การเกิดความผิดปกติทางเพศ (Imposex) ในหอยฝาเดียวบริเวณจังหวัดชลบุรี ประเทศไทย
Imposex occurrence of gastropods collected from Chon Buri Province, Thailand

สุบัณฑิต นิ่มรัตน์[1*], พัณณิตา เอี่ยมสะอาด[2], พงศ์รัตน์ ดำรงโรจน์วัฒนา[3],
วิฑูร ขาวสุข[4], วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย[5], สมสุข มัจฉาชีพ[6]
Subuntith Nimrat[1*] Pannita Eamsaart[2], Pongrat Dumrongrojwattana[3],
Witoon Khawsuk[4], Verapong Vuthiphandchai[5], Soomsook Mathchacheep[6]
Received: 9 January 2017 ; Accepted: 19 April 2017

บทคัดย่อ
ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาถึงการเกิดความผิดปกติทางเพศ (Imposex) ในหอยฝาเดียวบริเวณจังหวัดชลบุรี ประเทศไทย โดยเก็บตัวอย่าง 8 สถานี คือ บริเวณอ่าวชลบุรี เกาะสีชัง (ท่าภาณุรังษี) อ่าวอุดม (กลาง) อ่าวอุดม (สะพานปลา) หัวแหลมฉบัง ท่าเรือแหลมฉบัง ท่าเรือแหลมฉบัง (ตอนกลาง) และท่าเทียบเรือ บริษัท โอเชียน มารีน่า ยอช์ท คลับ ในช่วงระหว่างเดือนมีนาคม 2549 ถึงกุมภาพันธ์ 2550 ซึ่งจากการศึกษาพบการเกิด Imposex ได้ในทุกสถานีและพบหอยฝาเดียวจำนวน 38 ชนิด จากบริเวณที่ทำการศึกษาทั้งหมด โดยพบว่าหอยฝาเดียวที่จัดอยู่ในวงศ์ Muricidae สามารถพบได้มากที่สุด และพบว่าชนิดของหอยฝาเดียวที่พบมีการแพร่กระจายตามบริเวณอ่าวชลบุรี เกาะสีชัง (ท่าภาณุรังสี) อ่าวอุดม (กลาง) อ่าวอุดม (สะพานปลา) หัวแหลมฉบัง ท่าเรือแหลมฉบัง ท่าเรือแหลมฉบัง (ตอนกลาง) และท่าเทียบเรือ บริษัท โอเชียน มารีน่า ยอช์ท คลับ เท่ากับ 18, 14, 7, 6, 7, 9, 9 และ 5 ชนิด ตามลำดับ และพบการเกิด Imposex ในหอยเศรษฐกิจคือ หอยสังข์จุกพราหมณ์ (*Cymbiola nobilis*) และหอยโมพี (*Pugilina cochlidium*) และหอยตามธรรมชาติ คือ หอยปากมัน (*Nassarius livescens*) และ หอยมะระ (*Ergalatax margariticola*) และจากการศึกษาในครั้งนี้บ่งบอกได้ว่าอาหารทะเลในบริเวณที่ทำการศึกษาน่าจะปนเปื้อนสารประกอบไตรบิวทิลทินซึ่งอาจมีแนวโน้มไม่ปลอดภัยสำหรับการบริโภค และแสดงให้เห็นว่าหอยฝาเดียวสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพในการติดตามการปนเปื้อนของสารประกอบไตรบิวทิลทินในสิ่งแวดล้อมทางทะเลได้

คำสำคัญ: Imposex หอยฝาเดียว การปนเปื้อนสารประกอบไตรบิวทิลทิน จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย

Abstract
In this study, Imposex occurrence of gastropods collected from Chon Buri Province, Thailand was investigated in gastropods collected from eight stations at Ao Chon Buri, Ko Si Chang (Tha Phanurangsri), Ao Udom (Center), Ao Udom (Fish pier), Hua Laem Chabang, Laem Chabang Port, Laem Chabang Port (Center) and Ocean Marina Yacht

---

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยาและโครงการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[2] โครงการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[3] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[4] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[5] ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[6] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[1] Department of Microbiology and Environmental Science Program, Faculty of Science, Burapha University
[2] Environmental Science Program, Faculty of Science, Burapha University
[3] Department of Biology, Faculty of Science, Burapha University
[4] Department of Medical science, Faculty of Science, Burapha University
[5] Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University
[6] Department of Biology, Faculty of Science, Burapha University
** Corresponding author, E-mail: subunti@buu.ac.th*

Club Port in Chon Buri Province, during March 2006 to February 2007. Results showed the occurrence of imposex at all stations in Chon Buri Province. Moreover, diversity of collected gastropods from Chon Buri sites were thirty eight species and the most common gastropods found in this study was Mericidae. Additionally, the diversity of gastropods in Ao Chon Buri, Ko Si Chang (Tha Phanurangsri), Ao Udom (center), Ao Udom (fish pier), Hua Laem Chabang, Laem Chabang Port, Laem Chabang Port (center) and Ocean Marina Yacht Club Port were 18, 14, 7, 6, 7, 9, 9 and 5 species gastropods, respectively. Imposex was monitored in economic gastropods namely; *Cymbiola nobilis* and *Pugilina cochlidium* and in non-economic gastropods namely *Nassarius livescens* and *Ergalatax margariticola.* Results suggested that seafood harvested from studied sites could be contaminated with tributyltin. As a consequence, this finding suggested that seafood harvested from those sites might be considered unsafe for human consumption. The results concluded that gastropod could be used as a good bioindicator for tributyltin contamination monitoring in the marine environments.

Keywords: imposex, gastropods, tributyltin contamination, Chon Buri Province, Thailand

บทนำ

สีกันเพรียง (Antifouling Paint) เป็นสิ่งสำคัญต่อเรือทุกชนิดในโลกนี้รวมทั้งประเทศไทยเพราะเป็นสีใต้แนวน้ำและอยู่ชั้นนอกสุดของสีใต้แนวน้ำ โดยทำหน้าที่ป้องกันการเกาะของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ต่อตัวเรือ เพราะถ้ามีการเกาะของเพรียงบนผิวของเรือจะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองค่าน้ำมันและค่าการดูแลรักษาเรืออย่างสูงโดยสารพิษที่เป็นส่วนผสมในสีกันเพรียง คือ สารประกอบไตรบิวทิลทิน (Tributyltin compounds; TBT)[1] ปัจจุบันประเทศไทยยังคงมีการใช้สีทาเรือที่อาจจะมีสารประกอบไตรบิวทิลทินเป็นส่วนประกอบจึงทำให้มีการตกค้างและปลดปล่อยสารประกอบไตรบิวทิลทินออกสู่สิ่งแวดล้อมในปริมาณมาก ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมจึงตามมาและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มความรุนแรงยิ่งขึ้นถ้าหากไม่มีการป้องกันและศึกษาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากปัญหานั้น ๆ อย่างจริงจัง

การวัดผลกระทบของสารพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำรวมทั้งการจัดการควบคุมสารไตรบิวทิลทินจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะในแหล่งน้ำเป็นต้นกำเนิดของห่วงโซ่อาหารต่าง ๆ จำนวนมากและเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำเศรษฐกิจหลายชนิดและต่อเนื่องมายังมนุษย์ในที่สุด[2] ซึ่งจากการสำรวจตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 ถึง พ.ศ. 2547 พบสารประกอบไตรบิวทิลทินในบางจังหวัดปริมาณที่ไม่สูงมากอยู่ในช่วง < 2 ถึง 322.33 นาโนกรัมต่อลิตร โดยพบปริมาณสูงสุดในจังหวัดตราดบริเวณปากแม่น้ำตราด และบริเวณที่พบสารไตรบิวทิลทินในปริมาณที่สูงได้แก่ จังหวัดจันทบุรี ระยอง และชลบุรี และจากรายงานพบว่าปริมาณสารประกอบไตรบิวทิลทินที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมทางทะเลเพิ่มขึ้นส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำหลายชนิดทำให้เกิดความผิดปกติในระยะตัวอ่อนของหอยสองฝา[3] นอกจากนั้นเมื่อมีการปนเปื้อนของสารประกอบไตรบิวทิลทินแม้ในปริมาณต่ำๆ ก็สามารถทำให้หอยฝาเดียวเกิดความผิดปกติทางเพศ (Imposex) ซึ่งเป็นลักษณะที่ทำให้หอยเพศเมียมีการพัฒนาสร้างอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้เทียม (Pseudopenis) ยื่นออกมาทำให้มีลักษณะคล้ายหอยเพศผู้ดังเช่นพบในหอย *Thais bitubercularis* และ *Morula musiva* เป็นต้น แต่ในการเกิด Imposex ในหอยนั้นก็ยังไม่ทราบแน่ชัดว่าปริมาณของสารประกอบไตรบิวทิลทินควรเป็นเท่าไรที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้เทียม[4, 5, 6] นอกจากผลกระทบที่พบในหอยนั้นยังมีการศึกษาถึงผลกระทบของสารพิษดังกล่าวต่อมนุษย์ พบว่าสารประกอบไตรบิวทิลทินมีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันโดยมีผลต่อระบบ Natural killer (NK) cells[7,8,9] และสารประกอบไตรบิวทิลทินมีผลต่อพื้นที่ผิวของระบบเม็ดเลือดแม้จะมีการสัมผัสกับสารประกอบไตรบิวทิลทินเพียงระยะสั้น[10] ซึ่งการค้นพบดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของนักวิจัยอื่นๆ ดังนั้นจึงมีความสงสัยว่าสารประกอบไตรบิวทิลทินน่าจะเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดเนื้องอกและมะเร็งในมนุษย์[11-15]

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงควรที่จะมีการศึกษาติดตามและตรวจสอบการเกิด Imposex ของหอยชนิดต่างๆ เพื่อประเมินสถานการณ์การปนเปื้อนของสารประกอบไตรบิวทิลทินด้วยการใช้หอยฝาเดียวชนิดต่าง ๆ ในบริเวณที่จอดเรือและอู่ต่อ/ซ่อมเรือ รวมทั้งพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในจังหวัดชลบุรีซึ่งเป็นจังหวัดหนึ่งของประเทศไทยที่มีความอุดมสมบูรณ์ทางธรรมชาติและมีสถานที่ท่องเที่ยวมาก ส่งผลให้มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจจากการค้าขาย การท่องเที่ยว การประมง การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม รวมทั้งมีท่าเรือแหลมฉบังซึ่งเป็นท่าเรือสำหรับขนส่งสินค้าต่าง ๆ ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของประชากรและการพัฒนาเศรษฐกิจอย่างมากส่งผลให้มีสารมลพิษเพิ่มมากขึ้นจำนวนมาก โดยจะทำการประเมินระดับความรุนแรงของการเกิด Imposex ในหอยฝาเดียวชนิดต่างๆ ในจังหวัดชลบุรีซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลเพื่อ

สนับสนุนหน่วยงานราชการและองค์กรสำคัญต่าง ๆ ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องในการฟื้นฟูสภาพแก้ไขปัญหา รวมทั้งเป็นการนำหอยเศรษฐกิจและหอยตามธรรมชาติมาเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (Bioindicator) เพื่อบ่งบอกถึงการจัดการการปนเปื้อนของสีทากันเพรียงที่มีสารประกอบไตรบิวทิลทินในระยะยาว และบ่งบอกถึงความเป็นไปได้ความปลอดภัยของอาหารทะเลในบริเวณดังกล่าวว่าน่าจะปนเปื้อนและไม่ปนเปื้อนต่อสารสารประกอบไตรบิวทิลทินหรือไม่และสุดท้ายนี้เพื่อทำให้ประเทศไทยได้รับความไว้วางใจจากทั่วโลกในด้านการจัดการสีทากันเพรียงที่มีส่วนผสมของสารพิษชนิดสารประกอบไตรบิวทิลทินและทำให้อาหารทะเลที่เพาะเลี้ยงในประเทศได้รับความเชื่อถือว่าไม่มีสารพิษชนิดไตรบิวทิลทินปนเปื้อนซึ่งจะมีผลดีต่อการส่งออกอาหารทะเลไปยังต่างประเทศรวมทั้งเป็นแนวทางในการเข้าสู่สนธิสัญญาการห้ามใช้สีทากันเพรียงที่มีสารประกอบไตรบิวทิลทินเป็นส่วนประกอบ (The Global Antifouling Treaty) ขององค์การทางทะเลระหว่างประเทศ (IMO)

วัตถุประสงค์

เพื่อทราบความหลากชนิด ปรากฏการณ์การเกิดความผิดปกติทางเพศ (Imposex) และการเกิดอวัยวะเพศผู้เทียม (Pseudopennis) ในหอยฝาเดียวชนิดต่าง ๆ ในจังหวัดชลบุรี

วิธีการศึกษา

1. การเก็บตัวอย่างหอยฝาเดียว

1.1 เก็บตัวอย่างหอยฝาเดียวในแต่ละสถานี (Table 1 และ Figure 1) เพื่อจำแนกชนิดของหอยฝาเดียว[16,17,18] และทำการคัดเลือกชนิดหอยฝาเดียวที่มีในแต่ละพื้นที่ที่มีซ้ำกันมากที่สุดนำมาศึกษาการเกิด Imposex ต่อไป

1.2 แกะเนื้อหอยออกจากเปลือกหอยในห้องปฏิบัติการเพื่อทำการศึกษาการเกิด Imposex โดยศึกษาทุก ๆ 2 เดือน เป็นเวลา 1 ปี ในหอยชนิดต่างๆ ในบริเวณที่จอดเรือและอู่ต่อ/ซ่อมเรือรวมทั้งพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในจังหวัดชลบุรี

2. การศึกษาการแบ่งระดับการเกิด Imposex ในหอยฝาเดียว

ตรวจระดับการเกิด Imposex โดยดูลักษณะของ Pseudopenis และวัดความยาวของ Pseudo-penis โดยใช้ Calliper ในการแบ่งระดับการพัฒนาของ Pseudopenis[19] (Figure 2)

Table 1 Sampling sites of gastropods collected from Chon Buri Province

Sampling sites	Code	UTM zone	X	Y	Reason for sampling site selection
Ao Chon Buri	Cbcb11	47	713329	1479200	Shipping channel where the most of vessels are fishing vessels
Ko Si Chang (Tha Phanurangsri)	Cbsc14	47	696529	1455953	Shipping channel where the most of vessels are fishing vessels and cargo ships
Ao Udom (Center)	Cbau5	47	705600	1451550	Shipping channel where the most of vessels are fishing vessels and cargo ships
Ao Udom (Fish pier)	Cbau1	47	705950	1451350	Shipping channel where the most of vessels are fishing vessels and cargo ships
Hua Laem Chabang	Cblp11	47	703300	1445850	Shipping channel where the most of vessels are fishing vessels and cargo ships
Laem Chabang Port	Cblp52	47	705850	1445200	Shipping channel where the most of vessels are cargo ships
Laem Chabang Port (Center)	Cblp12	47	705500	1445000	Shipping channel where the most of vessels are cargo ships
Ocean Marina Yacht Club Port	CbOp5	47	707048	1418439	Shipping marina area where the most of vessels are yachts, speed boats and sailing boats

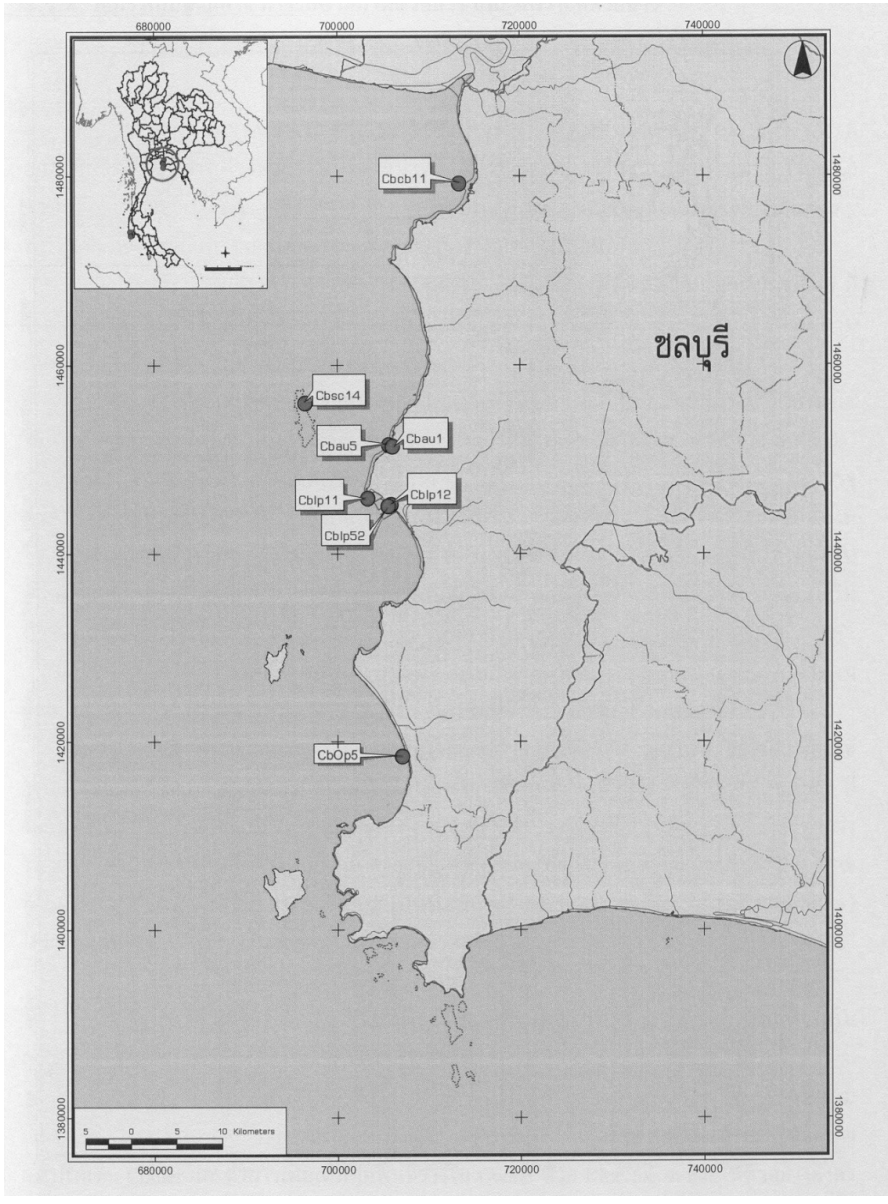

Figure 1 Map of sampling sites in Chon Buri Province

Figure 2 Stages of imposex

0: No male sexual characteristics

1: Small round bud at the site where males grow a penis

2: Enlargement to various shaped structures, the tip of the structure is loose from the body

3: Development of a curved penis similar in shape but of smaller size than in adult males

ผลการศึกษา

จากการสำรวจการเกิด Imposex ในหอยฝาเดียวเพศเมียในบริเวณ อ่าวชลบุรี เกาะสีชัง (ท่าภาณุรังษี) อ่าวอุดม (กลาง) อ่าวอุดม (สะพานปลา) หัวแหลมฉบัง ท่าเรือแหลมฉบัง ท่าเรือแหลมฉบัง (ตอนกลาง) และท่าเทียบเรือ บริษัท โอเชียน มารีน่า ยอช์ท คลับ ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2549 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ.2550 ผลการทดลอง มีรายละเอียดดังแสดงใน Table 2 และ Table 3

ผลจากการทดลองพบว่าบริเวณเกาะสีชัง (ท่าภาณุรังษี) หัวแหลมฉบัง ท่าเรือแหลมฉบัง ท่าเรือแหลมฉบัง (ตอนกลาง) และท่าเทียบเรือ บริษัท โอเชียน มารีน่า ยอช์ท คลับ จะมีการเกิด Imposex สูงในช่วง 50-100% ส่วนในบริเวณอ่าวชลบุรีจะพบการเกิด Imposex ในปริมาณต่ำโดยพบสูงสุดในเดือนมีนาคม (20%) และเดือนพฤษภาคม (4.35%) ส่วนเดือนอื่น ๆ ไม่พบการเกิด Imposex (0%) บริเวณอ่าวอุดมทั้ง 2 ส่วนพบปริมาณการเกิด Imposex ที่คล้ายคลึงกันคือพบมากที่สุดในเดือนพฤษภาคม ในปริมาณสูงสุดถึง 60% และรองลงมาคือในเดือนกันยายนที่มีปริมาณต่ำอยู่ในระหว่าง 7.14-14.29% ดังแสดงใน Table 2 และชนิดของหอยที่พบการเกิด Imposex มักจะเป็นชนิดที่ซ้ำ ๆ กัน ในอ่าวชลบุรีพบ 2 ชนิดที่เกิด Imposex คือ *Pugilina cochlidium* และ *Ergalatax contracta* และในบริเวณต่อมาคือ เกาะสีชัง (ท่าภาณุรังษี) พบ 1 ชนิดที่พบเหมือนกับอ่าวชลบุรี คือ *Pugilina cochlidium* และ *Cymbiola nobilis* ที่พบเหมือนกับบริเวณหัวแหลมฉบัง ท่าเรือแหลมฉบัง และท่าเรือแหลมฉบัง (ตอนกลาง) แต่ในท่าเทียบเรือบริษัท โอเชียน มารีน่า ยอช์ท คลับ พบชนิดหอยที่แตกต่างจาก 7 สถานีที่ทำการศึกษาโดยพบคือ *Nassariuslivescens* และส่วนใหญ่ความยาวของ Pseudopenis อยู่ในช่วง 0.00±0.00 ถึง 1.00±0.05 เซนติเมตร

Table 2 Occurrence of imposex in gastropods in Chon Buri Province

Sampling sites	Occurrence of Imposex (%)						Species of gastropods					
	March	May	July	Septem-ber	November	February	March	May	July	September	November	February
Ao Chon Buri	20 (n=5)	4.35 (n=46)	0 (n=49)	0 (n=26)	0 (n=5)	0 (n=3)	*Pugilina cochlidium*	*Ergalatax contracta*	*Litterina ardouiniana*	*Litterina ardouiniana*	*Lataxiena blosvillei*	*Lataxiena blosvillei*
Ko Si Chang (Tha Phanurangsri)	50 (n=8)	100 (n=12)	100 (n=20)	100 (n=14)	100 (n=20)	100 (n=9)	*Pugilina cochlidium*	*Ergalatax margariti-cola*	*Ergalatax margariti-cola*	*Ergalatax margariti-cola*	*Cymbiola nobilis*	*Cymbiola nobilis*
Ao Udom (Center)	-	60 (n=5)	0 (n=32)	14.29 (n=8)	0 (n=18)	0 (n=16)	-	*Pugilina cochlidium*	*Ergalatax contracta*	*Pugilina cochlidium*	*Pugilina cochlidium*	*Pugilina cochlidium*
Ao Udom (Fish pier)	-	60 (n=5)	0 (n=12)	7.14 (n=14)	0 (n=18)	0 (n=16)	-	*Pugilina cochlidium*	*Ergalatax contracta*	*Pugilina cochlidium*	*Pugilina cochlidium*	*Pugilina cochlidium*
Hua Laem Chabang	100 (n=7)	100 (n=3)	100 (n=5)	100 (n=10)	100 (n=6)	100 (n=6)	*Cymbiola nobilis*	*Cymbiola nobilis*	*Cymbiola nobilis*	*Cymbiola nobilis*	*Cymbiola nobilis*	*Cymbiola nobilis*
Laem Chabang Port	-	100 (n=2)	100 (n=6)	100 (n=6)	100 (n=7)	100 (n=9)	-	*Cymbiola nobilis*	*Cymbiola nobilis*	*Cymbiola nobilis*	*Cymbiola nobilis*	*Cymbiola nobilis*
Laem Chabang Port (Center)	-	100 (n=3)	100 (n=7)	100 (n=8)	100 (n=7)	100 (n=9)	-	*Cymbiola nobilis*	*Cymbiola nobilis*	*Cymbiola nobilis*	*Cymbiola nobilis*	*Cymbiola nobilis*
Ocean Marina Yacht Club Port	0 (n=26)	100 (n=44)	89.66 (n=29)	100 (n=18)	-	-	*Nerita chamaele-on*	*Nassarius livescens*	*Nassarius livescens*	*Nassarius livescens*	-	-

Note: -; Not detected of gastropods in sampling site

Table 3 Relationship between species of gastopods and length of pseudopenis

Sampling sites	March		May		July		September		November		February	
	Species of gastopods	Length of pseudopenis (cm.)	Species of gastopods	Length of pseudopenis (cm.)	Species of gastopods	Length of pseudopenis (cm.)	Species of gastopods	Length of pseudopenis (cm.)	Species of gastopods	Length of pseudopenis (cm.)	Species of gastopods	Length of pseudopenis (cm.)
Ao Chon Buri	*Pugilina cochlidium*	1.20±0.00	*Ergalatax contracta*	0.40±0.14	*Litterina ardouiniana*	Not pseudopenis detected	*Litterina ardouiniana*	Not pseudopenis detected	*Lataxiena blosvillei*	Not pseudopenis detected	*Lataxiena blosvillei*	Not pseudopenis detected
Ko Si Chang (Tha Phanurangsri)	*Pugilina cochlidium*	0.98±0.05	*Ergalatax margaritiicola*	0.32±0.08	*Ergalatax margaritiicola*	0.17±0.12	*Ergalatax margaritiicola*	0.19±0.12	*Cymbiola nobilis*	0.91±0.07	*Cymbiola nobilis*	0.90±0.20
Ao Udom (center)	-	-	*Pugilina cochlidium*	0.80±0.36	*Ergalatax contracta*	Not pseudopenis detected	*Pugilina cochlidium*	0.90±0.10	*Pugilina cochlidium*	Not pseudopenis detected	*Pugilina cochlidium*	Not pseudopenis detected
Ao Udom (fish pier)	-	-	*Pugilina cochlidium*	0.75±0.31	*Ergalatax contracta*	Not pseudopenis detected	*Pugilina cochlidium*	0.20±0.00	*Pugilina cochlidium*	Not pseudopenis detected	*Pugilina cochlidium*	Not pseudopenis detected
Hua Laem Chabang	*Cymbiola nobilis*	0.63±1.19	*Cymbiola nobilis*	0.80±0.17	*Cymbiola nobilis*	0.44±0.04	*Cymbiola nobilis*	0.81±0.22	*Cymbiola nobilis*	0.72±0.06	*Cymbiola nobilis*	0.82±0.24
Laem Chabang Port	-	-	*Cymbiola nobilis*	0.60±0.14	*Cymbiola nobilis*	0.53±0.08	*Cymbiola nobilis*	0.82±0.13	*Cymbiola nobilis*	0.83±0.05	*Cymbiola nobilis*	0.81±0.24
Laem Chabang Port (center)	-	-	*Cymbiola nobilis*	0.77±0.21	*Cymbiola nobilis*	0.53±0.08	*Cymbiola nobilis*	0.94±0.15	*Cymbiola nobilis*	1.00±0.05	*Cymbiola nobilis*	0.92±0.17
Ocean Marina Yacht Club Port	*Nerita chamaeleon*	Not pseudopenis detected	*Nassarius livescens*	0.53±0.20	*Nassarius livescens*	0.48±0.26	*Nassarius livescens*	0.37±0.22	-	-	-	-

Note: -; Not detected of gastropods in sampling site

อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาในครั้งนี้พบการเกิด Imposex ในปริมาณสูง (50-100%) ใน 5 บริเวณคือ บริเวณเกาะสีชัง (ท่าภาณุรังสี) หัวแหลมฉบัง ท่าเรือแหลมฉบัง ท่าเรือแหลมฉบัง (ตอนกลาง) และท่าเทียบเรือบริษัท โอเชียน มารีน่า ยอร์ทคลับ เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีกิจกรรมทางเรือมาก รวมทั้งเป็นเส้นทางที่เรือแล่นผ่านมาก และพบ *Pseudopenis* มีความยาวอยู่ในช่วง 0.00±0.00 ถึง 1.00±0.05 เซนติเมตร ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการสะสมของสารประกอบไตรบิวทิลทิน ซึ่งตรงกับผลการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษที่ทำการศึกษาในปี 2548 พบว่าการปนเปื้อนของสารประกอบไตรบิวทิลทินสูงมากในบริเวณดังกล่าว โดยพบปริมาณการสะสมของสารประกอบไตรบิวทิลทินในน้ำทะเล ดินตะกอนและเนื้อเยื่อหอย <5 – 69 นาโนกรัมต่อกรัม 9-21 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และ 17-97 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ[20] จึงทำให้ในบริเวณดังกล่าวพบการเกิด Imposex ในหอยฝาเดียวเพศเมียได้มากกว่าบริเวณอื่นที่ทำการศึกษา ซึ่งตรงกับงานวิจัยในต่างประเทศพบว่าบริเวณที่มีการสะสมและการปนเปื้อนของสารประกอบไตรบิวทิลทินมากที่สุดคือ บริเวณที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการต่อและซ่อมเรือ รวมทั้งเส้นทางการเดินเรือ[21,22,23]

ส่วนในบริเวณอ่าวชลบุรีเป็นบริเวณที่มีการทำฟาร์มเลี้ยงหอยแครง ดังนั้นเรือในบริเวณดังกล่าวจึงเป็นเรือประมงที่มีขนาดเล็กและไม่พบว่ามีเรือขนส่งสินค้าหรือเรือเดินสมุทรเดินทางผ่านในบริเวณนี้ทำให้ในบริเวณนี้มีกิจกรรมทางเรือค่อนข้างน้อยซึ่งอาจจะส่งผลให้มีการสะสมของสารประกอบไตรบิวทิลทินในปริมาณต่ำซึ่งตรงกับผลการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษที่ทำการศึกษาในปี 2548 พบว่าการปนเปื้อนของสารประกอบไตรบิวทิลทินมีปริมาณต่ำในบริเวณดังกล่าว โดยพบปริมาณการสะสมของสารประกอบไตรบิวทิลทินในน้ำ

ทะเล ดินตะกอนและเนื้อเยื่อหอย 24 นาโนกรัมต่อกรัม 8 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และ 5 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ[1] จึงทำให้ในบริเวณดังกล่าวพบการเกิด Imposex ในหอยฝาเดียวเพศเมียได้น้อยกว่าบริเวณอื่นที่ทำการศึกษา และจะพบว่าถึงแม้พบสารประกอบไตรบิวทิลทินปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมบริเวณอ่าวชลบุรีปริมาณต่ำก็ยังสามารถพบการเกิด Imposex ได้ซึ่งตรงกับหลายๆ งานวิจัยที่พบว่าเมื่อมีการสะสมของสารประกอบไตรบิวทิลทินแม้ในปริมาณต่ำๆ ก็สามารถทำให้หอยฝาเดียวเพศเมียเกิด Imposex ได้ เช่น ในหอย *Thais bitubercularis*, *Morula musiva* และ *Nucella lapillus* เป็นต้น[4,5,6,24] สำหรับในบริเวณอ่าวอุดม (กลาง) และอ่าวอุดม(สะพานปลา) นั้นเป็นบริเวณท่าเทียบเรือประมงและเรือสปีดโบ๊ต และยังเป็นบริเวณที่ชาวประมงทำการซ่อมเรือขูดเพรียงและทาสีเรือด้วยตัวเอง รวมทั้งยังอยู่ใกล้กับสถานที่เก็บน้ำมันของบริษัท การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย จำกัด (ปตท.) คลังน้ำมันเอสโซ่ และโรงกลั่นน้ำมันไทยออยล์ และมีสะพานสำหรับขนถ่ายสินค้าด้วย ทำให้มีเรือเดินสมุทรจอดเทียบท่าในบริเวณนี้ด้วย

ดังนั้นจึงส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนของสารประกอบไตรบิวทิลทินในบริเวณนี้ โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของกรมควบคุมมลพิษ ที่ทำการศึกษาในปี 2548 พบว่าการปนเปื้อนของสารประกอบไตรบิวทิลทินมีปริมาณค่อนข้างสูงในบริเวณดังกล่าวโดยพบปริมาณการสะสมของสารประกอบไตรบิวทิลทินในน้ำทะเล ดินตะกอนและเนื้อเยื่อหอย น้อยกว่า 5-56 นาโนกรัมต่อกรัม 5-15 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และ 14-15 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ[20] ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณการสะสมของสารประกอบไตรบิวทิลทินดังกล่าวแม้จะพบในปริมาณไม่มากแต่กระบวนการย่อยสลายตามธรรมชาติที่สามารถเกิดขึ้นได้ซึ่งไม่ว่าจะเป็นการย่อยสลายทางกายภาพและทางชีวภาพ[19,25-29] ต้องใช้เวลาในการย่อยสลายนาน เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้สารประกอบไตรบิวทิลทินและการปนเปื้อนสารไตรบิวทิลทินในปัจจุบัน ส่งผลให้มีสารประกอบไตรบิวทิลทินตกค้างในสิ่งแวดล้อมมากจึงส่งผลให้เกิด Imposex ในหอยฝาเดียวเพศเมียในบริเวณดังกล่าว

สำหรับชนิดของหอยฝาเดียวที่เกิด Imposex ในบริเวณที่ทำการศึกษานั้นพบว่ามีความสอดคล้องกับผลการวิจัยทั้งในและต่างประเทศ คือในหอยฝาเดียวชนิด *Ergalatax contracta* พบว่าเกิด Imposex บริเวณชายฝั่งทะเลในประเทศญี่ปุ่นแต่ไม่มีรายงานว่าพบในปริมาณเท่าใด[34] และพบการเกิด Imposex ในหอยชนิดนี้ที่ชายฝั่งทะเลของประเทศจีน 55.26%[30] ส่วนในหอยฝาเดียวชนิด *Cymbiola nobilis* พบทั้งในประเทศไทยในจังหวัดภูเก็ตและในเมือง Malacca ประเทศมาเลเซีย และสำหรับหอยฝาเดียวชนิด *Nassarius livescens* พบว่าเกิด Imposex พบทั้งในจังหวัดภูเก็ตและ Malacca ประเทศมาเลเซีย[31] และยังพบในบริเวณชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกของประเทศไต้หวันอีกด้วย[30,32] แต่สำหรับ *Pugilina cochlidium* ยังไม่พบรายงานการวิจัยใดที่บ่งบอกถึงการเกิด Imposex ในหอยฝาเดียวชนิดนี้และจะพบว่าในบริเวณท่าเทียบเรือบริษัท โอเชียน มารีน่า ยอช์ท คลับ พบหอยฝาเดียวชนิด *Nassarius livescens* ซึ่งไม่พบหอยฝาเดียวชนิดนี้ในบริเวณอื่นๆ ที่ทำการศึกษา อาจเนื่องมาจากในบริเวณท่าเทียบเรือบริษัท โอเชียน มารีน่า ยอช์ท คลับ มีลักษณะทรายขนาดหยาบและละเอียดซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จำลอง โตอ่อน (2546) ที่ทำการศึกษาโครงสร้างประชาคมสัตว์ทะเลหน้าดินบริเวณอ่าวศรีราชาจังหวัดชลบุรี โดยทำการศึกษาใน 8 บริเวณ พบว่า มีการพบหอยฝาเดียวชนิด *Nassarius livescens* เพียงสถานีเดียว คือ บริเวณชายฝั่งชุมชนบ้านบางพระและดินในบริเวณนั้นมีลักษณะเป็นดินตะกอนที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ พบอยู่ในช่วงทรายหยาบถึงทรายละเอียด ซึ่งมีลักษณะของดินเช่นเดียวกับบริเวณท่าเทียบเรือบริษัท โอเชียน มารีน่า ยอช์ท คลับ[33]

จากการเกิด Imposex ในหอยฝาเดียวชนิดต่างๆ พบว่าส่วนใหญ่ความยาวของ Pseudopenis อยู่ในช่วง 0.17±0.00 ถึง 1.00±0.05 เซนติเมตร โดย Pseudopenis ของ *Pugilina cochlidium* อยู่ในช่วง 0.20-1.20 เซนติเมตร ซึ่งมีขนาดความยาวของเปลือกอยู่ในช่วง 5.30-8.50 เซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ทำการศึกษาการเกิด Imposex ในบริเวณ Ria Formosa lagoon ของประเทศโปรตุเกส ในปี 2003-2004 ซึ่งเป็นบริเวณที่มีท่าเรือ Olhão และท่าเรือ Faro อยู่ในบริเวณนั้น โดยศึกษาในหอยฝาเดียวชนิด *Hexaplex trunculus* ซึ่งมีขนาดความยาวของเปลือกอยู่ในช่วง 4.20-8.00 เซนติเมตร และ Pseudopenis อยู่ในช่วง 0.20-1.20 เซนติเมตร[34] และสำหรับในหอยที่มีขนาดความยาวของเปลือกอยู่ในช่วง 2.00-4.50 เซนติเมตร คือ หอย *Nassarius livescens, Ergalatax contracta* และ *Ergalatax margariticola* พบ Pseudopenis อยู่ในช่วง 0.20-1.20 เซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ทำการศึกษาการเกิด Imposex บริเวณจังหวัดภูเก็ตของประเทศไทย พบว่าเกิด Imposex ในหอย *Ergalatax margariticola* ที่มีขนาดความยาวของเปลือกอยู่ในช่วง 2.30-2.40 เซนติเมตร และ Pseudopenis อยู่ในช่วง 0.01-0.04 เซนติเมตร และงานวิจัยที่ทำการศึกษาการเกิด Imposex ในหอย *Thais distinguendar* พบว่าในหอยที่มีขนาดเล็กกว่า (น้อยกว่า 2.5 เซนติเมตร) จะมีขนาดของ Pseudopenis เล็กกว่าในหอยชนิดเดียวกันที่มีขนาดใหญ่กว่า (มากกว่า 2.5

เซนติเมตร) เมื่อทำการทดลองในสภาวะเดียวกัน[35] และสำหรับหอย *Cymbiola nobilis* ที่มีขนาดความยาวของเปลือกอยู่ในช่วง 7.20-16.0 เซนติเมตร และ Pseudopenis อยู่ในช่วง 0.40-1.30 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบ Pseudopenis และขนาดความยาวของเปลือกแล้วพบว่ามีค่าค่อนข้างต่ำกว่าหอยชนิดอื่น ๆ ที่พบอาจเนื่องมาจากหอย *Cymbiola nobilis* มีความไวต่อสารไตรบิวทิลทินต่ำกว่าหอยฝาเดียวชนิดอื่น ๆ ซึ่งต้องทำการศึกษาต่อไป

จากงานวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสภาพการณ์ในปัจจุบันน่าจะยังมีการใช้สีทากันพรียงที่มีส่วนผสมของสารประกอบไตรบิวทิลทินอยู่ หรือเกิดจากการย่อยสลายสารประกอบไตรบิวทิลทินที่ช้ามากและจะสะสมในดินตะกอนเป็นระยะเวลานาน[26,28] ซึ่งบ่งชี้ว่าสารประกอบไตรบิวทิลทินเป็นส่วนหนึ่งของระบบห่วงโซ่อาหารแล้วทำให้สามารถสะสมและส่งผลกระทบมาถึงมนุษย์ได้เช่นกัน ดังนั้นการวัดผลกระทบของสารประกอบไตรบิวทิลทินต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำรวมทั้งการจัดการควบคุมสารประกอบไตรบิวทิลทินจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งเพราะในแหล่งน้ำเป็นต้นกำเนิดของห่วงโซ่อาหารต่าง ๆ จำนวนมากและเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำเศรษฐกิจหลายชนิดและต่อเนื่องมายังมนุษย์ในที่สุด[36,37,38]

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Fargasova, A. & Kizink, J. 1996. Effect of Organotin Compounds on the Growth of the Freshwater Alga *Scenedesmus quadricauda. Ecotoxicoogy and Environmental safety*, 34 (2): 156-159.
2. สุบัณฑิต นิ่มรัตน์ มนทกานต์ วิสุทธิแพทย์ และวีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2547. การย่อยสลายทางชีวภาพของสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทิน และโมโนบิวทิลทินในดินตะกอน. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*. 9(1-2): 46-57.
3. Bech, M. 2002. A survey of imposex in muricids from 1996 to 2000 and identification of optimal indicators of tributytin contamination along the east coast of Phuket Island, Thailand. *Marine Pollution Bulletin*, 44: 887-896.
5. Fiorni, P., Oehlmann, J. & Stroben, E. 1991. The pseudohermaphroditism of prosoblanchs, morphological aspects. *Zoologischer Anzeiger*, 226: 1-26.
6. Solé, M., Morcillo, Y., & Pote, C. 1998. Imposex in the commercial snail Bolinus brandaris in the northwestern Mediterranean. *Environmental Pollution*, 99 (2): 241-246.
7. Tan, K.S. 1997. Imposex in Three Species of Thais from Singapore, with Additional observation on *T. clavigera* (Kuster) from Japan. *Marine Pollution Bulletin*, 34 (7): 577-581.
8. Whalen, M.M., Green, S. & Loganathan, B.G. 2002a. Brief butyltin exposure induces irreversible inhibition of the cytotoxic function on human natural killer cells, in vitro. *Environmental Research*, 88: 19-29.
9. Whalen, M.M., Loganathan, B.G. & Kannan, K. 1999. Immunotoxicity of environmentally relevant concentrations of butyltins on human natural killer cells in vitro. *Environmental Research*, 81: 108-116.
10. Whalen, M.M., Walker, L. & Loganathan, B.G. 2002b. Interleukins 2 and 12 produce significant recovery of cytotoxic function in dibutyltin-exposed human natural killer cells. *Environmental Research*, 88: 103-115.
11. Odman-Ghazi, S.O., Hatcher, F., Whalen, M.M. 2003. Expression of functionally relevant cell surface markers in dibutyltin-exposed human natural killer cells. *Chem Biol Interact*, 146 (1): 1-18.
12. Ghoneum M, Hussein A.E. & Gill G. 1990. Suppression of murine natural killer cell activity by tributyltin: in vivo and in vitro assessment. *Environmental Research*, 52 (2): 178-186.
13. Roper, D.S. & Hickey, C.W. 1992. Acute toxicity of cadmium to two species of infaunal marine amphipods (tube-dwelling and burrowing) from New Zealand. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*, 49: 165-170.
14. Smialowicz, R.J., Riddle, M.M., Rogers, R.R. 1989. Immunotoxicity of tributyltin oxide in rats exposed as adults or pre-weanlings. *Toxicology*, 57: 97-111.
15. Snoeij, N.J., Penninks, A.H., Seinen, W. 1987. Biological activity of organotin compounds an overview. *Environmental Research*, 44: 335-353.
16. Van, L.H., Krajnc, E.I. & Rombout, P.J. 1990. Effects of ozone, hexachlorobenzene, and bis(trin-butyltin)

oxide on natural killer activity in the rat lung. *Toxicol Appl Pharmacol*, 102: 21-33.

17. Abbott, R.T. & Dance, S.P. 2000. Compendium of sea shells. USA : Odyssey Publishing.
18. Dance, S.P. 1974. The collector's encyclopedia of shells. New York : Mc Graw Hill Book Company.
19. Swenne, C., Moolenbeek, R.G., Ruttanadakul, N., Hobbelink, H., Dekker, H. & Hajisamae, S. 2001. The molluscs of the Southern Gulf of Thailand. Thai Studies in Biodiversity.
20. Mensink, B.P., Kralt, H., Vethaak, A.D., Ten Hallers-Tjabbes, C.C., Koeman, J.H., van Hattum, B., & Boon, J.P. 2002. Imposex induction in laboratory reared juvenile *Buccinum undatum* by tributyltin (TBT). *Environmental Toxicology and pharmacology*, 11: 49-65.
21. กรมควบคุมมลพิษ. 2548. มาตรการและแผนปฏิบัติการจัดการการใช้สารประกอบดีบุกอินทรีย์ชนิดไตรบิวทิลสำหรับประเทศไทย. โครงการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเล
22. Narayan, B. B., Anita, G., Ranjita, H., Sangeeta, J., Subhash, S.S., Venkat, K. & Chandrasheker, A. 2005. Butyltin in the sediments of Kochi and Mumbai harbours, west coast of India. Environment International Available online 29 september 2005.
23. Ryota M., Shin T., Shinsuke T., & Ichiro T. 2005. Status of butyltin pollution along the costs of western Japan in 2001, 11 years after partial restrictions on the usage of tributyltin. *Marine Pollution Bulletin*, 51(8-12): 940-949.
24. Sudaryanto, A., Takahashi, S., Iwata, H., Tanabe, S. & Ismail, A. 2004. Contamination of butyltin compounds in Malaysian environments. *Environmental Pollution*, 130 (3): 347-358.
25. Bryan, G.W., Gibbs, P.E., Hummerstone, L.G. & Burt, G.R. 1986. The decline of the gastropod *Nucella lapillus* around South-West England: evidence for the effect of tributyltin from antifouling paints. *Marine Biological Association of the United Kingdom*, 66: 611–640.
26. เพ็ญนภา ศรีสวัสดิ์ เสาวภา สวัสดิ์ภีระ วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย และสุบัณฑิต นิ่มรัตน์. 2548. การเปลี่ยนสภาพและการสะสมของสารไตรบิวทิลทินและสารตัวกลางในหอยหวาน. ใน*การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 4*. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.
27. มนทกานต์ วิสุทธิแพทย์ วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย วรเทพ มุธุวรรณ พิชาญ สว่างวงศ์ และสุบัณฑิต นิ่มรัตน์. 2548. การเปลี่ยนสภาพและการสะสมของสารไตรบิวทิลทินและสารตัวกลางในดินตะกอนภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน. ใน*เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 4*. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.
28. Nimrat, S., Wisuttiphaet, M. & Vuthiphandchai, V. 2004. Biodegradation of Tributyltin, Dibutyltin and Monobutyltin in Sediments. *Burapha Science Journal*, 9(1): 46-57.
29. Stewart, C. & De Mora, S.J. 1990. A review of the degradation of tri (n-butyl) tin in the marine Environment. *Environmental Technology*, 11: 565-70.
30. Wisuttiphaet, M., Vuthiphandchai, V., Mutuwan, V., Sawangwong, P. & Nimrat, S. 2004. Biodegradation of tributyltin and its metabolites in marine water Poster presentation in: Environmental Science, Technology and Management Conference, Nakhonnayok, Thailand, November 4-6, 2004. (In English)Shi, H.H., Huang, C.J., Zhu, S.X., Yu, X.J. & Xie, W.Y. 2005. Generalized system of imposex and reproductive failure in female gastropods of coastal waters of mainland China. *Marine Ecology Progress Series*, 304: 179-189.
31. Swennen, C., Ruttanadakul, S. Singh, H.R., Mensink, B.P. & ten Hallers-Tjabbes, C.C. 1997. Imposex in sublittoral and littoral gastropods from the gulf of thailand and strait of Malacca in relation to shipping.
32. Liu, L.L. & Suen, I.J. 1996. Prosobranch gastropod imposex in the west coast of Taiwan. *Venus*, 55 (3): 207-214.
33. จำลอง โตอ่อน. 2546. โครงสร้างประชาคมสัตว์ทะเลหน้าดินบริเวณอ่าวศรีราชาจังหวัดชลบุรี. *วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ (Section T)*, 4 (3): 213-232
34. Vasconcelos, P., Gaspar, M.B. & Castro, M. 2006. Imposex in Hexaplex (Trunculariopsis) trunculus (Grastropoda:Muricidae) from the Ria Formosa lagoon (Algarve coast-southern Portugal). *Marine Pollution Bulletin*, 52 (3): 337-341.

35. Bech, M., Strand, J. & Jacobsan, 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.
36. Nimrat, S. 2005. Contamination of TBT at shipyards and marinas in Thailand. In: The meeting with the expert from USEPA and implementation on the action plan for management of TBT compound, December 1-2, 2005, Century park hotel, Bangkok.
37. Nimrat, S. 2005b. Use of antifouling paint containing TBT in Thailand. In: The meeting with the expert from USEPA and implementation on the action plan for management of TBT compound, December 1-2, 2005, Century park hotel, Bangkok.
38. Nimrat, S. 2005. Waste and wastewater of antifouling paint containing TBT management in Thailand. In: The meeting with the expert from USEPA and implementation on the action plan for management of TBT compound, December 1-2, 2005, Century park hotel, Bangkok.