สถานการณ์การใช้สารไตรบิวทิลทินและการเกิด Imposex ของหอยกลุ่ม Gastropod ในประเทศไทย

Status of Tributyltin Utilization and Occurrence of Imposex in Thai Gastropods

สุบัณฑิต นิ่มรัตน์[1*] กณิกนันต์ ศรีสวัสดิ์[2] พงษ์รัตน์ ดำรงโรจน์วัฒนา[3] และ วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย[4]

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา โครงการวิทยาศาสตรสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

[2] โครงการวิทยาศาสตรสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

[3] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

[4] ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Subuntith Nimrat[1*], Kiniknun Srisawat[2], Pongrat Dumrongrojwattana[3] and Verapong Vuthiphandchai[4]

[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 Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้สีทาเรือที่มีสารไตรบิวทิลทินเป็นส่วนประกอบ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้สารไตรบิวทิลทินเกิดการปนเปื้อนออกสู่ระบบนิเวศแหล่งน้ำส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ โดยพบว่าสารไตรบิวทิลทินในปริมาณต่ำก็สามารถทำให้หอยฝาเดียวเกิดการ Imposex ซึ่งเป็นลักษณะที่ทำให้หอยเพศเมียมีการพัฒนาสร้างอวัยวะเพศผู้เทียม (pseudopenis) และจากการศึกษาสถานการณ์การเกิด Imposex ของหอยฝาเดียวในประเทศไทย พบว่าตัวอย่างหอยบริเวณ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี พบการเกิด Imposex ของหอยชนิด *Bursa rana, Murex* sp. และ *Nassarius livescens* เท่ากับ 100% และ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี พบหอย *Murex trapa* เกิด Imposex 100% นอกจากนี้ยังพบการเกิด Imposex จากตัวอย่างหอยบริเวณอ่าวปัตตานีดังนี้ *Bursa rana* 20%, *Hemifusus ternatanus* 20%, *Melo melo* 100%, *Murex tribulus* 86% และ *Phalium bisulcatum* 100% ดังนั้นการวัดปริมาณการปนเปื้อนของสารไตรบิวทิลทินและการศึกษาการเกิด Imposex ของหอยฝาเดียว รวมทั้งการจัดการควบคุมสารไตรบิวทิลทินจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากแหล่งน้ำเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำหลายชนิดรวมทั้งหอยฝาเดียวซึ่งถ้าสัตว์น้ำเหล่านี้ได้รับผลกระทบจากสารไตรบิวทิลทินอาจส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหารมายังมนุษย์ได้ในที่สุด

คำสำคัญ : สารไตรบิวทิลทิน / การเกิด Imposex / หอยกลุ่ม Gastropods / ประเทศไทย

*** Corresponding author.** Tel. 6638-745900 ext. 3120 E-mail: subunti@buu.ac.th

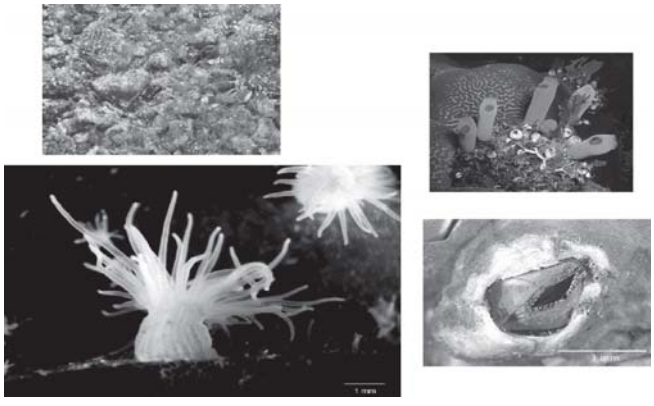
Abstract

In Thailand, anti-fouling paint containing tributyltin (TBT) is commonly used for ship application which is the major source of TBT contamination in aquatic ecosystems. TBT affects on several types of aquatic animals in the marine environment. Even low concentration of TBT induces the occurrence of pseudopenis (imposex) in gastropods. Surveys of imposex occurrence in the gastropods collected from Thai coastal areas were studied. *Bursa rana, Murex* sp. and *Nassarius livescens* collected from Sriracha District, Chonburi Province, showed 100% of imposex occurrence. In addition, imposex phenomenon was found *in Murex trapa* with 100% imposex in Banglamung District, Chonburi Province. However, *Bursa rana, Hemifusus ternatanus, Melo melo, Murex tribulus* and *Phalium bisulcatum* collected from Pattani Bay, Pattani Province showed the incidence of imposex with 20%, 20%, 100%, 86% and 100%, respectively. Therefore, the awareness of TBT contamination and the occurrence of imposex in the gastropods as well as management on the use of TBT products are required to study in order to minimize the risk of human consumption on TBT-contaminated gastropods.

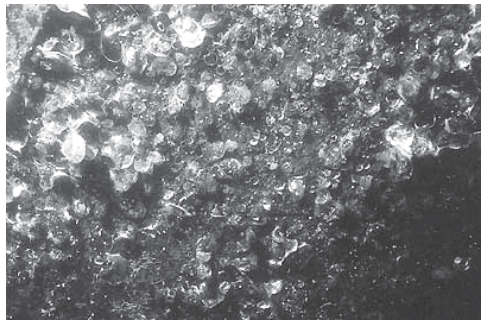
Keywords : Tributyltin (TBT), imposex, gastropods, Thailand

1. ความสำคัญและผลกระทบของสารไตรบิวทิลทินต่อการเกิด imposex

สารไตรบิวทิลทินหรือ Tributyltin (TBT) เป็นสารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่มีความสำคัญ มีการนำมาใช้ในกิจกรรมต่างๆ มากมายทั้งในด้านเกษตรกรรม ยกตัวอย่างเช่น สารฆ่าเชื้อรา สารฆ่าแบคทีเรีย สารกำจัดศัตรูพืชพวกหนอนชนิดต่างๆ และทางด้านอุตสาหกรรม เช่น ใช้เป็นสารรักษาเนื้อไม้ สารกันเพรียงที่ผสมในสีทาเรือ เป็นต้น (Snoeij *et al*., 1987; Huggett *et al*., 1992) โดยเฉพาะการนำเอาสารไตรบิวทิลทินมาใช้เป็นสารกันเพรียงช่วงปี ค.ศ. 1960 โดยได้มีการใช้สารชนิดนี้มากในรูปของสารไตรบิวทิลทินมาผสมสีที่ใช้ป้องกันสิ่งมีชีวิตประเภทเกาะติด และการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในสีทาเรือซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้สารไตรบิวทิลทินปนเปื้อนและสะสมในสิ่งแวดล้อม (Harino *et al*., 1997) (รูปที่ 1 และ 2)

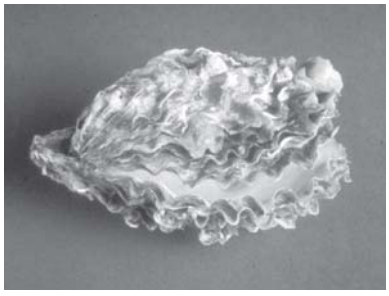


รูปที่ 1 ชนิดของเพรียงและสิ่งมีชีวิตเกาะกับฝาเรือ (Bryan, 2548)



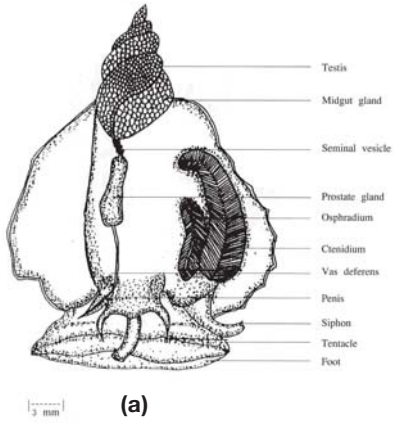
รูปที่ 2 การเกิดเพรียงและสิ่งมีชีวิตเกาะกับฝาเรือ (Bryan, 2548)

อย่างไรก็ตามเมื่อมีการนำมาใช้มากขึ้นทำให้มีการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยเฉพาะในระบบนิเวศแหล่งน้ำและเกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ (Fent and Hunn, 1991; Hugget *et al*., 1992; Harino *et al*., 1997; Kan-Artireklap *et al*., 1997) จากรายงานของ Bech (1999) พบว่าปริมาณสารไตรบิวทิลทินที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมทางทะเลเพิ่มขึ้นส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำหลายชนิด เช่น ทำให้เกิดความผิดปกติในระยะตัวอ่อนของหอยสองฝา และมีการแบ่งชั้นของเปลือกหอยเกิดขึ้นใหม่มากกว่า 10 ชั้น เปลือกหอยจึงมีรูปร่างลักษณะเปลี่ยนแปลงไปจนเป็นก้อนกลมเรียกว่า ball จนทำให้โพรงหรือช่องว่างที่อยู่ด้านในเล็กลงซึ่งแสดงดังรูปที่ 3 เนื้อเยื่อหอยที่อยู่ในเปลือกจึงมีขนาดเล็ก มีน้ำหนักน้อย และมีมูลค่าทางเศรษฐกิจลดลง ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อการเพาะเลี้ยงหอย (Stebbing, 1985; de Mora, 1996)



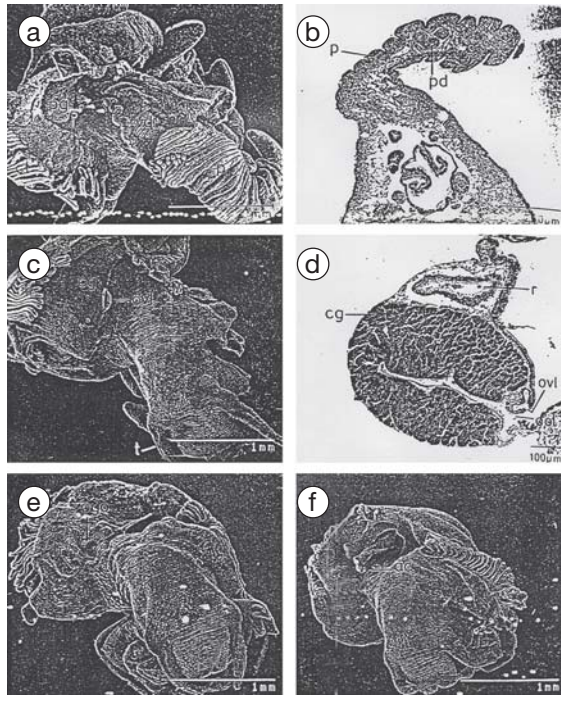
รูปที่ 3 เปลือกหอยที่หนาขึ้นจากการได้รับสารไตรบิวทิลทิน (Bryan, 2548)

นอกจากนั้นเมื่อมีการปนเปื้อนของสารไตรบิวทิลทิน แม้ในปริมาณต่ำๆ ก็สามารถทำให้หอยฝาเดียวเกิดการ Imposex ซึ่งเป็นลักษณะที่ทำให้หอยเพศเมียมีการพัฒนาสร้างอวัยวะเพศผู้เทียม (pseudopenis) ยื่นออกมาทำให้มีลักษณะคล้ายหอยเพศผู้ และโครงสร้างความแตกต่างของอวัยวะหอยฝาเดียวเพศเมีย และหอยฝาเดียวเพศผู้แสดงในรูปที่ 4 โดยในรูปที่ 4

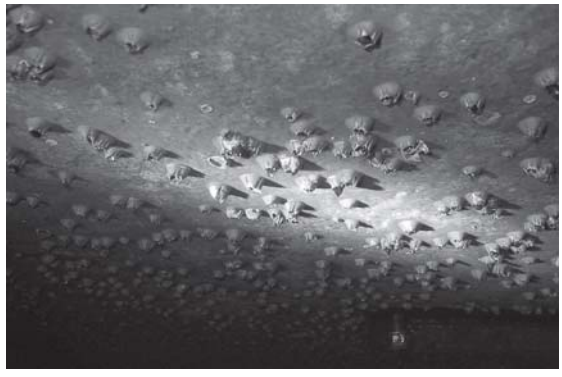


รูปที่ 4 การเปรียบเทียบระหว่างหอยเพศผู้และหอยเพศเมียของ *Babylonia areolata*
(a) *Babylonia areolata* เพศผู้
(b) *Babylonia areolata* เพศเมีย (นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์, 2545)

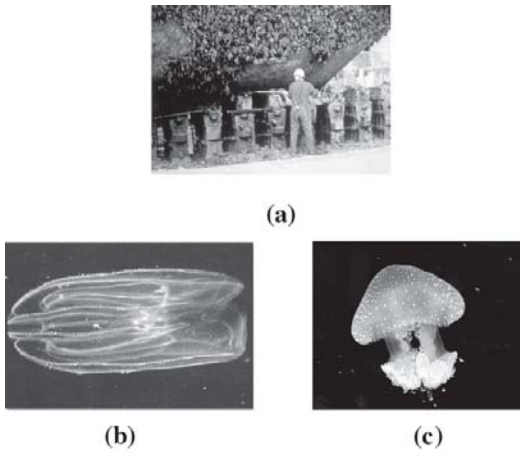
เป็นโครงสร้าง ของหอยฝาเดียวชนิด *Babylonia areolata* และลำดับขั้นการเกิด imposex ใน *Hydrobia ulvae* แสดงดังรูปที่ 5 และสำหรับรูปที่ 6 และ 7 จะแสดงการเกิดเพรียงเกาะบนตัวเรือและสิ่งมีชีวิตที่เกาะและเดินทางมากับตัวเรือ ตามลำดับ



รูปที่ 5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงการเกิด imposex ของหอย *Hydrobia ulvae* ในลำดับขั้นต่างๆ กัน (a-f) b และ d เป็นภาพตัดขวางของการเริ่มมีอวัยวะเพศผู้เทียม (penis primordium)
(Schulte-Oehlmann *et al*., 1997)



รูปที่ 6 การเกิดเพรียงเกาะบนตัวเรือ (Bryan, 2548)



รูปที่ 7 สิ่งมีชีวิตที่เกาะและเดินทางมากับตัวเรือ
(a) ลักษณะการเกาะของเพรียงบนตัวเรือ
(b) หวีวุ้น (Ctenophoran)
(c) แมงกะพรุน (Jelly fish) (Bryan, 2548)

สำหรับการควบคุมสีกันเพรียง ที่มีส่วนผสมของสารไตรบิวทิลทินนั้น มีสนธิสัญญาการห้ามใช้สีกันเพรียงที่มีสารไตรบิวทิลทินเป็นส่วนประกอบ(International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on ship, 2001 The Global Antifouling Treaty) ขององค์การทางทะเลระหว่างประเทศ (IMO: International Marine Organization) โดยมีสาระสำคัญคือ การห้ามไม่ให้พ่น/ทาสีกันเพรียงที่มีส่วนผสมของสารประกอบดีบุก และรณรงค์ให้บริษัทผลิตสีทั่วโลกเลิกผลิตทาสีกันเพรียง ที่มีส่วนผสมของสารประกอบดีบุก โดยเริ่มมีผลบังคับใช้ตั้งแต่ 1 ม.ค. 2546 ที่ผ่านมา และห้ามไม่ให้มีสีกันเพรียงที่มีส่วนผสมของสารประกอบดีบุกบนตัวเรือตั้งแต่ 1 ม.ค. 2551 โดยอนุโลมให้ใช้สีกันเพรียงที่ปราศจากดีบุกทาทับบนสีกันเพรียงที่มีสารประกอบดีบุก หลังจากวันที่ 1 ม.ค. 2551 ได้ ซึ่งจะเป็นการหยุดยั้งการใช้สารประกอบดีบุกในสีกันเพรียงโดยอัตโนมัติ สำหรับเรือรบ เรือช่วยรบ และเรือราชการที่ไม่ประกอบธุรกิจ ได้รับการยกเว้น ไม่อยู่ในข่ายต้องปฏิบัติตามอนุสัญญาดังกล่าว ซึ่งประเทศไทยยังไม่เป็นภาคีอนุสัญญา แต่เนื่องจากเรือพาณิชย์ จะต้องแล่นผ่านน่านน้ำประเทศต่างๆ จึงจำเป็นต้องมีการออกใบรับรอง จากกองตรวจเรือ กรมเจ้าท่า เพื่อรับรองว่าได้มีการใช้สีที่ปลอดดีบุก ในการซ่อมทำสีเรือ ตั้งแต่ 1 ม.ค. 2546 (กิ่งแก้ว แก้วกรรณ์, 2548)

2. Imposex

Imposex เป็นปรากฏการณ์เนื่องจากพิษสะสมของสารไตรบิวทิลทินและสารประกอบดีบุกอินทรีย์อื่นๆ เหนี่ยวนำให้หอยเพศเมียแสดงลักษณะหอยเพศผู้ คือมีอวัยวะเพศผู้เทียม (pseudopenis) และท่อนำสเปิร์ม (pseudovas deferens) เกิดขึ้น โดยสารไตรบิวทิลทินจะยับยั้ง aromatase activity และกระตุ้นการขับสาร ที่พัฒนาโครงสร้างของอวัยวะเพศผู้ (penial morphogetic factor) จากปมประสาทที่เท้า (pedal glanglia) ซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุมของ cerebropleura นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอร์โรน (testosterone) และระดับฮอร์โมนเอสตราไดออล์ (estradiol) ลดลงส่งผลให้ขนาดของอวัยวะเพศผู้เทียมในหอยเพศเมียเพิ่มขึ้น (Foale, 1993) นอกจากนี้สารไตรบิวทิลทินยังเป็นสารที่เป็นพิษต่อระบบประสาทและเกิดการสะสมในปมประสาทของหอยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเปปไทด์ฮอร์โมน ซึ่งเป็นฮอร์โมนควบคุมการการแสดงลักษณะเพศในหอยฝาเดียว และชักนำให้เกิด imposex ได้ในที่สุด (Eva and Particia, 2002)

อวัยวะที่เกิดขึ้นใหม่จากการที่หอยเพศเมียได้รับสารไตรบิวทิลทินนั้นจะไปขวางท่อนำไข่ ทำให้ท่อนำไข่อุดตัน หอยเพศเมียจึงเป็นหมันเพราะไม่สามารถวางไข่ได้ เมื่อไข่มีการสะสมมากขึ้นทำให้ท่อนำไข่แตก เป็นสาเหตุของการตายของหอยและจำนวนประชากรของหอยชนิดนั้นๆ ลดลง (Gibb and Bryan, 1996) เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรในระบบนิเวศ ดังที่มีรายงานถึงการลดลงของจำนวนประชากรหอยฝาเดียว *Nucella lapilus* ในภาคใต้ด้านตะวันตกของอังกฤษในช่วงทศวรรษ 1980 (Evans *et al*., 1995)

การเกิดการเปลี่ยนเพศ (Imposex) ในหอยฝาเดียวเพศเมียขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของสารไตรบิวทิลทินและสารประกอบดีบุกอินทรีย์อื่นๆ ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม โดยพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารไตรบิวทิลทิน แม้เพียงปริมาณน้อยๆ ก็สามารถทำให้เกิด imposex ในหอยเพศเมียได้ โดยความยาวของอวัยวะเพศผู้เทียมในหอยเพศเมียจะสั้น (< 0.25 มิลลิเมตร) ที่ความเข้มข้นของสารไตรบิวทิลทิน 0.5-1 นาโนกรัมต่อลิตร เมื่อมีความเข้มข้นของสารไตรบิวทิลทินสูงขึ้น (>5 นาโนกรัมต่อลิตร) อวัยวะเพศผู้เทียมจะมีขนาดยาวขึ้น (Nias *et al*., 1993; Tan, 1997) ซึ่งอวัยวะเพศผู้เทียมที่ยาวที่สุดที่เคยวัดได้คือ 18 มิลลิเมตรใน *Buccinum undatum* ในทะเลเหนือ (North sea) (Ten *et al*., 1994) ดังแสดงได้จากการศึกษาหอยฝาเดียว *Lepsiella vinosa* ในภาคใต้ของออสเตรเลีย (ตารางที่ 1) นอกจากนี้ยังพบว่าสาร bis(tributyltin)-oxide 60 นาโนกรัมต่อลิตร (TBT060) และ Triphenyltin acetate 20 นาโนกรัมต่อลิตร (TPhT 20) สามารถทำให้ *Thais clavigera* เกิด imposex ได้ภายในระยะเวลา 90 วัน

โดยพบว่าสาร TBT060 ทำให้เกิดอัตราการเจริญของอวัยวะเพศผู้เทียมในหอยเพศเมีย (RPS : Relative Penis Site) เป็น 19.3% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมในระยะเวลา 90 วัน และ TPhT 20 มีอัตราการเจริญของอวัยวะเพศผู้เทียมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญถึง 14.2% ซึ่งสามารถบ่งบอกได้ว่าสารไตรบิวทิลทินและสารไตรฟีนิลทินสามารถทำให้เกิด imposex ใน *T. clavigera* ได้ (Li-Lian Liu and Iu-Jiuan Suen, 1996)

ตารางที่ 1 การเกิดอวัยวะเพศผู้ใน *Lepsiella vinosa* ที่ความเข้มข้นของสารไตรบิวทิลทินต่างๆ กัน (Nias *et al*., 1993)

สารไตรบิวทิลทิน (นาโนกรัมต่อลิตร)	ความยาวเฉลี่ยของอวัยวะเพศผู้ในหอยเพศเมียที่เกิด imposex (มิลลิเมตร)
1	< 0.25
10	0.36
100	0.36
500	0.84

ในปี 1987 Gibbs และคณะได้ทำการศึกษาระดับของการเกิด imposex ในหอย *Nucella lapilus* ซึ่งลักษณะของโครงสร้างของหอยเพศผู้และหอยเพศเมียที่เกิด imposex ในหอย *Nucella lapilus* แสดงดังภาพที่ 8 และระดับของการเกิด imposexในหอย *Nucella lapillus* แสดงดังภาพที่ 9

ระดับที่ 0 : ระดับที่เพศเมียปกติไม่มีลักษณะของหอยเพศผู้ปรากฏที่สามารถมองเห็นได้ บริเวณปากท่อนำไข่ของหอยทากเพศเมีย ไม่มีเนื้อเยื่อมาอุดตัน หรือช่องเปิดเพศเมียอยู่ส่วนบนเห็นเด่นชัด

ระดับที่ 1 : เริ่มมีการพัฒนาส่วนที่คล้ายกับท่อนำอสุจิห่อหุ้มเนื้อเยื่อปากช่องเปิดเพศเมียภายในช่องท้องถึงตุ่มอวัยวะสืบพันธุ์

ระดับที่ 2 : การพัฒนาอวัยวะเพศผู้ในขั้นเริ่มต้นโดยการสร้างเป็นอวัยวะเพศผู้เล็กๆ บริเวณหลังหนวดข้างขวา

ระดับที่ 3 : อวัยวะเพศผู้มีขนาดเล็ก และเริ่มจะมีการพัฒนาตรงส่วนปลายของท่อนำอสุจิบริเวณฐานของอวัยวะเพศผู้

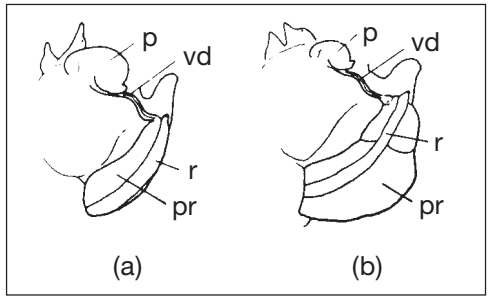
ระดับที่ 4 : ส่วนปลายท่อนำอสุจิบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียและอวัยวะเพศผู้มารวมกันและขนาดของอวัยวะเพศผู้มีขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับอวัยวะเพศผู้ในหอยตัวผู้

ระดับที่ 5 : ขนาดของท่อนำอสุจิขยายมากขึ้นปกคลุมอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย ทำให้ช่องเปิดเพศเมียมีขนาดเล็กลง หรือไม่สามารถมองเห็นได้

A : พบตุ่มเนื้อยื่นออกมาซึ่งอาจพบอยู่รอบอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย

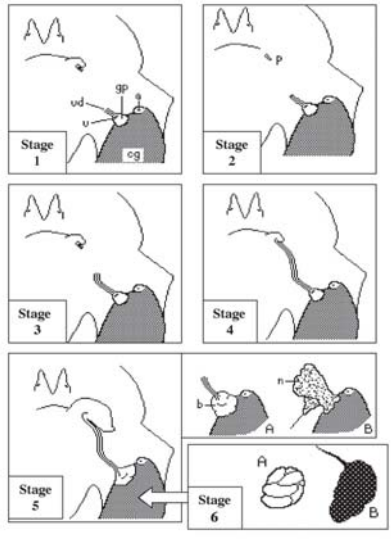
B : ตุ่มเนื้อเล็กๆ ได้มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

ระดับที่ 6 : ช่องภายในรังไข่ประกอบไปด้วยไข่ฝ่อ ซึ่งส่วนประกอบนี้อาจประกอบไปด้วยไข่เพียงใบเดียวหรือหลายใบซึ่งถูกอัดแน่นจนทำให้มีลักษณะที่เป็นฝ้าหรือเป็นเนื้อสีน้ำตาล



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบระหว่างหอยเพศผู้และหอยเพศเมียที่เกิด imposex ของ *Nucella lapillus* (de Mora, 1996)
(a) Nucella lapillus เพศผู้
(b) Nucella lapillus เพศเมียที่เกิด imposex

หมายเหตุ p คือ อวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ (penis)
vd คือ ท่อนำอสุจิ (vas deferens)
r คือ ไส้ตรง (rectum)
cg คือ ต่อมแคปซูล (capsule gland)

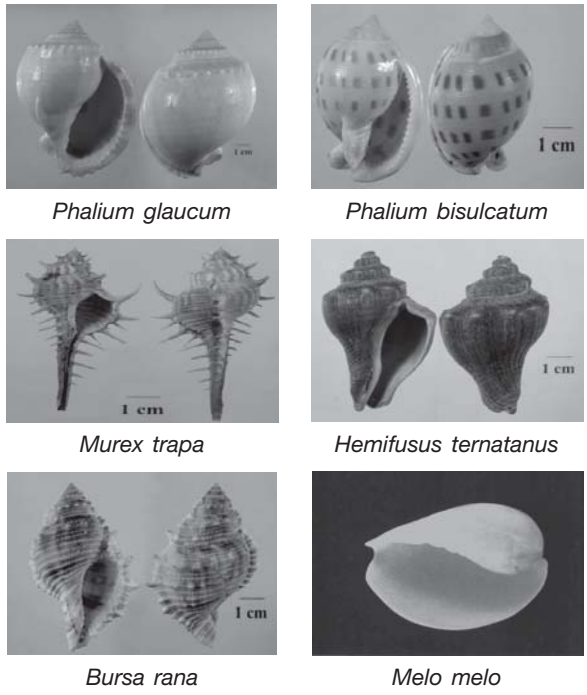


รูปที่ 9 การเกิด imposex 6 ลำดับขั้นของหอย *Nucella lapilus* (Gibbs *et al*., 1987)

หมายเหตุ a คือ รูก้น (anus)
b คือ เม็ดพอง (blister)
n คือ ตุ่มเล็กๆ (nodule)
p คือ อวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ (pseudo penis)
v คือ อวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย (vulva)
gp คือ ตุ่มอวัยวะสืบพันธุ์ (genital papilla)
vd คือ ท่อนำอสุจิ (pseudo vas deferens)

3. สถานการณ์ของการเกิด imposex ในประเทศไทย

Swennen ในปี ค.ศ. 1997 ได้ทำการศึกษารวบรวมเอกสาร เกี่ยวกับการปนเปื้อนสารไตรบิวทิลทิน ไดบิวทิลทินและโมโนบิวทิลทินที่ปนเปื้อนในน้ำทะเล ดินตะกอน หอยฝาเดียว รวมถึงการเกิด imposex ของหอยฝาเดียวบางชนิดในประเทศไทย (Swennen *et al*., 1997) ซึ่งรูปที่ 10 ได้แสดงถึงหอยฝาเดียวที่พบว่าเกิด imposex ในเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างกัน ดังสรุปในตารางที่ 2



Phalium glaucum *Phalium bisulcatum*

Murex trapa *Hemifusus ternatanus*

Bursa rana *Melo melo*

รูปที่ 10 ตัวอย่างหอยฝาเดียวที่พบการเกิด imposex ในประเทศไทย
(ภาพโดย พงษ์รัตน์ ดำรงโรจน์วัฒนา)

ตารางที่ 2 การเกิด imposex ของหอยในประเทศไทย (Swennen *et al*., 1997)

หอยที่เกิด Imposex	สถานการณ์การเกิด imposex ของหอยฝาเดียว (%)									
	ชลบุรี						ปัตตานี			นราธิวาส
	บ้านอำเภอ	ตำบลนาจอม	บางละมุง	ศรีราชา	เกาะสีชัง	อ่างศิลา	บางตะวา	อ่าวปัตตานี	แหลมตาชัย	
Babylonia areolata	87	-	-	-	-	-	2	-	-	-
Bursa rana	-	-	-	100	-	-	-	20	-	-
Cymbiola nobilis	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-
Hemifusus ternatanus	86	-	-	-	-	60	-	20	-	3
Melo Melo	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-
Murex sp.	17	25	-	100	-	-	-	-	-	-
Murex trapa	-	-	100	-	100	94	-	-	-	-
Murex tribulus	-	-	-	-	-	-	-	86	-	-
Nassarius livescens	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-
Nassarius stolatus	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-
Phalium bisulcatum	-	-	-	-	33	-	-	100	-	-
Thais lacera	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-

หมายเหตุ :- คือ ไม่มีการศึกษา

การบ่งบอกถึงการเกิด imposex ในหอยชนิดต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์การเกิด imposex ตั้งแต่ 3-100 % ในจังหวัดชลบุรี ปัตตานี และนราธิวาส

ปัจจุบันประเทศไทยยังคงมีการใช้สีทาเรือที่อาจจะมีสารไตรบิวทิลทินเป็นส่วนประกอบจึงทำให้มีการตกค้างและปลดปล่อยสารไตรบิวทิลทินออกสู่สิ่งแวดล้อมในปริมาณมาก ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมจึงตามมาและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มความรุนแรงยิ่งขึ้นถ้าหากไม่มีการป้องกันและศึกษาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากปัญหานั้นๆ อย่างจริงจัง ดังนั้น การวัดปริมาณการปนเปื้อนของสารไตรบิวทิลทินในแหล่งน้ำ ดินตะกอน และหอย รวมทั้งการศึกษาการเกิด imposex ของหอยฝาเดียวเพศเมีย ในบริเวณที่คาดว่ามีการปนเปื้อนของสารไตรบิวทิลทิน เช่น บริเวณท่าเทียบเรือ เส้นทางเดินเรือขนาดใหญ่ และอู่ต่อซ่อมเรือ การวัดผลกระทบของสารพิษต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ รวมทั้งการจัดการควบคุมสารไตรบิวทิลทิน จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะในแหล่งน้ำเป็นต้นกำเนิดของห่วงโซ่อาหารต่างๆ จำนวนมาก และเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำเศรษฐกิจหลายชนิด และต่อเนื่องมายังมนุษย์ในที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กิ่งแก้ว แก้วกรรณ์. 2548. การใช้สีกันเพรียงสำหรับเรือรบในกองทัพเรือไทย. ในรายงานการประชุมวิชาการสถานการณ์และการจัดการสารประกอบดีบุกอินทรีย์ชนิดไตรบิวทิลทินในประเทศไทยวันที่ 7-8 มิถุนายน 2548 ณ โรงแรม เดอะ ทวิน ทาวเวอร์ (หน้า 1/3). กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ.

นิลนาจ ชัยชนาวิสุทธิ์ และศิรุษา กฤษณะพันธุ์. 2545. คู่มือการเพาะเลี้ยงหอยหวาน: หลักการและแนวปฏิบัติ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 3-12 หน้า

Bech, M. 1999. Increasing levels of Tributyltin-induced Imposex in Muricid Gastropods at Phuket Island, Thailand. *Applied Organometallic Chemistry,* 13: 799-804.

Bryan, W. 2548. The Global Anti-Fouling Treaty: Implementation Issues and Its Impact on the Market. The Proceeding of The Conference MANAGEMENT AND MONITORING OF ORGANOTIN COMPOUNDS IN THAILAND.

de Mora, S.J. 1996. The Tributyltin in debate: ocean transportation verus seafood harvesting. *In tributyltin: case study of and environmental contaminant.* de Mora, S.J. (editor). Great Britain: Cambridge university Press.

Eva Oberdorster and Patricia McClellan-Green. 2002. Mechaisms of imposex inductio in the mud snail, *Ilynassa obsoleta* : TBT as a neurotoxin and aromatase inhibitor. *Marine Environmental Research* 54: 715-718.

Evan, S.M., Dowson, M., Day, J., Frid, C.J., Gil, M.E., Pattisina, L.A. and Porter, J. 1995. Domestic Waste and TBT Pollution in Coastal Areas of Ambon Island (Eastern Indonesia). *Marine Pollution Bulletin,* 30(2): 109-115.

Fent, K. and Hunn, J. 1991. Phenyltin in water, sediment, and biota of freshwater marinas. *Environmental Science and Technology,* 25: 956-963.

Foale, S. 1993. An Evaluation of the Potential of Gastropod Imposex as a Bioindicator of Tributytin Polution in Port Phillip Bay, Victoria. *Marine Pollution Bulletin,* 26(10): 546-552

Gibbs, P.E. and Bryan, G.W. 1996. TBT-induced imposex in negastropod snails: mascuinizatio to mass extinction. *In Tributyltin: case study of and environmenta contaminant.* De Mora, (editor). Great Britain: Cambridge University Press

Gib, P.G., Bryan, G.W., Pascoe, P.L. and Burton, G.R. 1987. The use of the dog-whelk, *Nucella lapillus*, as an indicator of tri-n-butyltin (TBT) contamination. *J. Mar. Biol. Ass. UK,* 67: 507-523.

Harino, H., Fukushima, M., Kurokawa, Y. and Kawai, S. 1997. Degradation of the tributyltin compounds by The Microorganisms in Water and Sediment collected from The Harbour area of Osaka city, Japan. *Environmantal Pollution,* 98(2): 163-167.

Huggett, R.J., Unger, M.A., Seligmann, P.F. and Valkin, O. 1992. The marine biocide tributyltin. *Environmental Science and Technology,* 26: 232-237.

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

Kan-Artireklap, S., Tanabe, S., Sanguansin, J., Tabucanon, M.S. and Hungspreugs, M. 1997. Contamination by butyltin compounds and organochlorine residues in green mussel (*Perna viridis,* L.) from Thailand coastal waters. *Environmental Pollution,* 97(1-2): 79-89.

Li-Lian Liu and Iu-Jiuan Suen. 1996. Organotin Promoting the Deveopmet of Imposex in the Oyster Dril *Thais clavigera*. *J. Fish. Soc. Taiwan,* 23(2): 149-154.

Nias, J.D., McKillup, S.C. and Edyvane, K.S. 1993. Imposex in Lepsiea vinosa from Southern Austraia. *Marine Pollution Bulletin,* 26(7): 380-384.

Schute-Oehlmann, U., Oehlmann, J., Fioroni, P. and Bauer, B. 1997. Imposex and reproductive failure in *Hydrobia ulvae* (Gastropoda: *Prosobranchia*). *Marine Pollution Bulletin,* 128 (2): 257-266.

Snoeij, N.J., Penninks, A.H. and Seinen, W. 1987. Biological activity of organotin compounds-An overview. *Environmental Research,* 44: 335-353.

Stebbing, A.R.D. 1985. Organotins and Water Quality-Some Lessons to be Learned. *Marine Pollution Bulletin,* 16(10): 363-389.

Swennen, C., Ruttanadakul, S., Singh, H.R., Mensink, B.P. and Hallers-Tjabbes, C.C. 1997. Imposex in Sublittoral and Litttoral Gastropods from the Gulf of Thailand and Strait of Malacca in Relation to Shipping. *Environmental Technology,* 18: 1245-1254.

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.

Ten Halers-tjabbes, C.C., Kemp J.F. and Boon, J.P. 1994. Imposex in Whelks *(Buccinum undatum)* from the Open orth Sea: Reation to Shipping Traffic Intensities. *Marine Pollution Bulletin,* 258(5): 311-313.