 นาโนกรัมต่อกรัม พบมีค่าสูงสุดที่สถานีศรีราชา รองลงมาคือสถานีเกาะไผ่ (1.6 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก)) และพัทยา (1.6 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก)) ส่วนปริมาณสารโมโนบิวทิลทิน (MBT) ในดินตะกอนสามารถตรวจพบในทุกสถานีที่ทำการศึกษาโดยพบอยู่ในช่วงค่า น้อยกว่า 1 ถึง 32.5 นาโนกรัมต่อกรัม พบมีค่าสูงสุดที่สถานีแหลมฉบัง รองลงมาคือสถานีศรีราชา (19.9 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก)) และ เกาะสีชัง (15.8 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก)) (ตารางที่ 1, รูปที่ 6)



รูปที่ 6 ปริมาณสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทินเฉลี่ย ในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกของอ่าวไทย (ชลบุรี – ตราด)



รูปที่ 7 สัดส่วน (เปอร์เซ็นต์) ของสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทินเฉลี่ย ในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกของอ่าวไทย (ชลบุรี – ตราด)

ตารางที่ 1 ปริมาณสารกลุ่มบิวทิลทิน ได้แก่ ไตรบิวทิลทิน (TBT), ไดบิวทิลทิน (DBT) และ โมโนบิวทิลทิน (MBT) ในดินตะกอน (นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก)) บริเวณชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทย

สถานี	MBT	DBT	TBT	∑BTs	n	Mean(BTs)±sd
อ่างศิลา	<1 – 9.2	<1	<1	<1 - 9.2	2	4.6±6.5
ศรีราชา	3.5 - 19.9	<1 – 7.1	4.6 – 11.2	8.1 - 38.2	3	21.0±15.5
เกาะสีชัง	<1 – 15.8	<1	<1	<1 - 15.8	2	7.9±11.2
เกาะไผ่	<1 – 8.9	<1 – 1.6	<1 – 6.95	<1 - 17.4	3	7.0±9.2
แหลมฉบัง	<1 – 32.5	<1	<1 – 12.2	1.4 - 44.7	5	16.3±17.2
พัทยา	<1 – 2.7	<1 – 1.6	5.2 – 6.1	5.2 - 10.5	2	7.9±3.7
มาบตาพุด	<1 – 8.6	<1	<1	<1 - 8.6	4	1.7±3.8
บ้านเพ/สวนสน	<1 – 11.5	<1	<1 – 8.8	8.8 - 20.3	3	10.4±1.4
คุ้งกระเบน	<1 – 6.5	<1	<1 – 11.0	<1 - 17.8	3	6.3±4.9
เจ้าหลาว	<1	<1	<1 - 8.7	<1 - 9.1	4	4.3±3.9
ท่าโสม	<1 – 3.6	<1	<1	<1 - 3.6	4	0.9±1.8
เกาะช้าง	<1 – 4.7	<1	<1	<1 - 4.7	3	2.3±2.3

หมายเหตุ: Detection Limit <1 นาโนกรัมต่อกรัม

1.2 ปริมาณการปนเปื้อนของสารกลุ่มบิวทิลทินในหอยทะเลฝาเดียว

ในการศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของสารกลุ่มบิวทิลทินจากหอยทะเลในวงศ์ Nassariidae (ได้แก่ *Nassarius livescens* และ *N. pullus*) และ หอยทะเลวงศ์ Muricidae (ชนิด *Chicoreus capucinus*) เนื่องจากในการศึกษาความผิดปกติทางเพศของหอยทะเลฝาเดียวที่เกิดจากสารป้องกันการเกาะติดของสิ่งมีชีวิตในบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย: ระยะที่ 1 การสำรวจชนิดของหอยทะเลฝาเดียวและพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบนั้นพบว่าหอยทะเลในกลุ่มดังกล่าวมีสัดส่วนของการเกิดความผิดปกติหรือการพัฒนาอวัยวะเพศผู้เทียมในหอยทะเลเพศเมีย (% imposex) สูงเมื่อเทียบกับชนิดอื่นๆที่ได้ทำการศึกษาในช่วงเวลาเดียวกัน (ณิชยา ประดิษฐ์ทรัพย์ และนิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์, 2553) อย่างไรก็ดีในการศึกษาครั้งนี้ได้ทดลองนำหอยทะเลชนิด *Morula musiva* ซึ่งเป็นชนิดหอยที่พบความผิดปกติทางเพศน้อยมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารในกลุ่มบิวทิลทินเช่นกัน

จากการศึกษาหอยทะเลในสกุล *Nassarius sp.* (วงศ์ Nassariidae) ที่ได้เก็บตัวอย่างจากสถานีแหลมฉบัง คุ้งกระเบน เจ้าหลาวและเกาะช้าง พบปริมาณสารกลุ่มบิวทิลทินรวม (ΣBTs) มีค่าอยู่ระหว่างน้อยกว่า 1 ถึง 238.1 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการปนเปื้อนของสารบิวทิลทินรวมระหว่างสถานีพบมีการปนเปื้อนมากที่สุดที่สถานีแหลมฉบัง (238.1 นาโนกรัมต่อกรัม) รองลงมาคือเกาะช้าง (115 นาโนกรัมต่อกรัม) และเจ้าหลาว (7.3 นาโนกรัมต่อกรัม) ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างปริมาณสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทินในสถานีแหลมฉบังและเกาะช้าง พบว่าในเนื้อเยื้อหอยทะเลชนิดดังกล่าวมีปริมาณการสะสมของสารโมโนบิวทิลทินมากที่สุดรองลงมาคือสารไดบิวทิลทินและไตรบิวทิลทิน ซึ่งในสถานีแหลมฉบังมีสัดส่วน/ปริมาณสารโมโนบิวทิลทิน ไดบิวทิลทินและไตรบิวทิลทินอยู่ที่ 156.9, 47.9 และ 33.3 นาโนกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ส่วนในสถานีเกาะช้างมีปริมาณ/สัดส่วนของ โมโนบิวทิลทิน ไดบิวทิลทินและไตรบิวทิลทินอยู่ที่ 80.3, 23.8 และ 10.9 นาโนกรัมต่อกรัม อย่างไรก็ดีในสถานีเจ้าหลาวได้ผลในทางตรงกันข้าม กล่าวคือ พบไตรบิวทิลทินในเนื้อเยื้อหอยในสัดส่วน/ปริมาณมากกว่าสารไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทิน (ตารางที่ 2)

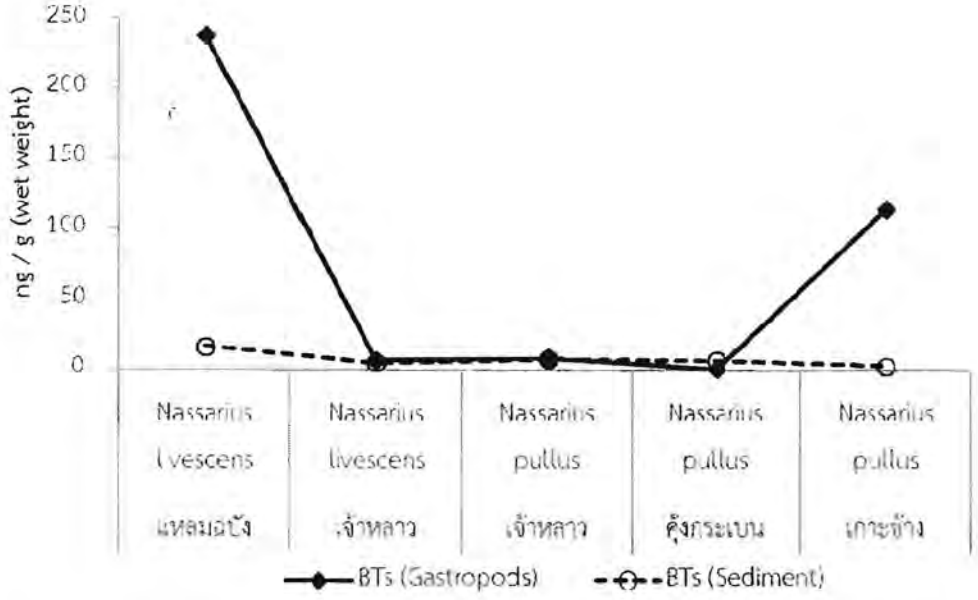
จากการวิเคราะห์ปริมาณสารบิวทิลทินในหอยทะเลวงศ์ Muricidae จากหอยทะเลชนิด *Chicoreus capucinus* (จากสถานีคุ้งกระเบนและสถานีท่าโสมโดยหอยทะเลชนิดดังกล่าวมักพบอาศัยอยู่ในป่าชายเลน) และหอยทะเลชนิด *Morula musiva* (จากสถานีเกาะไผ่พบเกาะอาศัยอยู่ตามหาดหิน) พบปริมาณการสะสมของสารกลุ่มบิวทิลทินรวม (ΣBTs) มีค่าอยู่ระหว่าง 6.0 ถึง 59.4 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) ทั้งนี้พบการสะสมของสารโมโนบิวทิลทินมากที่สุด รองลงมาคือสารไตรบิว

ทิลทิน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 31.7 ± 28.0 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) หอยทะเลชนิด *Chicoreus capucinus* ในสถานีคุ้งกระเบนพบมีปริมาณการปนเปื้อนของโมโนบิวทิลทิน (51.5 นาโนกรัมต่อกรัม) มากกว่าไตรบิวทิลทิน (7.9 นาโนกรัมต่อกรัม) และไดบิวทิลทิน แต่ในหอยชนิดดังกล่าวจากสถานีจากสถานีท่าโสมพบมีปริมาณไตรบิวทิลทิน (13.7 นาโนกรัมต่อกรัม) มากกว่าปริมาณโมโนบิวทิลทิน (11.9 นาโนกรัมต่อกรัม) และไดบิวทิลทินตามลำดับ ส่วนในหอยทะเลชนิด *Morula musiva* จากสถานีเกาะไผ่พบมีปริมาณไตรบิวทิลทินมากกว่าโมโนไบิวทิลทินและไดบิวทิลทินเช่นกัน (ตารางที่ 3)

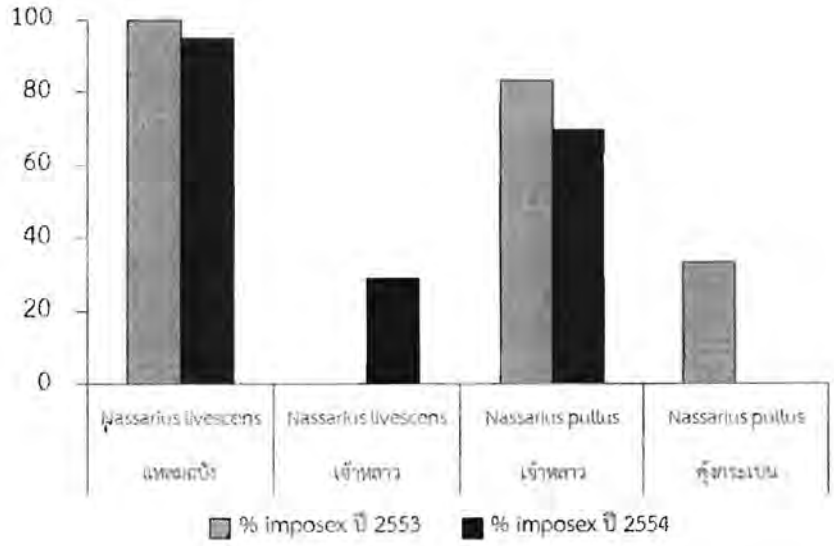
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างปริมาณสารกลุ่มบิวทิลทินในดินตะกอนและในเนื้อหอยทะเล พบว่าค่อนข้างมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน กล่าวคือ บริเวณที่มีค่าปริมาณสารบิวทิลทินรวมในตะกอนดินสูงจะพบแนวโน้มปริมาณบิวทิลทินรวมในเนื้อเยื้อหอยทะเลสูงด้วยเช่นกัน (รูปที่ 8 และรูปที่ 10) นอกจากนี้จากการพิจารณาการพัฒนาอวัยวะเพศผู้เทียมของหอยทะเลในสถานีดังกล่าวพบว่ามีสัดส่วนการเกิด imposex ที่สูงด้วยเช่นกัน (รูปที่ 9) อย่างไรก็ดีเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณบิวทิลทินรวมในหอยทะเลชนิด *Morula musiva* และปริมาณบิวทิลทินรวมในดินตะกอนที่สถานีเกาะไผ่เปรียบเทียบกับการพัฒนาอวัยวะเพศผู้เทียม (imposex) พบว่าผลการศึกษาไม่ค่อยสอดคล้องกันคือพบปริมาณการปนเปื้อนของสารบิวทิลทินแต่มีการเกิดเปอร์เซ็นต์ imposex ที่ค่อนข้างต่ำ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 ปริมาณสารกลุ่มบิวทิลทิน ได้แก่ ไตรบิวทิลทิน (TBT), ไดบิวทิลทิน (DBT) และ โมโนบิวทิลทิน (MBT) ในหอยฝาเดียว (นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก)) ในวงศ์ Nassariidae

ชนิดหอยฝาเดียว	สถานี	MBT	DBT	TBT	% imposex ปี 2553	% imposex ปี 2554
Nassarius livescens						
	แหลมฉบัง	156.9	47.9	33.3	100 (n = 33)	95 (n = 20)
	เจ้าหลาว	<1	<1	6.6	-	29.2 (n = 24)
Nassarius pullus						
	คุ้งกระเบน	<1	<1	<1	33.3 (n = 3)	0 (n = 18)
	เจ้าหลาว	<1	3.1	4.9	83.3 (n = 18)	70 (n = 10)
	เกาะช้าง	80.3	23.8	10.9	-	-



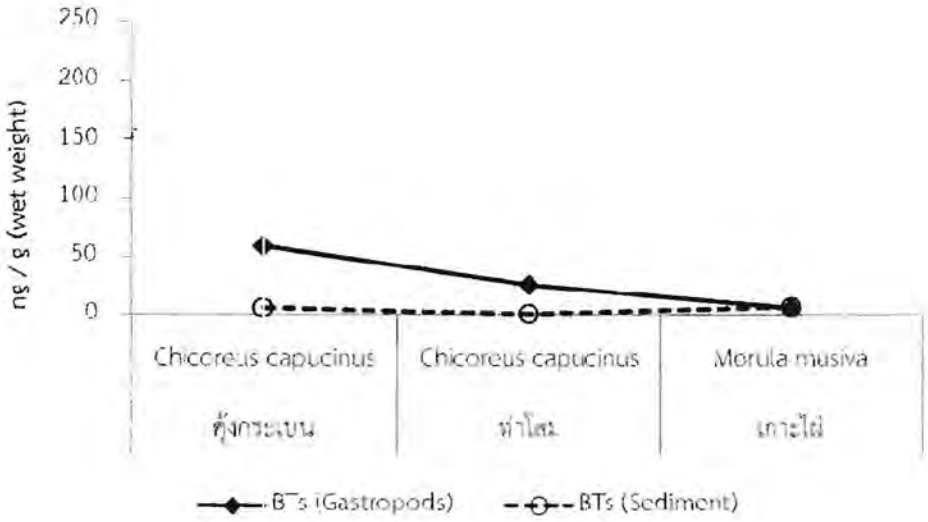
รูปที่ 8 ปริมาณสารบิวทิลทินรวมในหอยทะเลบางชนิดวงศ์ Nassaridae และในดินตะกอน



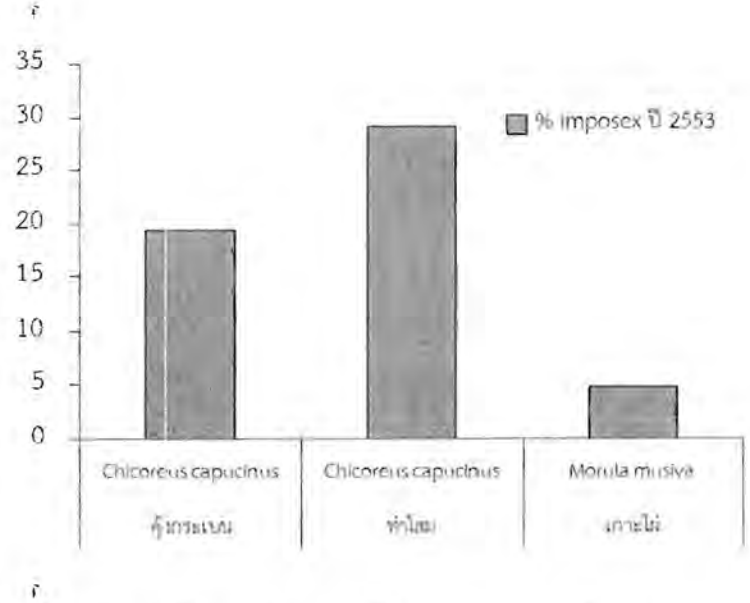
รูปที่ 9 เปอร์เซ็นต์การเกิดการพัฒนาอวัยวะเพศผู้เทียม (imposex) ในหอยทะเลชนิด *Nassarius* sp. (วงศ์ Nassaridae) ในสถานี แหลมฉบัง เจ้าหลาว คุ้งกระเบน และเกาะช้าง

ตารางที่ 3 ปริมาณสารกลุ่มบิวทิลทิน ได้แก่ ไตรบิวทิลทิน (TBT), ไดบิวทิลทิน (DBT) และ โมโนบิวทิลทิน (MBT) ในหอยฝาเดียว (นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก)) ในวงศ์ Muricidae

ชนิดหอยฝาเดียว	สถานี	MBT	DBT	TBT	% imposex ปี 2553
Chicoreus capucinus					
	คุ้งกระเบน	51.5	<1	7.9	19.4 (n = 36)
	ท่าโสม	11.9	<1	13.7	29.2 (n = 23)
Morula musiva					
	เกาะไผ่	<1	<1	6.0	4.8 (n = 21)



รูปที่ 10 เปรียบเทียบปริมาณสารบิวทิลทินรวมในหอยทะเลบางชนิดในวงศ์ Muricidae และในดินตะกอน

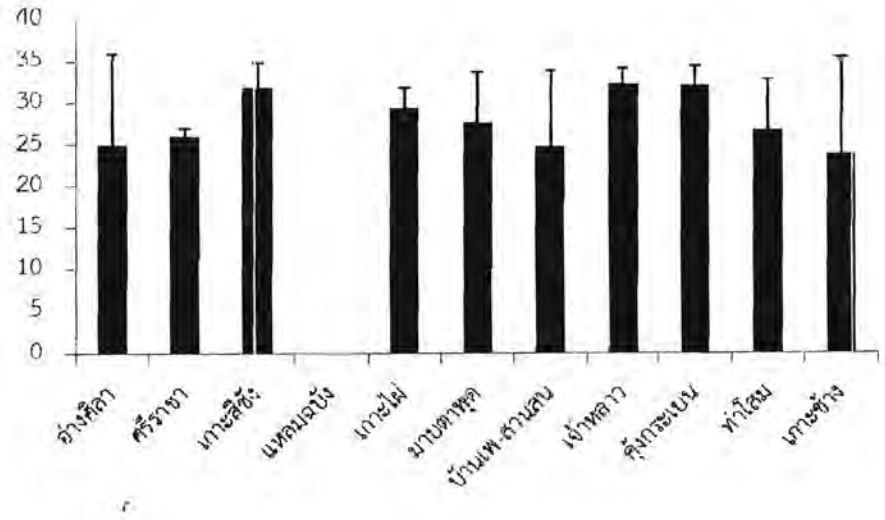


รูปที่ 11 เปอร์เซ็นต์การเกิดการพัฒนาอวัยวะเพศผู้เทียม (imposex) ในหอยทะเลวงศ์ Muricidae ในสถานี คุ้งกระเบน ท่าโสม และเกาะไผ่

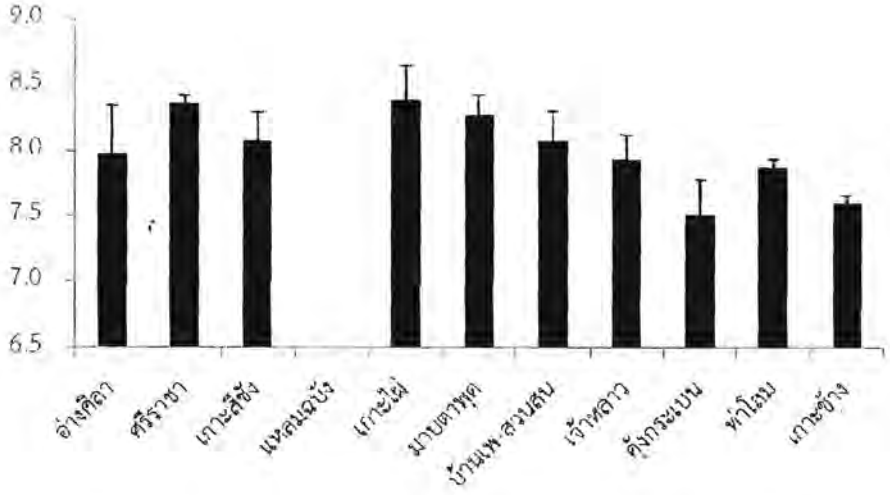
2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสะสมของสารกลุ่มบิวทิลทินในดินตะกอน (ปริมาณสารอินทรีย์และขนาดตะกอนดิน)

2.1 คุณภาพน้ำ (ความเค็มและค่าความเป็นกรด-เบส)

ความเค็มของน้ำในสถานีที่ทำการศึกษามีค่าอยู่ในช่วง 10 ถึง 35 ซึ่งค่าความเค็มเฉลี่ยของแต่ละสถานีแตกต่างกันไป โดยสถานีอ่างศิลา ศรีราชา เกาะสีชัง เกาะไผ่ มาบตาพุด บ้านเพ-สวนสน เจ้าหลาว คุ้งกระเบน ท่าโสม และ เกาะช้าง มีค่าความเค็มเฉลี่ยอยู่ที่ 24.5±10.4, 26.0±1.0, 32.0±3.0, 29.3±2.6, 27.8±5.9, 24.8±9.1, 32.3±1.9, 32.2±2.4, 26.8±6.1, 28.2±5.7 ตามลำดับ (รูปที่ 12) ในส่วนค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของน้ำทะเลบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างมีค่าระหว่าง 7.3 ถึง 8.7 ทั้งนี้ค่าความเป็นกรด-เบสเฉลี่ยของสถานีอ่างศิลา ศรีราชา เกาะสีชัง เกาะไผ่ มาบตาพุด บ้านเพ-สวนสน เจ้าหลาว คุ้งกระเบน ท่าโสม และ เกาะช้าง มีค่าตามลำดับดังนี้ 8.0±0.4, 8.4±0.1, 8.1±0.2, 8.4±0.3, 8.3±0.2, 8.1±0.2, 7.9±0.2, 7.5±0.3, 7.9±0.1 และ 7.6±0.1 (รูปที่ 13)



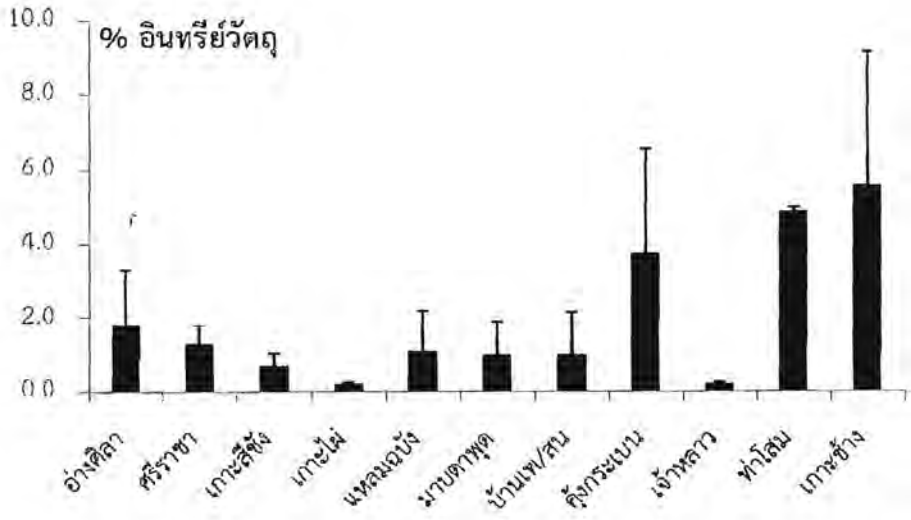
รูปที่ 12 คุณภาพน้ำ (ความเค็ม) ของบริเวณที่ทำการศึกษา



รูปที่ 13 คุณภาพน้ำ (ความเป็นกรด-เบส) ของบริเวณที่ทำการศึกษา

2.2 ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน

ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนของแต่ละสถานีพบมีปริมาณที่แตกต่างกัน จากการวิเคราะห์พบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.12 ถึง 11.44 เปอร์เซ็นต์ พบมีปริมาณสูงที่สถานีเกาะช้าง (เฉลี่ย 5.57±3.6 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ ท่าโสม คุ้งกระเบน อ่างศิลา ศรีราชา แหลมฉบัง มาบตาพุด บ้านเพ/สวนสน เกาะสีชัง สถานีเกาะไผ่ และ เจ้าหลาวเป็นสถานีที่มีปริมาณสารอินทรีย์น้อยสุด ซึ่งแต่ละสถานีมีปริมาณอินทรีย์สารเฉลี่ย 4.92±0.09, 3.78±2.76, 1.79±1.51, 1.32±0.47, 1.13±1.08, 1.02±0.89, 1.02±1.14, 0.68±0.39, และ 0.22±0.05 และ 0.22±0.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รูปที่ 14)



รูปที่ 14 ปริมาณเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุในดินตะกอนของสถานีที่ทำการศึกษา

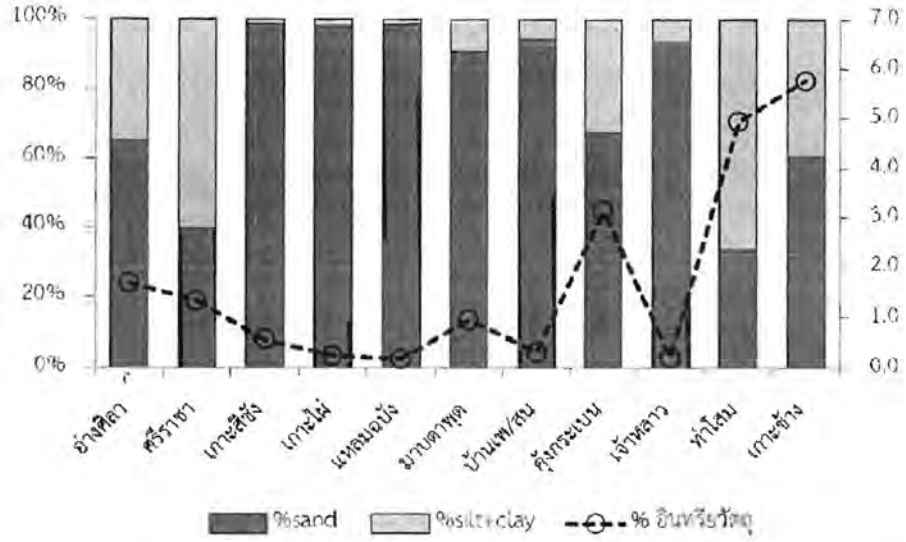
2.3 ขนาดอนุภาคตะกอนดิน

องค์ประกอบของขนาดตะกอนดินมีความแตกต่างกันในบริเวณที่ทำการศึกษา เกาะสีชัง เกาะไผ่ แหลมฉบัง มาบตาพุด บ้านเพ/สวนสน และเจ้าหลาว มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นทราย คือ มีองค์ประกอบของทรายอยู่ระหว่าง 90.8 ถึง 98.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนบริเวณอ่างศิลา ศรีราชา ท่าโสม คุ้งกระเบน เกาะช้าง มีขนาดตะกอนที่ละเอียดมากกว่า คือ มีองค์ประกอบของทรายอยู่ระหว่าง 33.8 ถึง 60.6 เปอร์เซ็นต์ และองค์ประกอบ silt+clay อยู่ระหว่าง 32.7 ถึง 66.2 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

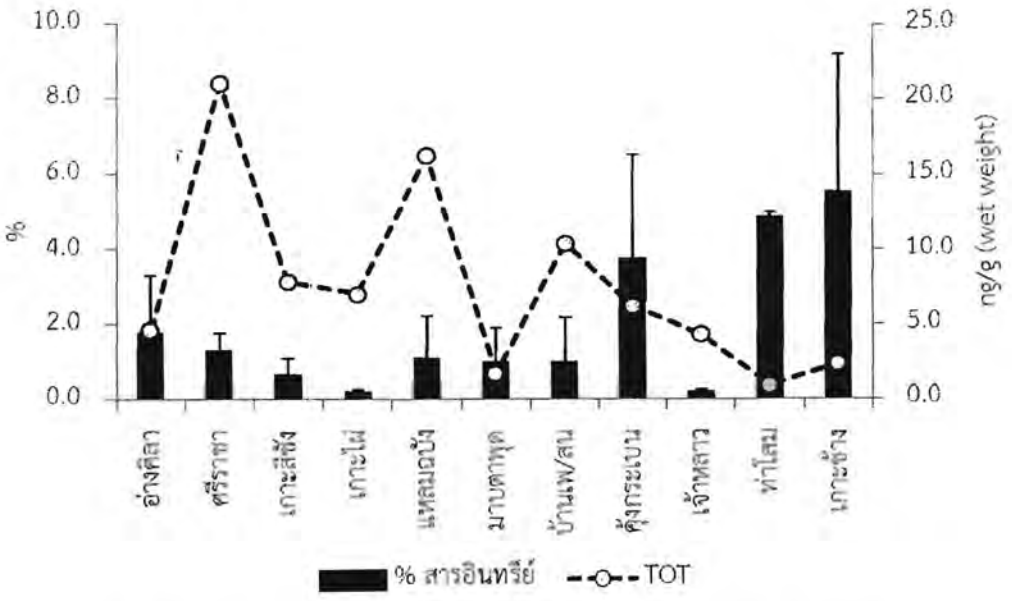
ทั้งนี้ขนาดตะกอนดินค่อนข้างมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์สาร กล่าวคือ บริเวณที่มีเปอร์เซ็นต์ตะกอนละเอียดมากพบมีปริมาณสารอินทรีย์ที่สูงด้วย (รูปที่ 15)

ตารางที่ 4 สัดส่วนของอนุภาคดินตะกอน (เปอร์เซ็นต์)

สถานี	ขนาดอนุภาคดินตะกอน (%)		
	sand	Silt	Clay
อ่างศิลา	64.8	15.7	19.5
ศรีราชา	39.8	54.2	6.1
เกาะสีชัง	98.8	1.2	
เกาะไผ่	98.2	1.8	
แหลมฉบัง	98.6	1.4	
มาบตาพุด	90.8	9.2	
บ้านเพ/สน	94.6	5.4	
คุ้งกระเบน	67.4	16.0	16.6
เจ้าหลาว	93.6	6.4	
ท่าโสม	33.8	43.9	22.3
เกาะช้าง	60.6	19.0	20.3



รูปที่ 15 เปรียบเทียบสัดส่วนขนาดอนุภาคดินตะกอนและเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์บริเวณพื้นที่ชายฝั่งที่ทำการศึกษา



รูปที่ 16 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์และปริมาณสารบิวทิลทินรวม (BTs)

บริเวณพื้นที่ชายฝั่งที่ทำการศึกษา

จากการพิจารณาข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างปริมาณของสารกลุ่มบิวทิลทินกับปริมาณอินทรีย์สารในตะกอนดินระหว่างสถานีที่ได้ทำการศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ไม่พบว่าสอดคล้องกัน กล่าวคือ ในบริเวณที่มีสารอินทรีย์สูงไม่ได้มีปริมาณการปนเปื้อนของสารกลุ่มบิวทิลทินมากตามไปด้วย (รูปที่ 16) อย่างไรก็ดี ปริมาณการปนเปื้อนของสารในกลุ่มบิวทิลทินขึ้นกับหลายปัจจัยรวมถึงการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ซึ่งอาจเกี่ยวเนื่องกับปริมาณการใช้สารสีกันเพรียง และปริมาณการตกค้างของสารดังกล่าว

อภิปรายผลการศึกษา

สีกันเพรียง (ที่มีสารไตรบิวทิลทินเป็นส่วนผสม) เคยเป็นสีที่นิยมนำมาใช้ทาวัสดุที่ติดตั้งในทะเลและใต้ท้องเรือเพื่อช่วยป้องกันไม่ให้เพรียงหรือสิ่งมีชีวิต (fouling) ชนิดที่ไม่ต้องการมาเกาะและป้องกันการผุกร่อน ทั้งนี้หากมีการเกาะของเพรียงหรือสิ่งมีชีวิตแบบเกาะติดมาอาศัยอยู่จำนวนมากจะทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการเดินเรือมากขึ้น (http://www.md.go.th) สารดังกล่าวจะค่อยๆปลดปล่อยออกมาจากบริเวณที่ทาเพื่อฆ่าสิงมีชีวิตที่ไม่พึงประสงค์ ดังนั้นกิจกรรมบริเวณชายฝั่งหรือกิจกรรมต่างๆทางทะเลที่เกี่ยวเนื่องกับการใช้สีกันเพรียง อธิเช่น กิจกรรมการเดินเรือ อู่ต่อเรือ ฯ ย่อมส่งผลต่อปริมาณการปนเปื้อนของสารไตรบิวทิลทินที่จะแพร่กระจายลงสู่สิ่งแวดล้อม

บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของอ่าวไทยมีกิจกรรมทางทะเลที่หลากหลายทั้งท่าเทียบเรือขนาดใหญ่ แหล่งประมงพื้นบ้าน แหล่งท่องเที่ยวและแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในการศึกษาครั้งนี้ตรวจพบปริมาณสารบิวทิลทินรวม (BTs) ที่ตกค้างอยู่ในตะกอนดินทุกสถานีแต่พบในปริมาณที่แตกต่างกันโดยมีค่าอยู่ระหว่างน้อยกว่า 1 ถึง 44.7 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) ปริมาณปนเปื้อนหรือการสะสมของสารกลุ่มบิวทิลทินในตะกอนดินขึ้นกับหลายปัจจัย ได้แก่ ปริมาณของสารบิวทิลทินที่ลงสู่แหล่งน้ำหรือในบริเวณพื้นที่นั้นๆ ขนาดหรือชนิดตะกอนดิน ปริมาณอินทรีย์สาร (Strand, *et al.*, 2003; Hoch and Schwesig, 2004; Buggy, *et. al.*, 2006; Langston, *et al.*, 2009) จากการศึกษาขนาดตะกอนดินและปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนดินพบว่าแต่ละสถานีมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เปอร์เซ็นต์อินทรีย์สารค่อนข้างสัมพันธ์กันกับขนาดตะกอนดิน กล่าวคือ บริเวณที่มีเปอร์เซ็นต์ silt+clay สูงจะมีปริมาณอินทรีย์สารที่ค่อนข้างสูงตามไปด้วยเช่นกัน (รูปที่ 15) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณอินทรีย์สารและขนาดตะกอนดินกับปริมาณการปนเปื้อนของสารในกลุ่มบิวทิลทินแล้วพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในแต่ละพื้นที่มีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันทำให้มีโอกาสในการปนเปื้อนหรือการแพร่กระจายสารบิวทิลทินลงสู่ในบริเวณนั้นๆไม่เท่ากัน

จากการศึกษาครั้งนี้พบปริมาณบิวทิลทินรวม (ค่า maximum) ที่สถานีแหลมฉบังมีค่าสูงสุด (44.7 นาโนกรัมต่อกรัม) รองลงมาคือสถานีศรีราชา (38.2 นาโนกรัมต่อกรัม) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบกับสถานีอื่นที่ทำการศึกษาพบว่าปริมาณบิวทิลทินรวมมีค่าสูงที่บริเวณสถานีศรีราชา (21.0 นาโนกรัมต่อกรัม) รองลงมาคือสถานีแหลมฉบัง (16.3 นาโนกรัมต่อกรัม) (ตารางที่ 1 และ รูปที่ 6) จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการปนเปื้อนของสารดังกล่าวนักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้เสนอแนะว่าบริเวณที่มีการปนเปื้อนสูงจะมีความเกี่ยวเนื่องสัมพันธ์กับความหนาแน่นของกิจกรรมการเดินเรือและ/

หรือเป็นอู่เรือ (Ko, *et al.*, 1995; Kan-atireklap, *et al.*, 1997; Sudaryanto, *et. al.*, 2004; Arai, *et al.*, 2008; Harino, *et al.*, 2008) ซึ่งพื้นที่ที่ได้กล่าวมาข้างต้นก็มีกิจกรรมการเดินเรือที่ค่อนข้างสูง

จากการศึกษาการปนเปื้อนของสารดีบุกอินทรีย์ที่ผ่านมาในพื้นที่อ่าวไทยบริเวณด้านฝั่งตะวันออก เช่น การศึกษาในช่วง ปี พ.ศ. 2547 โดย Harino และคณะ (2006) ได้แก่ สถานีสัตหีบ พัทยา แหลมฉบัง อ่าวอุดม ศรีราชา และเกาะสีชัง พบมีการปนเปื้อนของบิวทิลทินรวมอยู่ระหว่าง 13 ถึง 454 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งสถานีที่พบการปนเปื้อนสูงคือสถานีอ่าวอุดม (454 นาโนกรัมต่อกรัม) รองลงมาคือสถานีแหลมฉบัง (449 นาโนกรัมต่อกรัม) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้รายงานว่าบริเวณที่พบมีค่าไตรบิวทิลทินสูงเป็นบริเวณที่เป็นแหล่งอุตสาหกรรมที่มีการเดินเรือขนถ่ายสินค้าหนาแน่น และอู่เรือ ทั้งนี้ที่บริเวณอู่เรืออาจเกิดการปนเปื้อนได้จากการทำความสะอาดท้องเรือทำให้แผ่นสีที่มีสารไตรบิวทิลทินอยู่ด้วยลงสู่ตะกอนดิน นอกจากนี้จากการศึกษาการสะสมของสารดีบุกอินทรีย์ในดินตะกอนโดยกรมควบคุมมลพิษ (2549) ในเขตจังหวัดชลบุรี โดยได้ศึกษาในบริเวณ เกาะสีชัง อ่าวอุดม แหลมฉบัง และอ่าวชลบุรี พบมีปริมาณบิวทิลทินรวมอยู่ระหว่าง 24.2 ถึง 55 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ทั้งนี้จากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการปนเปื้อนในพื้นที่ดังกล่าวพบว่า สถานีแหลมฉบังเป็นสถานีที่พบค่าการสะสมมากกว่าสถานีอื่น

ในปัจจุบันได้มีข้อตกลงการห้ามใช้สีกันเพรียงที่มีสารไตรบิวทิลทินเป็นส่วนผสมแล้ว สารดังกล่าวเป็นสารที่มนุษย์ผลิตขึ้นไม่ได้มีอยู่ในธรรมชาติเมื่อถูกย่อยสลายแล้วจะกลายเป็นสารไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทิน หากไม่มีการปลดปล่อยสารไตรบิวทิลทินเพิ่มสารดังกล่าวจะมีปริมาณที่ลดลง อย่างไรก็ดีสารไตรบิวทิลทินที่สะสมในดินตะกอนจะต้องใช้เวลาระยะหนึ่งในการย่อยสลายซึ่งครึ่งชีวิตของสารดังกล่าวอาจนานหลายเดือนหรืออาจใช้เป็นเวลาหลายปี (Arai, *et al.*, 2008) นอกจากนี้ถึงแม้ว่าจะมีการห้ามใช้สารดังกล่าวแล้วแต่หากดินตะกอนยังมีการสะสมสารดังกล่าวอยู่และตะกอนได้ถูกกวนขึ้นมาอาจทำให้สารไตรบิวทิลทินกลับมาปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้ (Kan-atireklap, *et al.*, 1997 อ้างจาก Page *et al.*, 1996; Wattayakorn, 2008) บริเวณแหลมฉบังนั้นเป็นบริเวณที่เคยรายงานว่ามีการปนเปื้อนของสารไตรบิวทิลทินสูงซึ่งสจรดังกล่าวอาจยังคงมีการตกค้างอยู่ได้เนื่องจากสาเหตุที่ได้กล่าวมาข้างต้น นักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้เสนอแนะว่า หากพบปริมาณสารไตรบิวทิลทินที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมสูง หรือ สัดส่วน (ratio) ของสารไตรบิวทิลทินเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณบิวทิลทินรวมมีปริมาณมากอาจแสดงได้ถึงยังมีการปลดปล่อยสารไตรบิวทิลทินลงสู่สิ่งแวดล้อม (Tanabe, *et. al.*, 2000; Sudaryyanto, *et. al.*, 2004; Harino *et al.*, 2006; Arai and Harino, 2009) ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าสัดส่วนของไตรบิวทิลทินต่อสารบิวทิลทินรวม (ในสถานีแหลมฉบัง/ศรีราชา ที่เคยมีการรายงานการพบสารดังกล่าวสูง) มีสัดส่วนที่ไม่สูงนัก ซึ่งอาจเป็นแนวโน้มที่แสดงถึงการปลดปล่อยสารดังกล่าวหรือมีการปนเปื้อนลงสู่

สิ่งแวดล้อมที่ลดลง อย่างไรก็ตามยังมีบางสถานีที่พบสัดส่วนของสารไตรบิวทิลทินต่อสารบิวทิลทินรวมสูงอยู่ ในประเทศไทยนั้นได้มีการกำหนดค่ามาตราฐานของสารดีบุกอินทรีย์ชนิดไตรบิวทิลทินในน้ำทะเลให้มีค่าได้ไม่เกิน 10 นาโนกรัมต่อลิตร ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 (พ.ศ.2549) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 124 ตอนที่ 11 ง วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2550 แต่ทั้งนี้ยังไม่ได้มีการกำหนดค่ามาตราฐานของสารดีบุกอินทรีย์ชนิดไตรบิวทิลทินในดินตะกอน

ในการศึกษาครั้งนี้นอกจากได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณบิวทิลทินในดินตะกอนแล้วยังได้ทำการวิเคราะห์ในหอยทะเลฝาเดียวด้วย ชนิด *Nassarius livescens, N. pullus, Chicoreus capucinus* และ *Morula musiva* ซึ่งจากการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างปริมาณบิวทิลทินในดินตะกอนและในเนื้อหอยทะเลพบว่าบริเวณที่มีค่าปริมาณสารบิวทิลทินรวมในตะกอนดินสูงมักจะพบแนวโน้มปริมาณบิวทิลทินรวมในเนื้อเยื้อหอยทะเลสูงด้วยเช่นกัน (รูปที่ 8 และรูปที่ 10) นอกจากนี้จากพิจารณาการพัฒนาอวัยวะเพศผู้เทียมของหอยทะเลในสถานีดังกล่าวพบว่ามีสัดส่วนการเกิด imposex ที่สูงด้วยเช่นกัน (รูปที่ 9) จากการศึกษาการเกิดความผิดปกติทางเพศในหอยทะเลชนิด *Nassarius nitidus* และการสะสมของสารของสารดีบุกอินทรีย์ (ไตรบิวทิลทิน และสารตัวกลาง) ในเนื้อเยื้อหอย ในเขตพื้นที่ Venice Lagoon ประเทศอิตาลี พบว่ามีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือบริเวณที่พบว่ามีการพัฒนาอวัยวะเพศผู้เทียมมาก (วิเคราะห์จากค่า Vas Deferens Sequence Index; VDSI และ relative penis length index; RPLI) จะพบมีการสะสมสารในกลุ่มบิวทิลทินมากด้วยเช่นกัน (Pavoni, *et al.*, 2007) อย่างไรก็ดีจากการศึกษาโดย Shim และคณะ (2000) อ้างจาก Bech (2000) ได้รายงานว่าหอยทะเลชนิด *Thais clavigera* ที่เกิดความผิดปกติทางเพศมากถึง 100 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาปริมาณไตรบิวทิลทินในหอยทะเลพบว่ามีการสะสมตั้งแต่ 23 ถึง 508 นาโนกรัมต่อกรัม ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เสนอแนะว่าการสะสมของสารดังกล่าวในหอยทะเลนั้นมีความแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดซึ่งจะมีความสามารถในการขจัดสาร (detoxify) ไตรบิวทิลทินออกจากร่างกายไม่เท่ากัน นอกจากนี้ในแต่ละชนิดอาจได้รับสารดังกล่าวไม่เท่ากันเนื่องจากความแตกต่างของอาหารที่กินหรือปัจจัยอื่นๆได้

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าหอยทะเลชนิด *Nassarius* sp. ค่อนข้างมีการสะสมในเนื้อหอยค่อนข้างสูง ทั้งนี้อาจเนื่องจากหอยทะเลชนิดนี้อาศัยอยู่บริเวณพื้นทะเลทั้งยังมีลักษณะนิสัยมุดอาศัยภายใต้ตะกอนดิน นอกจากนี้ยังมีพฤติกรรมการกินอาหารแบบกินซากสิ่งมีชีวิต (scavenger) (Swenen, *et. al.*, 2001) ซึ่งอาจมีโอกาศที่จะได้รับสารกลุ่มบิวทิลทินได้จากพฤติกรรมดังกล่าว ในหอยทะเลชนิด *Chicoreus capucinus* เป็นอีกชนิดที่นักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้เสนอแนะในการเป็นดัชนีชี้วัดการปนเปื้อนของสาร

ไตรบิวทิลทินซึ่งในช่วงน้ำลงหอยทะเลชนิดดังกล่าวจะพบอาศัยที่บริเวณผิวหน้าดินเลนซึ่งจะมีปริมาณสารอินทรีย์อยู่มากซึ่งพื้นที่ดังกล่าวอาจเป็นแหล่งที่มีการสะสมของสารไตรบิวทิลทินได้นอกจากนี้หอยทะเลชนิดดังกล่าวเป็นสัตว์กินเนื้อ โดยได้เคยมีรายงานว่ากินเพรียงหิน และหอยสองฝา เป็นอาหารซึ่งสัตว์ทะเลดังกล่าวมีลักษณะการกินอาหารแบบกรองกินซึ่งมีโอกาศที่จะได้รับสารไตรบิวทิลทินสูงและถ่ายทอดมายังห่วงโซ่อาหารได้ (Bech, 2002)

สรุปผลการศึกษา

1. จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดินตะกอนบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยด้านตะวันออก จำนวน 12 สถานี (ในเขตจังหวัด ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และจังหวัดตราด) ได้แก่ สถานีอ่างศิลา เกาะสีชัง ศรีราชา แหลมฉบัง เกาะไผ่ พัทยา สถานีมาบตาพุด สถานีบ้านเพ/สวนสน สถานีคุ้งกระเบน สถานีเจ้าหลาว สถานีท่าโสม และ สถานีเกาะช้าง ระหว่างช่วงพฤษภาคม-เมษายน และกรกฎาคม-สิงหาคม พ.ศ. 2554 พบมีสารในกลุ่มบิวทิลทินในตะกอนดินทุกสถานี ซึ่งพบในปริมาณที่แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ปริมาณบิวทิลทินรวม (ΣBTs) ที่ตรวจพบมีค่าอยู่ระหว่าง น้อยกว่า 1 ถึง 44.7 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) โดยปริมาณโมโนบิวทิล ไดบิวทิลทินและ ไตรบิวทิลทินมีค่าอยู่ระหว่าง น้อยกว่า 1 ถึง 32.5 นาโนกรัมต่อกรัม, น้อยกว่า 1 ถึง 7.1 นาโนกรัมต่อกรัมและน้อยกว่า 1 ถึง 12.2 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณบิวทิลทินรวมเฉลี่ยสูงสุดพบที่ สถานีศรีราชา (21.0 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก)) รองลงมาคือสถานีแหลมฉบัง บ้านเพ/สวนสน เกาะสีชัง พัทยา เกาะไผ่ คุ้งกระเบน อ่างศิลา เจ้าหลาว เกาะช้าง มาบตาพุด และ ท่าโสม โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 16.3, 10.4, 7.9, 7.9, 7.0, 6.3, 4.6, 4.3, 2.3, 1.7 และ 0.9 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ อย่างไรก็ดีเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในก่อนหน้านี้พบว่ามีแนวโน้มการสะสมของสารดังกล่าวที่ลดน้อยลง

2. จากการวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของสารกลุ่มบิวทิลทินจากหอยทะเลในวงศ์ Nassariidae (ได้แก่ *Nassarius livescens* และ *N. pullus*) และ หอยทะเลวงศ์ Muricidae (ชนิด *Chicoreus capucinus*) ซึ่ง พบมีการปนเปื้อนอยู่ระหว่าง น้อยกว่า 1 ถึง 238.1 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างปริมาณสารกลุ่มบิวทิลทินในดินตะกอนและในเนื้อหอยทะเล พบว่าค่อนข้างมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน กล่าวคือ บริเวณที่มีค่าปริมาณสารบิวทิลทินรวมในตะกอนดินสูงจะพบแนวโน้มปริมาณบิวทิลทินรวมในเนื้อเยื่อหอยทะเลสูงด้วยเช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กณิกนันต์ ศรีสวัสดิ์. 2549. การเกิด Imposex และการเปลี่ยนสภาพของสารโมโนบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และไตรบิวทิลทินในหอยหวาน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา. 188 หน้า.

กรมควบคุมมลพิษ. 2547. สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2546. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 40 หน้า.

กรมควบคุมมลพิษ. 2549. โครงการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเล มาตรการและแผนปฏิบัติการจัดการการใช้สารประกอบดีบุกอินทรีย์ชนิดไตรบิลทิลสำหรับประเทศไทย. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 121 หน้า.

กรมควบคุมมลพิษ. 2552. รายงานประจำปี สำนักจัดการคุณภาพน้ำ 2552. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 136 หน้า.

ณิชยา ประดิษฐ์ทรัพย์ และนิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์. 2553. ความผิดปกติทางเพศของหอยทะเลฝาเดียวที่เกิดจากสารป้องกันการเกาะติดของสิ่งมีชีวิตในบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย: ระยะที่ 1 การสำรวจชนิดของหอยและพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ. รายงานผลการวิจัยทุนอุดหนุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2553. 85 หน้า.

จุรีพร ล้อมเมตตา. 2544. การปนเปื้อนของสารประกอบบิวทิลทินบริเวณชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวาริชศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา. 76 หน้า.

สุบัณฑิต นิ่มรัตน์ กณิกนันต์ ศรีสวัสดิ์ พงษ์รัตน์ ดำรงโรจน์วัฒนา และวีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2549. สถานการณ์การใช้สารไตรบิวทิลทินและการเกิด Imposex ของหอยกลุ่ม Gastropod ในประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 11(1): 97-104.

ธีรนาถ สุวรรณเรือง วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย นิตยา ไชยเนตร และสุบัณฑิต นิ่มรัตน์. 2553. พิษของสารโมโนบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และไตรบิวทิลทิน ต่อการเกิด Imposex ของหอยหวานในบริเวณอ่าวอุดม จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย. วราสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา. ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 หน้า 39-49.

ภาษาอังกฤษ

Alizeu, C. 1991. Evironmental Problems Caused by TBT in France: Assessment, Regulations, Prospects. Marine Environmental Research. 32: 7-17.

Arai T. and Harino, H. 2009. Contamination by Organotin Compounds in Asia. In Ecotoxicology of Antifouling Biocides: Arai, et al, editor. Springer. Japan. 437 p.

Arai T. and Harino, H. and Ohji M. 2008. Organotin Level in Coastal Areas in Vietnam. Coastal Marine Science. 32(1): 127-130.

Bech, M. 2002. Imposex and Tributyltin Contamination as a Consequence of the Establishment of a Marina, and Increasing Yachting Activities at Phuket Island, Thailand. Environmental Pollution. 117: 421–429.

Bech, M., Strand, J., and Jacobsen, J. A. 2002. Development of Imposex and Accumulation of Butyltin in the Tropical Muricid *Thais distinguenda* Transplanted to a TBT Contaminated Site. Environmental Pollution. 119: 253-260.

Bettin, C., Oehlmann, J., and Stroben, E. 1996. TBT-induced Imposex in Marine Neogastropods is Mediated by an Increasing Androgen Level. Helgolander Meeresunters. 50: 299-317.

Boyd, C. E. 1995. Bottom Soils, Sediment and Pond Aquaculture. Chapman & Hall, New York. 348p.

Bryan, G. W., Gibbs, P. E., Hummerstone, L. G. and Burt, G. R. 1986. The Decline of the Gastropod *Nucella lapillus* Around South-west England: Evidence for the Effect of Tributyltin from Antifouling Paints. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 66: 611-640.

Buggy, C. J. and Tobin, J. M. 2006. Seasonal and Spatial Distributions of Tributyltin in Surface Sediment of the Tolka Estuary, Dublin, Ireland. Environmental Pollution. 143(2): 294-303.

de Mora, S. J., Stewart, C. and Phillips, D. 1995. Sources and Rate of Degradation of Tri(n-butyl)tin in Marine Sediments Near Auckland, New Zealand. Marine Pollution Bulletin. 30: 50-57.

Dowson, P.H., Bubb, J.M., and Lester, J.N. 1994. The effectiveness of the 1987 retail ban on TBT based antifouling paints in reducing butyltin concentrations in East Anglia, UK. Chemosphere. Vol 28, Issue 5, p: 905–910.

Gibbs, P. E. and Bryan, G. W. 1986. Reproductive Failure in Populations of the Dog-whelk, *Nucella lapillus*, Caused by Imposex Induced by Tributyltin from Antifouling Paints. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 66: 767-777.

Harino, H. 2003. Determination of butyltin and phenyltin compounds in water, sediment and biological samples by liquid-liquid extraction and gas chromatography with flame photometric detector. In JSPS International Workshop for Inter-calibration of Hazardous Chemicals. Nobuyuki Miyazaki and Gullaya Wattayakorn editor. Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. 10-14 March, 2003. 200 p.

Harino, H., Fukushima, M. and Tanaka, M. 1992. Simultaneous determination of butyltin and phenyltin compounds in the aquatic environment by gas chromatography. Anal. Chim. Acta. 264, 91-96.

Harino, H., Fukushima, M., Kurokawa, Y. and Kawai, S. 1997. Degradation of the tributyltincompounds by the microorganisms in water and sediment collected from the harbour area of Osaka City, Japan. Environmental Pollution. Vol. 98. 2: 163–167.

Harino, H., Ohji, M., Wattayakorn, G., Arai, T., Rungsupa, S., and Miyazaki, N. 2006. Occurrence of Antifouling Biocides in Sediment and Green Mussels from Thailand. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 51: 400-407.

Harino, H., Ohji, M., Wattayakorn, K., Arai, G., Adulyanukosol, T. and Miyazaki, N. 2007a. Accumulation of Organotin Compounds in Tissues and Organs of Stranded Whales Along the Coasts of Thailand. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 53: 119–125.

Harino, H., Ohji , M., Wattayakorn , G., Adulyanukosol , K., Arai, T. and Miyazaki, N. 2007b. Concentration of Organotin Compounds in Tissues and Organs of Dugongs from Thai Coastal Water. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 53(3): 495-502.

Harino, H., Ohji, M., Wattayakorn, G., Adulyanukosol, K., Arai, T. and Miyazaki, N. 2008. Accumulation of Organotin Compounds in Tissues and Organs of Dolphins from the Coasts of Thailand. Arch Environ Contam Toxicol. 54(1): 145-153.

Horiguchi, T, Cho, H., Shiraishi, H., Kojima, M., Kaya, M., Morita, M. and Shimizu, M. 2001. Contamination by Organotin (tributyltin and triphenyltin) Compounds from Antifouling Paints and Endocrine Disruption in Marine Gastropods. RIKEN Review. 33: 9-11.

Hoch, M. and Schwesig, D. 2004. Parameters Controlling the Partitioning of Tributyltin (TBT) in Aquatic systems. Applied Geochemistry. 19: 323 – 334.

Jacobsona, T., Sundelina, B., Yangb, G. and Fordb, A. T. 2011. Low dose TBT Exposure Decreases Amphipod Immunocompetence and Reproductive Fitness. Aquatic Toxicology. 101(1): 72-77.

Kan-atireklap, S., S. Tanabe and J. Sanguansin. 1997. Contamination by Butyltin Compounds in Sediments from Thailand. Marine Pollution Bulletin. 34 (11): 894-899.

Kannan, K. and Tanabe, S. 2009. Global Contamination by Organotin Compounds. In Ecotoxicology of Antifouling Biocides: Arai, et al, editor. Springer. Japan. 437 p.

Ko, M. M. C., Bradley, G. C., Neller, A. H. and Broom, M. J. 1995. Tributyltin Contamination of Marine Sediments of Hong Kong. Marine Pollution Bulletin. 31: 249 - 253.

Langston W. J. and Pope N. D. 1995. Determinants of TBT adsorption and desorption in estuarine sediments. Marine Pollution Bulletin. 31(1-3): 32-43.

Langston, W. J., Harino, H. and Pope, N. D. 2009. Behaviour of Organotins in the Coastal Environment. In Ecotoxicology of Antifouling Biocides: Arai, *et al*, editor. Springer. Japan. 437 p.

Lignota, J. H., Pannierb, F., Trillesa, J. P. and Charmantiera, G. 1998. Effects of Tributyltin Oxide on Survival and Osmoregulation of the Shrimp *Penaeus japonicus* (crustacea, decapoda). Aquatic Toxicology. Vol. 41(4): 277-299.

Mensink, B. P. 1999. Imposex in the Common Whelk, *Buccinum undatum*. Ponsen & Looijen B.V., Wageningen. 125 p.

Page, D. S., Ozbal, C.C., and M. E. 1996 Concentration of butyltin species in sediments associated with shipyard activity. Environmental Pollution. Vol 91(2): 237-243.

Pavoni, B. Centanni, E. Valcanover, S. Fasolato, M. Ceccato, S,.Tagliapietra, D. 2007. Imposex levels and concentrations of organotin compounds (TBT and its metabolites) in Nassarius nitidus from the Lagoon of Venice. Marine Pollution Bulletin. 55: 505-511.

Reitsema, T. J., Field, S., and Spickett, J. T. 2003. Surveying Imposex in the Coastal Waters of Perth, Western Australia, to monitor Trends in TBT Contamination. Australasian Journal of Ecotoxicology. Vol. 9: 87-92.

Sarradin, P., Lapaquellerie, Y., Astruc, A., Latouche, C. and Astruc, M. 1995. Long Term Behaviour and Degradation Kinetics of Tributyltin in a Marina Sediment. The Science of the Total Environment. 170: 59-70.

Swennen, C. and Horpet, P. 2008. Pseudo-imposex; Male Features in Female Volutes not TBT-Induced (Gastropoda: Volutidae). Contributions to Zoology. 77(1): 17-24.

Swennen, C., Moolenbeek, R. C., Ruttanadakul, N., Hobbelink, H., Dekker, H. and Hajisamae, S. 2001. The Molluscs of the Southern Gulf of Thailand. Thai Studies in Biodiversity No. 4: 120 p.

Swennen, C., Sampantarak, U and Ruttanadakul, N. 2009. TBT-pollution in the Gulf of Thailand: A Re-inspection of Imposex Incidence After 10 years. Marine Pollution Bulletin. 58: 526 – 532.

Shim, W. J., Oh, J. R., Kahng, S. H., Shim, J. H. and S. H. Lee. 1999. Horizontal distribution of butyltins in surface sediments from an enclosed bay system, Korea. Environmental Pollution. 106: 351-357.

Shim, WJ., Kahng, SH., Hong, SH., Kim, NS., Kim, SK. and Shim, JH. 2000. Imposex in the rock shell, Thais clavigera, as evidence of organotin contamination in the marine environment of Korea. Marine Environmental research. 49: 435-451.

Shimasaki, Y., Kitano, T., Oshima, Y., Inoue, S., Imada, N., Honjo, T. 2003. Tributyltin Causes Masculinization in Fish. Environmental Toxicology and Chemistry. 22(1): 141-144.

Smith, P. J. 1996. Selective Decline in Imposex Levels in the Dogwhelk *Lepsiella scobina* Following a Ban on the Use of TBT Antifoulants in New Zealand. Marine Pollution Bulletin. Vol. 32 (4): 362-365.

Stewart, C. and de Mora, S. J. 1990. A review of the degradation of tri(n-butyl)tin in the marine environment. Environmental technology. 11(6): 565-570.

Strand, J., Jacobsen, J. A., Pedersen B. and Granmo, A. 2003. Butyltin Compounds in Sediment and Molluscs From the Shipping Strait between Denmark and Sweden. Environmental Pollution. 124: 7 - 15.

Stang P. M., Lee, R. F. and Seligman, P. E. 1992. Evidence for Rapid, Nonbiological Degradation of Tributyltin Compounds in Autoclaved and heat-treat fine-grained Sediment. Environmental Science Technology. 26: 1382-1387.

Sudaryantoa, A., Takahashia, S., Iwataa, H., Tanabe, S. and Ismail, A. 2004. Contamination of Butyltin Compounds in Malaysian marine environments. Environmental Pollution. 130: 347 – 358.

Tanabe, S., Prudente, M. S., Kan-atireklap, S. and Subramanian, A. 2000. Mussel Watch: Marine Pollution Monitering of Butyltins and Organochlorines in Coastal Waters of Thailand, Philippines and India. Ocean and Coastal Management. 43: 819-839.

Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. Soil Sci. 37:29-37.

Wattayakorn, G. 2008. Status of butyltin contamination in Thailand coastal waters. Coastal Marine Science 32(1): 82-87.

ประวัติคณะนักวิจัย

1. **ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)** นางสาวณิชยา ประดิษฐ์ทรัพย์

   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Nichaya Praditsup

   ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิจัย

   หน่วยงานที่สังกัด / หมายเลขโทรศัพท์ และโทรสาร

   สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารสถาบัน 3 ชั้น 9 แขวงวังใหม่ ถนนพญาไท เขตปทุมวัน จังหวัดกรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ / โทรสาร 02-218-8160 /02-254-4259

   ประวัติการศึกษา

มหาวิทยาลัย	ปริญญา	สาขาวิชา	ปีที่ได้รับ
มหาวิทยาลัยมหิดล	วท.ม	ชีววิทยาสภาวะแวดล้อม	2547
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	วท.บ	ชีววิทยา	2542

ผลงานวิจัยที่พิมพ์เผยแพร่

Praditsup, N. and S. Promsing. 2011. Species Diversity and Distribution of Epifaunal on Rocky Intertidal Shore of Sichang Island, Chonburi province, Thailand. The Fourth International Fisheries Conference. Maejo University, Chiang Mai, Thailand. 1-2 December 2011. (poster presentation)

Praditsup, N. and C. Song-roop. 2008. Feeding ecology of donkey's ear abalone Haliotis asinina postlarvae. Proceeding of the Congress on Marine Science at The Methopol Hotel, Phuket Province. 25-27 August 2008. page 481-486. (in Thai)

Praditsup, N., Naksathit, A. and Round, P.D. 2007. Observations on the Siamese Fireback *Lophura diardi* in Khao Yai National Park, Thailand. Forktail. 23: 125-128.

Praditsup, N., Rungsupa, S., Ganmanee, M. and Jarayaphan, P. 2006. Distribution of *Ruditapes variegatus* (Sowerby, 1852) at Kho Kham Yai, Sichang District, Chonburi Province. In: Proceeding of the 32th Congress on Science and Technology of Thailand. (poster presentation)

Praditsup, N., Round, P.D., Poonsawad, P. and Naksathit, A. 2004. Display and Dispersion in the Siamese Fireback *Lophura diardi* (Aves: Phasianidae). In: Proceeding of the 30th Congress on Science and Technology of Thailand. (poster presentation)

ประวัติที่ปรึกษาโครงการ

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ดร. กัลยา วัฒยากร

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Dr. Gullaya Wattayakorn

ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์

หน่วยงานที่สังกัด / หมายเลขโทรศัพท์ และโทรสาร

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน จังหวัดกรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 02-218-5407 /02-255-0780

ประวัติการศึกษา

มหาวิทยาลัย	ปริญญา	สาขาวิชา
VIMS, College of William and Mary, U.S.A.	Ph.D.	Chemical Oceanography
Asian Institute of Technology	M.S.	Environmental Engineering
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	วท.บ.	วิทยาศาสตร์ทางทะเล

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

1. Nutrient Dynamics in mangroves and coastal waters
2. Coastal and Estuarine Pollution, Oil Pollution
3. Persistent Organic Pollutants (POPs)
4. Eutrophication

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

- **ผลงานวิจัย**

<u>ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ</u> **(บางส่วน: 2001-2009)**

Wattayakorn, G., P. Prapong and D. Noichareon (2001) Biogeochemical budgets and processes in Bandon Bay, Suratthani, Thailand. Journal of Sea Research 46: 133-142.

Alongi, D.M., **G. Wattayakorn**, J. Pfitzner, I. Zagorskis, F. Tirendi, G.J. Brunskill, and B.F. Clough (2001) Organic carbon accumulation and metabolic pathways in sediments of mangroves of southern Thailand. Marine Geology 179: 85-103.

Wattayakorn, G. (2001) Polycyclic aromatic hydrocarbons in the Chao Phraya estuary and estimated discharge rates into the Upper Gulf of Thailand. Proc. 5th IOC/WESTPAC International Scientific Symposium, 27-31 August 2001, Seoul, Korea.

Wattayakorn, G. (2002) Assessment of potential nutrient release from dredging activities. In: Characterization of Contaminated Sediments (M. Pellei, A. Porta and R. E. Hinchee: eds.). Battelle Press, Columbus, USA. S1-1: pp. 255-262.

Alongi, D.M., L. Trott, **G. Wattayakorn** and B.F. Clough (2002) Below-ground nitrogen cycling in relation to net canopy production in mangrove forests of southern Thailand. Marine biology, 140: 855-864.

Adeel, Z, M. Tabucanon, Y. In-na, M. Thanomphan, **G. Wattayakorn**, K. Tsukamoto and S. Vongvisessomjai. (2003) Capacity development needs in the Chao Phraya River basin and the Gulf of Thailand. Paper presented at the International Conference on "Managing Shared Waters: Towards Sustainable Transboundary Coastal Ecosystems", 23-28 June, 2002, Ontario, Canada. United Nations University Press, 25 pp.

Wattayakorn, G. (2003) Polycyclic aromatic hydrocarbons in the Chao Phraya estuary, Thailand. J. Sci. Res. Chula. Univ., Vol.28, no.2: 15-27, Special Issue I (NRC-EHWM).

Wattayakorn, G. (2003) Contamination of toxic substances in the Tha Chin Estuary, Thailand. Paper presented at 6th International Conference on the Environmental Management of Enclosed Coastal Seas. 18-21 November, 2003. Bangkok, Thailand.

Wattayakorn, G. 2003. Contamination of PAHs in coastal environment of Thailand.

Paper presented at the First JSPS Joint Seminar on Coastal Oceanography, Chiang Mai, Thailand, 14-16 December 2003.

Wattayakorn, G. 2004. Marine environmental status in Thai Waters. Paper presented at the 4th UNU-ORI International Workshop on Marine Environment, Otsuchi, Japan, 12-16 February, 2004.

Alongi, D.M., **G. Wattayakorn,** F. Tirendi and P. Dixon. 2004. Nutrient capital in different aged forests of the mangrove *Rhizophora apiculata*. Botanica Marina, 47: 116-124.

Alongi, D.M., **G. Wattayakorn,** S. Boyle, F. Tirendi, C. Payn and P. Dixon. 2004. Influence of roots and climate on mineral and trace element storage and flux in tropical mangrove soils. Biogeochemistry 69(1): 105-123.

Wattayakorn, G. 2004. Petroleum hydrocarbon contamination in coastal environment of Thailand. Paper presented at the 2nd Coastal Zone Asia Pacific Conference, Brisbane, Australia. 5-9 September, 2004.

Wattayakorn, G., J. Chaipuriwong, D. Noicharoen and K. Rattanasutthipong. 2004. Some Toxic substances in sediment samples from the Thachin estuary, Thailand.

Paper presented at the 5th UNU-ORI-JSPS International Workshop on Marine Pollution, Otsuchi, Japan. 3-8 November, 2004.

Wattayakorn, G., W.C., Burnett, M. Taniguchi, P. Sojisuporn and S. Rungsupa. 2004. Contribution of Carbon and Nutrient Species into SE Asian Waters via Submarine Groundwater Discharge. Final Report submitted to Southeast Asian Regional Committee for START (SARCS) Project 92/01/Carbon-004, 35 pp.

Burnett, W.C., M. Taniguchi and **G. Wattayakorn**. 2004. Groundwater and Nutrient Inputs into the Upper Gulf of Thailand. LOICZ Newsletter, no.33: 4-5. www.loicz.org

Wattayakorn, G., J. Chaipuriwong. 2005. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediments from the Thachin Estuary, Thailand. J. Sci. Res. Chula. Univ., Vol.28, no.2: 15-27, Special Issue I (NRC-EHWM).

Dulaiova, H., W. C. Burnett, **G. Wattayakorn**, and P. Sojisuporn. 2005. Geochemical tracer study in the Chao Phraya River and estuary. (submitted)

Taniguchi, M., W. C. Burnett, H. Dulaiova, F. Siringan. J. M. Foronda, **G. Wattayakorn**, S. Rungsupa, E. A. Kontar and L. McManus . 2005. Groundwater Discharge as an Important Land-Sea Pathway in Southeast Asia. Final Report for APN Project 2004-16NSY, 64 pp.

Taniguchi, M., W. C. Burnett, H. Dulaiova, F. Siringan. J. M. Foronda, **G. Wattayakorn**, S. Rungsupa, and E. A. Kontar. 2005. Groundwater Discharge as an Important Land-Sea Pathway in Manila Bay, Philippines. (submitted to Journal of Hydrology)

Brinkman R, **G. Wattayakorn**, E. Wolanski, S. Spagnol and K. Marshall. 2005. Storm-driven erosion of fine sediment and its subsequent transport and trapping in fringing mangroves, Sawi Bay, Thailand. Journal of Coastal Research, SI 42: 211-220.

Buapeng, S. and **G. Wattayakorn**. 2005. Groundwater Situation in Bangkok and Its Vicinity. Proc. RIHN International symposium on "Human Impacts on Urban Subsurface Environment" 18-20 October, 2005, Kyoto, Japan, pp.60-63.

Wattayakorn, G. 2005. Environmental Issues in the Gulf of Thailand. In: The Environment in Asia Pacific Harbours, E. Wolanski (ed.), Springer, Netherland. 497 pp.

Wattayakorn, G. 2005. Chemical pollution of coastal area in Thailand. Proc. 2nd International Symposium on the Development of Water Resource Management System in Mekong Watershed, 7 December, 2005, AIT Conference Center, Bangkok, Thailand. pp.6-13.

Wattayakorn, G., J. Chaipuriwong. 2006. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediments from the Thachin Estuary, Thailand. J. Sci. Res. Chula. Univ., Vol.31: 76-82, Special Issue II (NRC-EHWM).

Boonyatumanond, R., **G. Wattayakorn**, A. Togo, and H. Takada. 2006. Distribution and origins of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in riverine, estuarine, and marine sediments in Thailand. Marine Pollution Bulletin, vol.52, p.942-956

Dulaiova, H. , W.C. Burnett, **G. Wattayakorn**, and P. Sojisuporn, 2006. Are groundwater inputs into river-dominated areas important? The Chao Phraya River – Gulf of Thailand. Limnology and Oceanography, 51, 2232-2247

Harino, H ., M. Ohji, **G. Wattayakorn**, T. Arai, S. Rungsupa and N. Miyazaki. 2006. Occurrence of Antifouling Biocides in Sediment and Green Mussels from Thailand. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 51:400-407.

Burnett, W.C., **G. Wattayakorn**, M. Taniguchi, H. Dulaiova, P. Sojisuporn, S. Rungsupa, and T. Ishitobi, 2007a. Groundwater-derived nutrient inputs to the Upper Gulf of Thailand. Continental Shelf Research, 27(2), 176-190.

Burnett, W.C., S. Chanyotha, **G. Wattayakorn**, M. Taniguchi, Y. Umezawa, and T. Ishitobi, 2007b. Groundwater as a pathway of nutrient contamination in Bangkok, Thailand. Science of the Total Environment, submitted.

Boonyatumanond, R., **G. Wattayakorn**, A. Amano, Y. Inouchi, and H. Takada. 2007. Reconstruction of pollution history of organic contaminants in the upper Gulf of Thailand by using sediment cores: First report from Tropical Asia Core (TACO) project. Mar. Pollut. Bull., 54: 554–565.

Harino, H., M. Ohji, **G. Wattayakorn**, K. Adulyanukosol, T. Arai and N. Miyazaki. 2007a. Accumulation of Organotin Compounds in Tissues and Organs of Stranded Whales Along the Coasts of Thailand. Arch. Environ. Contam. Toxicol. :53,119-125.

Harino, H., M. Ohji, **G. Wattayakorn**, K. Adulyanukosol, T. Arai and N. Miyazaki. 2007b. Concentrations of Organotin Compounds in Tissues and Organs of Dugongs from Thai Coastal Waters. Arch Environ Contam Toxicol, 53, 495–502

Harino, H., M. Ohji, **G. Wattayakorn**, K. Adulyanukosol, T. Arai and N. Miyazaki. 2007c. Accumulation of Organotin Compounds in Tissues and Organs of Dolphins from the Coasts of Thailand. Arch Environ Contam Toxicol, DOI 10.1007/s00244-007-9005-5

Boonyatumanond, R., M. Murakami, **G. Wattayakorn**, A. Togo A. and H. Takada. 2007. Sources of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in street dust in a tropical Asian mega-city, Bangkok, Thailand. Science of the Total Environment, 384: 420–432.

Taniguchi, M., T. Ishitobi, W.C. Burnett, **G. Wattayakorn**. 2007. Evaluating ground water - sea water interactions via resistivity and seepage meters, Ground Water, 45(6), 729-735.

Wattayakorn, G., S. Panutrakul, K. Adulyanukosol and N. Miyazaki. 2007. Accumulation of Organochlorines and Heavy Metals in Marine Mammals from the Thai Waters: Dolphins and dugongs. Final Report submitted to the National Research Council of Thailand. 100 pp.

Taniguchi, M., W.C. Burnett, H. Dulaiova, F. Siringan, J. M. Foronda, **G. Wattayakorn**, S. Rungsupa, E.A. Kontar, and T. Ishitobi. 2008. Groundwater Discharge as an Important Land-Sea Pathway in Manila Bay, Philippines. Journal of Coastal Research, 24, 1A, 15-24.

Harino, H., T. Arai., M. Ohji, A. Ismail, **G. Wattayakorn** and N. Miyazaki. 2008. Occurrence of Antifouling Biocides in Southeast Asia: Malaysia, Thailand and Vietnam. In: The ASEAN Conference "Conservation on the Coastal Environment", Eds. M. Miyazaki and **G. Wattayakorn**, Shinjusha Co., Ltd., Japan, 91-111.

Wattayakorn, G. 2008. Status of butyltin contamination in Thailand coastal waters. Coastal Marine Science 32(1): 82-87.

Burnett, W., R. Peterson, M. Taniguchi, G. **Wattayakorn**, S. Chanyotha, and F. Siringan. 2009. Importance of groundwater discharge in developing urban centers of Southeast Asia. In: Taniguchi et al. (eds), From Headwaters to the Ocean, Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-47279-1, pp.289-294.

Burnett, W., S. Chanyotha, G. **Wattayakorn**, M. Taniguchi, Y. Umezawa, and T. Ishitobi. 2009. Underground sources of nutrient contamination to surface waters in Bangkok, Thailand. Science of the Total Environment, 407, 3198-3207.

Siriporn, P., G. **Wattayakorn**, S. Angsupanich, W. Baeyens and M. Leermakers. 2009. Distribution of trace elements in sediments and biota of Songkhla Lake, Southern Thailand. Water Air Soil Pollution, DOI 10.1007/s11270-009-0093-x.

สุริยัณห์ สาระมูล และ **กัลยา วัฒยากร**. 2545. การแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างคลองปากนคร และอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ประมวลผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ: การจัดการและการใช้ประโยชน์อย่างบูรณาการ ระหว่างวันที่ 6-8 ธันวาคม

2544 ณ โรงแรมโลตัส ปางสวนแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า III-18 ถึง III-25

ดำรงค์ศักดิ์ น้อยเจริญ และ **กัลยา วัฒยากร**. 2545. การสะสมของมลสารชนิดสลายตัวยากในดินตะกอนและหอยแมงภู่ Perna viridis จากบริเวณเอสทูรีแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร ประมวลผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ: การจัดการและการใช้ประโยชน์อย่างบูรณาการ ระหว่างวันที่ 6-8 ธันวาคม 2544 ณ โรงแรมโลตัส ปางสวนแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า III-26 - III-33.

กัลยา รัตนสุทธิพงษ์ และ**กัลยา วัฒยากร**. 2545. การสะสมของโลหะหนักในดินตะกอนและต้นแสมขาว (*Avicennia alba Bl*) บริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง ประมวลผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ: การจัดการและการใช้ประโยชน์อย่างบูรณาการ ระหว่างวันที่ 6-8 ธันวาคม 2544 ณ โรงแรมโลตัส ปางสวนแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า III-86 - III-92

จิราณีย์ ไชยปุริวงศ์ และ**กัลยา วัฒยากร**. 2545. การกระจายของสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในตะกอนดินบริเวณเอสทูรีแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร ประมวลผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ: การจัดการและการใช้ประโยชน์อย่างบูรณาการ ระหว่างวันที่ 6-8 ธันวาคม 2544 ณ โรงแรมโลตัส ปางสวนแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า III-93 - III-100

กัลยา วัฒยากร จิราณีย์ ไชยปุริวงศ์ และดำรงค์ศักดิ์ น้อยเจริญ. 2545. การปนเปื้อนของมลสารบริเวณเอสทูรีแม่น้ำท่าจีน ใน: ประชากรและทรัพยากรชายฝั่งทะเล (รวมบทความทางวิชาการ) วิทยาลัยประชากรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า 293-303

กัลยา วัฒยากร. 2547. สารอาหารในดินตะกอนและฟลักซ์ระหว่างดินและน้ำทะเลบริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ใน: สนิท อักษรแก้ว และคณะ. "การจัดการสวนป่าชายเลนแบบผสมผสานเพื่อการพัฒนาทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศไทย" สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, หน้า 239-250.

กัลยาวัฒยากร และนิตยาพร ตันมณี. 2547. โลหะหนักบางชนิดในดินตะกอนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ใน: สนิท อักษรแก้ว และคณะ. "การจัดการสวนป่าชายเลนแบบผสมผสาน

เพื่อการพัฒนาทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศไทย" สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, หน้า 269-276.

กัลยา วัฒยากร. 2547. สถานภาพสารอาหารในอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช รายงานการประชุมวิชาการป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 12, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 28-30 สิงหาคม 2547, จ.นครศรีธรรมราช: หน้า I-1-1 - I-1-9.

สุริยัน สารมูล และ **กัลยา วัฒยากร.** 2547. บทบาทของสวนป่าชายเลนต่อความอุดมสมบูรณ์ของชายฝั่งทะเลบริเวณปากนคร จังหวัดนครศรีธรรมราช. รายงานการประชุมวิชาการป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 12, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 28-30 สิงหาคม 2547, จ.นครศรีธรรมราช: หน้า III-5-1 - III-5-7.

สุริยัน สารมูล และ **กัลยา วัฒยากร.** 2547. การแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างคลองปากนครและอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช รายงานการประชุมวิชาการป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 12, สำนักงานสภาวิจัยแห่งชาติ, 28-30 สิงหาคม 2547, จ.นครศรีธรรมราช: หน้า

กัลยา วัฒยากร และ สมภพ รุ่งสุภา. 2547. การกระจายและสมดุลของสารอาหารบริเวณเอสทูรีแม่น้ำบางปะกง. ใน: ระบบนิเวศน้ำกร่อยแม่น้ำบางปะกง รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง

รุจยา บุณยทุมานนท์ Hideshige Takada Ayako Toko และ **กัลยา วัฒยากร.** 2548 การประยุกต์ใช้โมเลคคิวลาร์มาร์คเกอร์เพื่อศึกษาการกระจายตัวและแหล่งที่มาของสารโพลีไซคลิกอาโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในตะกอนดิน เสนอในการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 4 วันที่ 19-21 มกราคม 2548 จังหวัดชลบุรี

กัลยา วัฒยากร และคณะ. 2549. การสะสมของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและโลหะหนักในสัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยน้ำนมในน่านน้ำไทย: พะยูนและโลมา ทำเนียบผลการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีที่ 14 ฉบับที่ 14 หน้า 13-15.

สมภพ รุ่งสุภา และ **กัลยา วัฒยากร.** 2551. การปนเปื้อนของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำทะเลบริเวณเกาะสีชัง จ.ชลบุรี เสนอในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล พ.ศ.2551 ณ โรงแรมเมโทรโพล จังหวัดภูเก็ต กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง.

2. **ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)** ดร. นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Dr. Nilnaj Chaitanawisuti

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 8

หน่วยงานที่สังกัด / หมายเลขโทรศัพท์ และโทรสาร

สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ อาคารสถาบัน 3 ชั้น 9 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน จังหวัดกรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 02-218-8160 /02-254-4259

ประวัติการศึกษา

มหาวิทยาลัย	ปริญญา	สาขาวิชา	ปีที่ได้รับ
Nagasaki University	Ph.D.	Fisheries	2002
Chulalongkorn University	M.Sc.	Marine Biology	1983
Silpakorn University	B.Sc.	Biology (Zoology)	1980

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

1. วาริชกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
2. นิเวศวิทยาทางทะเล

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

- CURRENT RESEARCH PROJECTS :

Research Project currently conducted during 1998 - 2003 as following :

1 Project Title : "Biodiversity of Marine Sponges Associated with Reef Coral Habitats along the inner part of the Eastern Gulf of Thailand (Cholburi-Trad Province)"

Funded by : The Biodiversity Research and Training Program of Thailand (1998-2000).

2 Project Title : "Research and Development on Production of the New Economically Marine Mollusc : Spotted Babylon (Babylonia areolata) for Rehabilitation and Conservation of an Economically Fishery Resources"

Funded by : National Research Council of Thailand. (1998 - 2000)

3 Project Title : "(Research and Development on Production and Economic Outputs for growing-out of Juveniles Spotted Babylon Juvenile, *Babylonia areolata* Link 1807, to Marketable Size in Ponds and Muddy Flat By Using Various Types of Culture Techniques

Funded by : National Research Council of Thailand. (2003 - 2004)

- PUBLICATION LIST

1. **Chaitanawisuti, N.** and Menasveta, P., 1987. Experimental Suspended Culture of Green Mussel (*Perna viridis*) Using Spat transplanted From a Distance of Settlement Ground in Thailand. ***Journal of Aquaculture,*** 66 : 97-107.
2. **Chaitanawisuti, N.** and P. Menasveta., 1989. Effect of Pelleted Diets Containing Different Moisture Contents on Growth and Feed Conversion Efficiency of the Juvenile Seabass *(Lates calcarifer).* ***Journal of Aquaculture in the tropics,*** 4 : 147-156.
3. **Chaitanawisuti, N.** and Menasveta, P., 1991. Effect of Water Depths and Their Environmental Parameters Controlling Growth and Survival of Scallop, *Amusium pleuronectes, and* Green Mussel, *Perna viridis,* in Suspended Culture. ***Journal of Aquaculture in the tropics,*** 6 : 15-24.
4. **Chaitanawisuti, N.** and Menasveta, P., 1992. Preliminary Studies on Breeding and Larval Rearing of Asian Moon Scallop *(Amusium pleuronectes).* ***Journal of Aquaculture in the tropics,*** 7 : 205-218.
5. **Chaitanawisuti, N.** and Piyatiratitivorakul, S., 1994. Studies on Cage Culture of Red Snapper *(Lutjanus argentimaculatus)* With Special Emphasis on Growth and Economic Estimate. ***Journal of Aquaculture in the Tropics.,*** 9 : 269-278.
6. **Chaitanawisuti, N.** and Piyatiratitivorakul, S., 1994. Studies on Growth and Production of Juvenile Seabass *(Lates calcarifer)* Fed Exclusively with the Moist Pelleted Diets in Floating Net Cages. ***Journal of Aquaculture in the Tropics,*** 9 : 201-208.

7. **Chaitanawisuti, N.** and Menasveta, P., 1992. Preliminary Studies on Breeding and Larval Rearing of The Asian Moon Scallop *(Amusium pleuronectes* Linn*).* Symposium on Coastal Zone Management, ***SEAMEO BIOTROP Special Publication No.*** 47 : 117-116.

8. **Chaitanawisuti, N.** and Kritsanapuntu, A. 1997. Laboratory spawning and juvenile rearing of the marine gastropod in Thailand: Spotted babylon, Babylonia areolata (Neogastropoda : Buccinidae) in Thailand. ***Journal of Shellfish Research,*** 16 (1) : 31-37.

9. **Chaitanawisuti, N.** and Kritsanapuntu, A. 1997. Effect of stocking density and substrate presence on growth and survival of juvenile spotted babylon, Babylonia areolata (Neogastropoda : Buccinidae). ***Journal of Shellfish Research,*** 16 (2) : 429-433.

10. **Chaitanawisuti, N.** and Kritsanapuntu, A. 1998. Growth and survival of hatchery-reared juvenile spotted babylon, Babylonia areolata (Neogastropoda : Buccinidae), in four nursery culture conditions. ***Journal of Shellfish Research,*** 17 (2) : 85-88.

11. Menasveta, P., Wongratana, T., **Chaitanawisuti, N** and S. Rungsupa., 1986. Species Composition and Standing Crop of Coral Reef Fishes in Sichang Islands, Gulf of Thailand. ***Journal Galaxea,*** 5: 115-122.

12. Wongratana,T., **N. Chaitanawisuti** and Menasveta, P.,1990. Predatory Fishes Around Khang Khao Island and the Adjacent Area. ***Journal Galaxea,*** 8: 311-319.

13. **Chaitanawisuti, N.** and Kritsanapuntu, A. 1998. Fishery status of portunid crabs in Thailand 1988-1995. **International Forum on the Culture of portunid crabs,** 1-4 December 1998, Boracay, Philippines. (Extended abstract)

14. **Chaitanawisuti, N.** and Kritsanapuntu, A. 1998. Growing-out operations and cost analysis of the mud crab, *Scylla serrata,* in earthern ponds at Samutprakarn province, Central part of Thailand. **International Forum on the Culture of portunid crabs,** 1-4 December 1998, Boracay, Philippines. (Extended abstract).

15.**Chaitanawisuti,** N. and Kritsanapuntu, A. 1998. Trap fishing for spotted babylon, *Babylonia areolata* Link, 1807 (Gastropoda) in the Eastern Gulf of Thailand. **The 8th International Workshop/Congress of the Tropical Marine Mollusc Programme,** Prachuab Khirikhan, Thailand, 18-22 August, 1997, Publishing in Phuket Marine Biological Center Special Publication 18(1): 149-152.

16.**Chaitanawisuti,** N. and Kritsanapuntu, A. 1998. Trap fishing for spotted babylon, *Babylonia areolata* Link, 1807 (Gastropoda) in the Eastern Gult of Thailand. **Phuket Marine Biological Center Special Publication** 18(1): 149-152.

17. **Chaitanawisuti,** N. and Kritsanapuntu, A. 1999. Effects of different feeding regimes growth, survival and feed conversion of hatchery-reared juveniles of the spotted babylon, *Babylonia areolata* Link 1807, in flow-through culture system. **Journal Aquaculture Research, 30 : 589-593.**

18.**Chaitanawisuti,** N. and Kritsanapuntu, A. 1999. Growth and production of hatchery-reared juvenile spotted babylon, *Babylonia areolata* Link 1807, cultured to marketable sizes in intensive flow-through and semi-closed recirculating water system. Accepted for publishing in **Journal Aquaculture Research (1999).**

19.**Chaitanawisuti,** N. and Kritsanapuntu, A. 1999. Effects of different types of substrate on growth and survival of juvenile spotted babylon, *Babylonia areolata* Link 1807, reared in a flow-through culture system. Already accepted for publishing in **Journal of Aquaculture Research (2000).**

20.**Chaitanawisuti,** N. and Kritsanapuntu, A. 1999. Growth, feed efficiency and survival of juvenile spotted babylon, *Babylonia areolata* Link 1807, fed experimental formulated diets. Already accepted for publishing in **Journal of Aquaculture Research (2000).**

21.**Chaitanawisuti,** N. and Kritsanapuntu, A. 1999. Effects of different substrate on growth and survival of juvenile spotted babylon, *Babylonia areolata* Link 1807, reared in flow-through water system. Already accepted for publishing in **Journal of Aquaculture Research (2000).**

- PUBLICATIONS IN REGIONAL AND NATIONAL JOURNAL

1. **นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์** และเปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2528. การทดลองเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่ *(Perna viridid)* โดยการใช้เชือกห้อยแขวน. ประมวลประชุมวิชาการเรื่องทรัพยากรสิ่งมีชีวิตทางน้ำ ครั้งที่ 1, 7-8 มีนาคม 2528, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 333-348.
2. **Chaitanawisuti, N.** and Jarayabhand, P. 1987. Induced spawning and Larval Rearing Techniques of the Rabbitfish, *Siganus guttatus*, Bloch. ประมวลประชุมวิชาการ เรื่องทรัพยากรสิ่งมีชีวิตทางน้ำ ครั้งที่ 2, 17-18 ธันวาคม 2530, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 66-73.
3. **Chaitanawisuti, N.** and Jarayabhand, P. 1987. Effect of Stocking Density on Growth of Juvenile Rabbitfishes (*Siganus guttatus*). ประมวลประชุมวิชาการ เรื่องทรัพยากรสิ่งมีชีวิตทางน้ำ ครั้งที่ 2, 17-18 ธันวาคม 2530, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 74-83.
4. **Chaitanawisuti, N.** and Jarayabhand, P. 1987. Experiment on Natural Spat Collecting Technique Using Oyster in Oyster Culture (*Crassostrea* spp). ประมวลประชุมวิชาการ เรื่องทรัพยากรสิ่งมีชีวิตทางน้ำ ครั้งที่ 2, 17-18 ธันวาคม 2530, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 11-26.
5. **นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์** สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต และนุดล โมฬี 2539. การศึกษาชนิดและปริมาณการแพร่กระจายของสิ่งปฏิกูลในรอบปีบริเวณชายฝั่งทะเลเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี. วารสารวาริชศาสตร์ 2 (2) : 106-116.
6. **นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์**. 2538 การวิจัยเพื่อพัฒนาเทคนิคการปรับปรุงพันธุ์ปลาทะเลบางชนิดสำหรับการเพาะเลี้ยงปลาในกระชัง (ระยะที่ 2) รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2535 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 21 หน้า
7. **นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์** และอนุตร กฤษณะพันธุ์ 2540 Research on culture techniques of the spotted babylon *(Babyonia areolata)* for commercial purpose. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภททั่วไป ประจำปี 2538 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 43 หน้า.
8. เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์, **นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์** และ นุดล โมฬี, 2528. การเปลี่ยนแปลงค่าดรรชนีความสมบูรณ์ของหอยนางรมพันธุ์เล็ก (*Crassostrea commercialis*) บริเวณสถานีวิจัย

วิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง. ประมวลประชุมวิชาการ เรื่องทรัพยากรสิ่งมีชีวิตทางน้ำ ครั้งที่ 1, 7-8 มีนาคม 2528, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 320-333.

9. เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์, สมภพ รุ่งสุภา และ **นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์**, 2528. การผสมเทียมหอยนางรม (*Crassostrea spp)* ในประเทศไทย. ประมวลประชุมวิชาการ เรื่องทรัพยากรสิ่งมีชีวิตทางน้ำ ครั้งที่ 1, 7 - 8 มีนาคม 2528, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 272-286.

10.**นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์**, อำพร พรหมเผ่า และ สุรีย์พร ทองพัฒน์, 2534. การเพาะเลี้ยงหอยเชลล์ *(Amusium pleuronectes)* และการอนุบาลลูกหอยวัยอ่อน. ประมวลประชุมวิชาการเรื่องทรัพยากรสิ่งมีชีวิตทางน้ำ ครั้งที่ 3, 17-18 มกราคม 2534, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 526-527. (บทคัดย่อ).

11. **นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์**, อำพร พรหมเผ่า และ สุรีย์พร ทองพัฒน์, 2534. ผลระดับความลึกและปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่ออัตราการรอดและการเจริญของลูกหอยเชลล์ *(Amusium pleuronectes)* และหอยแมลงภู่ *(Perna viridis)* จากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธีการห้อยแขวน. ประมวลประชุมวิชาการเรื่องทรัพยากรสิ่งมีชีวิตทางน้ำ ครั้งที่ 3, 17-18 มกราคม 2534, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 528-529. (บทคัดย่อ).

12.**Chaitanawisuti,** N. and K. Yamazato., 1996. Preliminary study on interspecific competition between Zoanthids and other sessile invertebrates on reef of Khang Khao island, Gulf of Thailand. Abstract presented in International symposium on Ecology of coral reef communities in the Gulf of Thailand. 24-26 October 1996, Sichang Palace Hotel, Cholburi, Thailand. (Abstract).

13.**นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์** และอนุตร กฤษณะพันธุ์ 2540 ฐานข้อมูลวิจัยการเพาะเลี้ยงหอยนางรมเขตร้อนของประเทศไทย. การประชุมทางวิชาการการเพาะเลี้ยงหอยนางรมเขตร้อนและพันธุกรรม. โรงแรมรอยัลปริ๊นเซส จังหวัดระนอง 2-3 พฤษภาคม 2540 (บทคัดย่อ)

14.**Chaitanawisuti,** N. and Kritsanapuntu, A. 1998. Species Composition, DistributionPattern and Abundance of Fish Larvae at the Project Area of Hin Krut Coal-Fired Power Plant, Bang Saphan, Prachuab Kirikhan Province. A final report submitted to Union Power Development Company, 25 pp.

15.**Chaitanawisuti,** N. and Kritsanapuntu, A. 1998. Growing-out operations and cost analysis of the mud crab, *Scylla serrata*, in eastern ponds at Samutprakarn province, Central part of Thailand. International Forum on the Culture of

portunid crabs, 1-4 December 1998, Boracay, Philippines. (Extended abstract)Chaitanawisuti, N. and Kritsanapuntu, A. 1998. Trap fishing for spotted babylon, Babylonia areolata Link, 1807 (Gastropoda) in the Eastern Gulf of Thailand. The 8th International Workshop/Congress of the Tropical Marine Mollusc Programe, Prachuab Khirikhan, Thailand, 18-22 August, 1997, Publishing in Phuket Marine Biological Center Special Publication 18(1) : 149-152.

16.**Chaitanawisuti, N.** Fromont, J., Yeemin, T, Putchakarn, S, Chouychoowong, P. and Kritsanapuntu, A. 1998. Occurrence of demosponges (Porifera: Demospngiae) in coral reef habitats of Chonburi province, Inner part of the Eastern Gulf of Thailand. International Conference on the Fifth Asian Fisheries Forum, Chiang Mai province, Thailand, 11-14 November 1998.

17.**Chaitanawisuti, N.** and Kritsanapuntu, A. 1998. Effects of different feeding regimes on the growth and survival of juvenile spotted Babylon, *Babylonia areolata*, in the flow-through culture system. International Conference on the Fifth Asian Fisheries Forum, Chiang Mai province, Thailand, 11-14 November 1998.

18.**Chaitanawisuti, N.** and Kritsanapuntu, A. 1998. Aquaculture potential for juveniles spotted Babylon, *Babylonia areolata*, reared under flow-through culture system to marketable size. International Conference on the Fifth Asian Fisheries Forum, Chiang Mai province, Thailand, 11-14 November 1998.

19.**Chatanawisuti, N.** and Kritsanapuntu, A. 1998. Species Composition, DistributionPattern and Abundance of Fish Larvae at the Project Area of Hin Krut Coal-Fired Power Plant, Bang Saphan, Prachuab Kirikhan Province. A final report submitted to Union Power Development Company, 25 pp.

20.**Chaitanawisuti, N.** and Kritsanapuntu, A., 2000. Growth, feed efficiency and survival of juvenile spotted Babylon, *Babylonia areolata* Link 1807, fed experimental formulated diets. *Journal Aquaculture Research.* (in press)

21.**Chaitanawisuti, N.** and Kritsanapuntu, A., 2000. Effects of different types of substrate on growth and survival of juvenile spotted babylon, *Babylonia areolata* Link

1807, reared in a flow-through culture system. . *Journal Aquaculture Research.* (in press) .

22.**Chaitanawisuti, N.** and Kritsanapuntu, A., 2000. Effects of different substrate on growth and survival of juvenile spotted babylon, *Babylonia areolata* Link 1807, reared in flow-through water system. *Journal Aquaculture Research.* (in press).

23. **Chaitanawisuti,** N. Kritsanapuntu, A. and Natsukari, Y. 2001. Growth, feed efficiency and survival of hatchery-reared juvenile spotted babylon, *Babylonia areolata* Link 1807, fed with formulated diets. **Asian Fisheries Science.** 14: 53-59.

24. **Chaitanawisuti;** N. Kritsanapuntu, A. and Natsukari, Y. 2001. Growth trials for polyculture of hatchery-reared juvenile spotted babylon, *Babylonia areolata* Link 1807, in flow-through seawater system. **Aquaculture Research.** 32: 247-250.

25. **Chaitanawisuti,** N. Kritsanapuntu, A. and Natsukari, Y. 2001. Effects of feeding rates on the growth,survival and feed utilization of hatchery-reared juvenile spotted babylon, *Babylonia areolata* Link 1807, in a flow-through seawater system. **Aquaculture Research.** 32: 689-692.

26. **Chaitanawisuti,** N. Kritsanapuntu, A. and Natsukari, Y. 2002. Effects of different types of substrate on growth and survival of juvenile spotted babylon, *Babylonia areolata* Link 1807, reared in a flow-through culture system. **Asian Fisheries Science.** 14(3): 279-284.

27. **Chaitanawisuti,** N. Kritsanapuntu, A. and Natsukari, Y. 2002. Economic analysis of a pilot commercial production for spotted babylon, *Babylonia areolata* Link 1807, marketable sizes using a flow-through culture system in Thailand. **Aquaculture Research.** 33 : 1-8.

28. **Chaitanawisuti,** N. Kritsanapuntu, A. and Natsukari, Y. 2002. Economic analysis of a pilot commercial hatchery-based operation for spotted babylon, *Babylonia*

areolata Link 1807, juveniles in Thailand. **Journal of Shellfish Research.** 21 (2):

29. **Chaitanawisuti, N.** Kritsanapuntu, A. and Saentaweesuki, V. 2004. Effects of stocking densities and different microalgal diets on growth and survival of spotted Babylon larvae (*Babylon areolata* link 1807). ***Applied Fisheries & Aquaculturel.*** 4 : 30 – 33.

30. **Chaitanawisuti,** N. Kritsanapuntu, A. and Natsukari, Y. 2004. Research and development on commercial land-based aquaculture of spotted Babylon, *Babylon areolata*, in Thailand: Pilot hatchery-based seedling operation. ***Aquaculture Asia*** 9 (3): 16 – 20.

31.**Chaitanawisuti,** N. Kritsanapuntu, A. and Natsukari, Y. 2004. Research and development on commercial land-based aquaculture of spotted Babylon, *Babylon areolata,* in Thailand : Pilot grow - out operation. ***Aquaculture Asia*** 9 (4): 21 – 25.

32. **Chaitanawisuti,** N. Kritsanapuntu, A. and Natsukari, Y. 2005. Growout of hatchery-reared juveniles spotted Babylon (*Babylonia areolata* Link 1807) to marketable sizes at four stocking densities in flow-through and recirculating seawater systems. ***Aquaculture International.*** 13 (3): 233 – 239.

33. Kritsanapuntu, S, **N. Chaitanawisuti,** T. Yeemin, and S. Putchakarn. 2001. First investigation on biodiversity of marine sponges associated with reef coral habitats in the Eastern Gulf of Thailand. ***Asian Marine Science.*** 18: 105 – 115.

34. Kritsanapuntu, S, **N. Chaitanawisuti,,** and T. Yeemin. 2001. A survey of the abundance and distribution patterns of the spherical sponge, *Cinachyrella australiensis* Carter 1886 on an intertidal rocky beach at Sichang Island, inner part of the Eastern Gulf of Thailand. ***Asian Marine Science.*** 18:163 – 170.

35. Kritsanapuntu, A, **Chaitanawisuti, N.**, Santhaweesuk. W and Natsukari, Y. 2005. Large-scale growout of spotted Babylon, *Babylon areolata*, in earthen ponds : Pilot monoculture operation. ***Aquaculture Asia*** 9 (3): 39 - 43.

Small-scale Fisheries

1. นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์. 2543. การศึกษาประสิทธิภาพเครื่องมือประมงพื้นบ้านประเภาลอบจับสัตว์น้ำบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก: ระยะที่ 1 (ลอบปลาในแนวปะการัง) รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2542 สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 27 หน้า.

2. นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์. 2544. การศึกษาประสิทธิภาพเครื่องมือประมงพื้นบ้านประเภาลอบจับสัตว์น้ำบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก : ระยะที่ 2 (ลอบหมึก) รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2543 สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 24 หน้า

3. นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์. 2545. การศึกษาประสิทธิภาพเครื่องมือประมงพื้นบ้านประเภาลอบจับสัตว์น้ำบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก : ระยะที่ 3 (ลอบหอยหวาน) รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2544 สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 37 หน้า

4. นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ อนุตร กฤษณะพันธุ์ และเปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต 2544 การศึกษาผลผลิตและมูลค่าของสัตว์ทะเลที่ได้จากเครื่องมือประมงชายฝั่งพื้นบ้านบริเวณชายฝั่งทะเลหินกรูด อำเภอบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ **รายงานผลการวิจัยเสนอแก่บริษัท** Union Power Development Company : 48 หน้า

หนังสือ/ตำรา

1. นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์. 2545. คู่มือการเพาะเลี้ยงหอยวาน : หลักการและแนวปฏิบัติ หนังสือในโครงการจัดพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยลำดับที่ 8 สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 114 หน้า

Technology transfer

1. โครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง "การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแก่บัณฑิตว่างงาน รุ่นที่ 1 (การเพาะเลี้ยงหอยทะเล)" จำนวน 80 คน (15 พฤษภาคม – 4 มิถุนายน 2542) ภายใต้โครงการเงินกู้เพื่อฟื้นฟูและกระตุ้นเศรษฐกิจ (MIYAZAWA) ภายใต้การสนับสนุนโดยทบวงมหาวิทยาลัย

2. โครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง "การเพาะเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ รุ่นที่ 1" จำนวน 50 คน (28 มีนาคม–6 เมษายน 2545) ภายใต้การสนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

3. โครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง "การเพาะเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ รุ่นที่ 2" จำนวน 50 คน (24 มิถุนายน–3 กรกฎาคม 2545) ภายใต้การสนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

4. โครงการสัมมนาระดมความคิดเพื่อจัดตั้ง "ชมรมผู้เลี้ยงหอยหวานไทย" ครั้งที่ 1 จำนวน 50 คน (14 –15 ธันวาคม 2545) ภายใต้การดำเนินงานโดยสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

- **ผลงานที่เผยแพร่ในวารสารระดับชาติ (Regional journal / seminar)**

1. **นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์** และอนุตร กฤษณะพันธุ์ 2540 การวิจัยเบื้องต้นเพื่อการเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ **รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภททั่วไป** ประจำปี 2538 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 43 หน้า.

2. **นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์** และอนุตร กฤษณะพันธุ์ 2543 การวิจัยและพัฒนาเพื่อการผลิตหอยทะเลเศรษฐกิจชนิดใหม่: , หอยหวาน สำหรับการฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรประมงที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ. **รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ทุนวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมว่าด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประจำปี 2540** สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 132 หน้า.

3. **นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์** และอนุตร กฤษณะพันธุ์ 2545 การวิจัยและพัฒนาเพื่อการเพาะเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย **เอกสารประกอบการสัมมนาผลการวิจัยเรื่อง** "การพัฒนาสัตว์น้ำเศรษฐกิจของไทย" โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพ 2 กุมภาพันธ์ 2545

4. **นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์** ศิรุษา กฤษณะพันธุ์ ธรรมศักดิ์ ยีมิน สุเมตต์ ปุจฉาการ และ Jane Fromont 2543 การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของฟองน้ำทะเลที่อาศัยอยู่ร่วมกับแนวปะการังบริเวณ

ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก (จังหวัดชลบุรีถึงตราด) **รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ทุนวิจัยโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพแห่งประเทศไทย** (โครงการ BRT) **ประจำปี 2540**: 207 หน้า

5. **นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์** ศิรุษา กฤษณะพันธุ์ ธรรมศักดิ์ ยีมิน สุเมตต์ ปุจฉาการ และ Jane Fromont 2545 ความหลากหลายทางชีวภาพของฟองน้ำที่อาศัยอยู่ร่วมกับแนวปะการังบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก (จังหวัดชลบุรี – ตราด) **รายงานการวิจัยในโครงการ BRT** (2545) : 148 - 155

6. **นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์** อนุตร กฤษณะพันธุ์ วรรณณี แสนทวีสุข และสมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล 2548 การศึกษาผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น(*Babylonia areolata* Link 1807) ถึงขนาดตลาดในบ่อดินด้วยวิธีการเลี้ยงแบบต่างๆ **รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ทุนวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมว่าด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประจำปี 2546** สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 225 หน้า.

7. **นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์** อนุตร กฤษณะพันธุ์ วรรณณี แสนทวีสุข และสมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล 2548 การศึกษาผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น(*Babylonia areolata* Link 1807) ถึงขนาดตลาดในบ่อดินด้วยวิธีการเลี้ยงแบบต่างๆ **เอกสารประกอบการสัมมนาผลการวิจัย** โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ โรงแรมทิพย์วิมานรีสอร์ท หาดชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 12 กรกฎาคม 2548. 74 หน้า.

4.4 บทความทางวิชาการ

1. "เพาะเลี้ยงหอยหวาน งานวิจัยจุฬาฯ เพื่อชาวประมงไทย" ***วารสารเทคโนโลยีชาวบ้าน"*** ปีที่ 12 ฉบับที่ 229 (ธันวาคม 2542)

2. "การเลี้ยงหอยหวานเพื่อการค้า" ***นิตยสารส่งเสรมอาชีพเพาะลี้ยงสัตว์น้ำแบบยั่งยืน "เทคโนโลยีสัตว์น้ำ"*** ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 (กันยายน 2543)

3. "สัตว์น้ำน่าลงทุน ช่องทางการพัฒนาและการทำตลาดหอยหวาน" ***นิตยสาร "สัตว์น้ำเศรษฐกิจ"*** ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 (สิงหาคม 2545)

4. "แนวทางเพาะเลี้ยงหอยหวานเพื่อการอนุรักษ์และการค้า" ***นิตยสารส่งเสริมและพัฒนาธุรกิจสัตว์น้ำ "สัตว์น้ำ"*** ปีที่ 11 ฉบับที่ 126 (กุมภาพันธ์ 2543)

5. "สัตว์น้ำน่าลงทุน ช่องทางการพัฒนาและการทำตลาดหอยหวาน" ***นิตยสารเพื่อข้อมูลข่าวสารวงการเกษตรและอุตสาหกรรม "โลกเกษตร & อุตสาหกรรม"*** ฉบับที่ 34 (สิงหาคม 2545)

6. "การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์และการเพาะพันธุ์หอยหวาน" ***นิตยสาร "ประมงธุรกิจ"*** ปีที่ 2 ฉบับที่ 23 (กันยายน 2544)

7. "เลี้ยงหอยหวาน ตลาดยังต้องการอีกมาก" ***นิตยสาร "สวนเกษตร"*** ปีที่ 2 ฉบับที่ 42 (พฤษภาคม 2544)

8. "วิสัยทัศน์หอยหวาน-หอยเป๋าฮื้อ (หอยหวานสัตว์น้ำเศรษฐกิจตัวใหม่)" ***นิตยสารส่งเสริมและพัฒนาธุรกิจสัตว์น้ำ "สัตว์น้ำ"*** ฉบับพิเศษ (พฤษภาคม 2544)

9. รายการวิทยุมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (รายการร่วมแรง ร่วมใจ กับวิจัยการเกษตร)เรื่อง "การพัฒนาการผลิตหอยทะเลเศรษฐกิจชนิดใหม่ : หอยหวานไทย" ***โดยสถานีวิทยุมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*** ออกอากาศเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2546

10. รายการโทรทัศน์เรื่อง "การวิจัยและพัฒนาเพื่อการผลิตหอยเศรษฐกิจชนิดใหม่ : หอยหวาน" ***โดยบริษัท ไอเดีย ดี ครีเอชั่น จำกัด ออกอากาศทางสถานีวิทยุและโทรทัศน์กองทัพบกช่อง 5*** เมื่อวันที่ 26 พฤษภาคม 2547

11. รายการโทรทัศน์สดเรื่อง "หอยหวาน : หอยทะเลเศรษฐกิจชนิดใหม่ของไทย" ***โดยบริษัท ไอเดีย ดี ครีเอชั่น จำกัด ออกอากาศทางสถานีวิทยุและโทรทัศน์กองทัพบกช่อง 5*** เมื่อวันที่ 13 สิงหาคม 2547

12. "สู่ย่างก้าวของความสำเร็จการเลี้ยงหอยหวานในบ่อดิน" ***นิตยสาร "สัตว์น้ำเศรษฐกิจ"*** ปีที่ 16 ฉบับที่ 186 (กุมภาพันธุ์ 2548)

13. รายการโทรทัศน์เรื่อง "การวิจัยและพัฒนาเพื่อการผลิตหอยเศรษฐกิจชนิดใหม่ : หอยหวาน" โดยรายการ ***"ใจสู้มือสร้าง" ออกอากาศทางสถานีวิทยุและโทรทัศน์แห่งประเทศไทยช่อง 11*** เมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2548

14. "หอยหวานไทยกับการฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรชายฝั่งของไทย" ***แวดวงเกษตร หนังสือพิมพ์เดลินิวส์*** ฉบับที่ วันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2548

15. "เลี้ยงหอยหวานในบ่อดิน งานวิจัยเพื่อลดต้นทุน สร้างงาน สร้างเงินได้ดี" ***หนังสือเทคโนโลยีชาวบ้าน*** ปีที่ 17 ฉบับที่ 356 วันที่ 1 เมษายน 2548

16. "เลี้ยงหอยหวานในบ่อดิน" ***วารสาร รักษ์เกษตร*** ISSN 1685-0505 ปีที่ 4 ฉบับที่ 46 ประจำเดือนมิถุนายน 2548

17. "แนวทางการพัฒนาหอยหวานสู่สัตว์น้ำเศรษฐกิจต้อง Contract Farming" ***นิตยสารส่งเสริมและพัฒนาธุรกิจสัตว์น้ำ "สัตว์น้ำ"*** ปีที่ 16 ฉบับที่ 188 (เมษายน 2548)

18. "หอยหวานในบ่อดินอีกทางเลือกของการฟื้นบ่อกุ้ง" ***นิตยสารเพื่อข้อมูลข่าวสารวงการเกษตรและอุตสาหกรรม "โลกเกษตรและอุตสาหกรรม"*** ปีที่ 70 ฉบับที่ 70 (กันยายน 2548)

19. "การเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาดด้วยบ่อเลี้ยงระบบน้ำไหลผ่านตลอด : การเลือกที่ตั้งฟาร์มเลี้ยงหอยหวาน" ***นิตยสาร "สัตว์น้ำเศรษฐกิจ"*** ปีที่ 17 ฉบับที่ 194 (ตุลาคม 2548)

20. "เลี้ยงหอยหวานในบ่อดิน (กุ้งกุลาดำ) งานวิจัยเพื่อลดต้นทุน สร้างงาน สร้างเงินดี" ***นิตยสาร "เทคโนโลยีการประมง"*** ปีที่ 17 ฉบับที่ 356 (เมษายน 2548)