บทที่ 2

การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ปะการังเขากวาง *Acropora* spp. ในธรรมชาติ

ในการเพาะขยายพันธุ์และ/หรือการเพาะเลี้ยงสิ่งมีชีวิตต่างๆ จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีความเข้าใจถึงชีววิทยาการสืบพันธุ์ (reproductive biology) ประวัติชีวิต (life history) และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตนั้น ดังนั้น การศึกษาอัตรารอดและการเติบโตของตัวอ่อนปะการังเขากวาง *Acropora* spp. ในระบบเลี้ยงครั้งนี้ จึงได้ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นที่จำเป็น เช่น วงจรการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ รวมถึง ช่วงเวลาและวิธีการในการเก็บเซลล์สืบพันธุ์ เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ ทั้งปัจจัยทางกายภาพ ชีวภาพ รวมถึงปัจจัยเฉพาะของพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง จากข้อมูลการศึกษาภายในประเทศมีจำกัด เพื่อนำเซลล์สืบพันธุ์ที่ได้จากธรรมชาติมาทำการปฏิสนธิและอนุบาลต่อในระบบเลี้ยงต่อไป

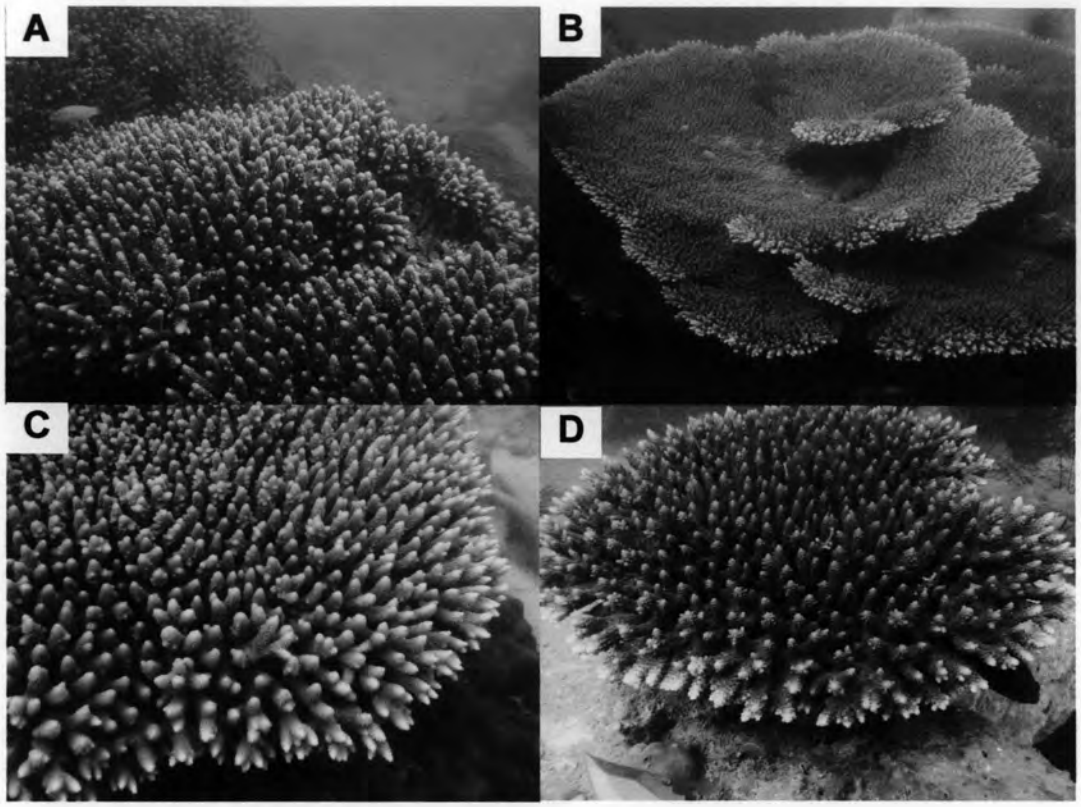
2.1 วิธีดำเนินการวิจัย

2.1.1 ชนิดของปะการังที่ใช้ในการศึกษา

ศึกษาการสร้างและการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังเขากวาง *Acropora* spp. (staghorn corals) จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ *Acropora humilis*, *Acropora hyacinthus*, *Acropora millepora* และ *Acropora nasuta* (รูปที่ 2.1) ซึ่งเป็นกลุ่มปะการังที่พบกระจายทั่วไปในพื้นที่ศึกษา

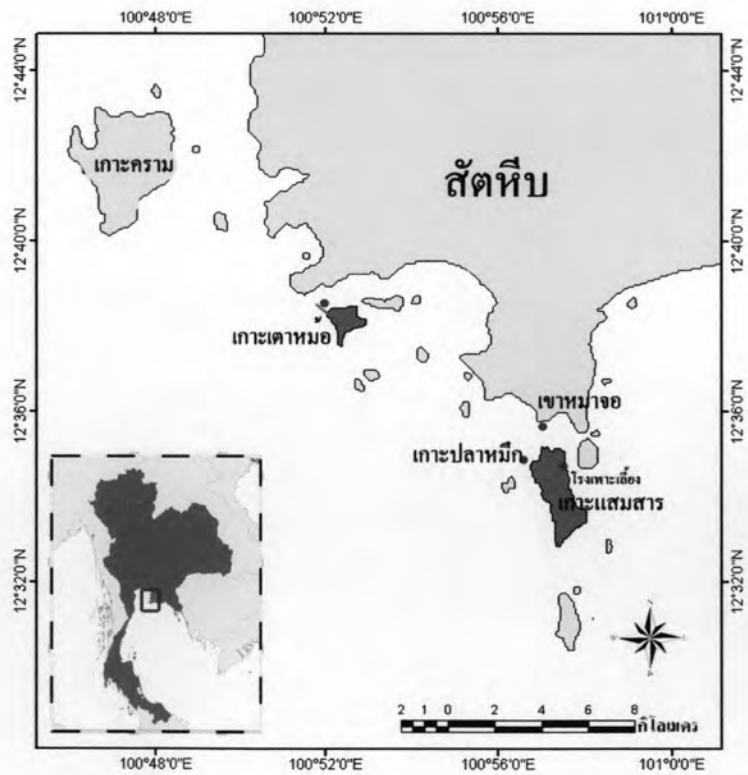
2.1.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ทำการศึกษา ได้แก่ แนวปะการังบริเวณอ่าวสัตหีบ จังหวัดชลบุรี รวม 3 พื้นที่ คือ 1) ปะการังที่ขึ้นบนแนวกันคลื่นด้านทิศตะวันออกของเกาะเตาหม้อ (TMO) 2) แนวปะการังเขาหมาจอ (MCHO) และ 3) แนวปะการังเกาะปลาหมึก (MUK) ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 ชนิดของปะการังที่ใช้ในการศึกษา

A: *Acropora humilis*; B: *Acropora hyacinthus*; C: *Acropora millepora* และ D: *Acropora nasuta*



รูปที่ 2.2 พื้นที่ศึกษา

2.1.3 ขั้นตอนการศึกษา

แบ่งขั้นตอนการศึกษาตามระยะพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ปะการัง รวม 3 ระยะ ได้แก่ 1) ระยะการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง 2) ระยะการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ปะการัง และ 3) ระยะหลังการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ปะการังสู่มวลน้ำ โดยทำการศึกษาทั้งในธรรมชาติและ/หรือห้องปฏิบัติการ

2.1.3.1 ระยะการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง (gamete development stage)

(1) การติดตามการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในธรรมชาติ

ศึกษาการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังในธรรมชาติโดยการดำสำรวจใต้น้ำแบบ SCUBA diving เดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 2 รอบปี (2548/2549 และ 2549/2550) แบ่งเป็นติดตามการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง *Acropora humilis*, *Acropora millepora* และ *Acropora nasuta* ชนิดละ 25 – 45 โคโลนี ที่บริเวณแนวกันคลื่น เกาะเตาหม้อ ในรอบปี 2548/2549 และ 2549/2550 และติดตามปะการัง *Acropora hyacinthus* ที่บริเวณแนวปะการังเกาะปลาหมึก 3 โคโลนี และ เขาหมาจอ 4 โคโลนี ในรอบปี 2549/2550 การตรวจสอบพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ใช้วิธีหักบริเวณปลายกิ่งของปะการัง พร้อมสังเกตเซลล์สืบพันธุ์ที่พบซึ่งสามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า (Wallace, 1985; Harrison and Wallace, 1990) โดยการสังเกตสีของเซลล์ไข่บริเวณเนื้อเยื่อชั้น mesentery แบ่งระยะการพบและการเปลี่ยนสีของเซลล์ไข่ออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ 1) ไม่พบเซลล์ไข่ 2) พบเซลล์ไข่สีขาว และ 3) พบเซลล์ไข่ที่เปลี่ยนเป็นสีเข้มหรือชัดขึ้น ทั้งนี้เซลล์ไข่ของปะการังที่มีพัฒนาการและเจริญเต็มที่จะมีการเปลี่ยนสีจากสีขาว เป็นสีชมพู แดง น้ำตาล หรือ เขียว ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจน โดยสีที่เปลี่ยนนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของปะการัง (Harrison *et al.*, 1984; Oliver *et al.*, 1988)

(2) การศึกษาพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ในห้องปฏิบัติการ

การศึกษาพัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ในห้องปฏิบัติการดำเนินการโดยเก็บชิ้นส่วนของกิ่งปะการัง *Acropora humilis* และ *Acropora millepora* ชนิดละ 5 โคโลนี โคโลนีละ 5 กิ่ง ภายหลังการสังเกตพบเซลล์สืบพันธุ์ นำชิ้นส่วนดังกล่าวมาเก็บรักษาในสารละลาย 10% ฟอร์มาลินในน้ำทะเล จากนั้นนำมาสลายแคลเซียม (decalcification) ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้สารละลายกรดฟอร์มิก-โซเดียมซิเทรต (formic acid-sodium citrate solution) เพื่อศึกษาพัฒนาการของเซลล์ไข่

วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเซลล์ไข่และประเมินความดกไข่ (fecundity) ต่อโพลิบขณะที่เซลล์ไข่มีพัฒนาการภายในโพลิบ ทั้งนี้ สุ่มวัดขนาดของเซลล์ไข่และประเมินความดกไข่จากโพลิบจำนวน 3 โพลิบในตัวอย่างข้างต้น โดยวัดขนาดของเซลล์ไข่ทุกเดือนภายหลังพบเซลล์สืบพันธุ์ และประเมินความดกของไข่เฉพาะเดือนสุดท้ายก่อนปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

2.1.3.2 **ระยะการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง** (spawning stage)

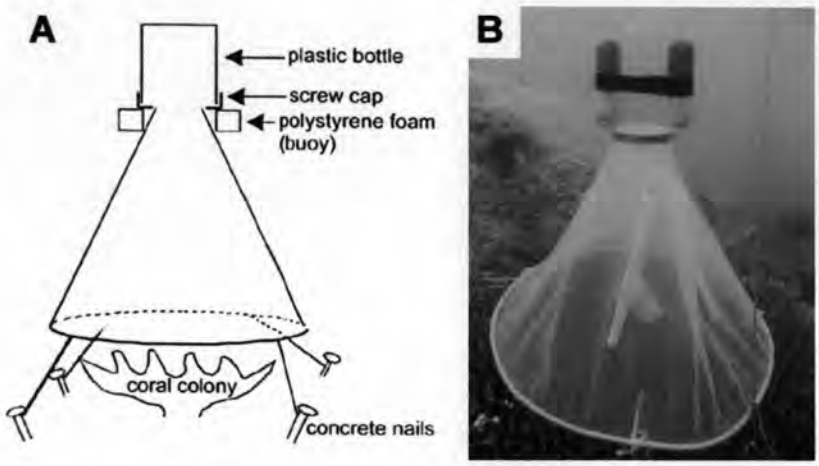
หลังจากที่เซลล์ไข่ของปะการัง *Acropora* มีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์จากการสังเกตสีของไข่ที่เปลี่ยนให้เห็นอย่างชัดเจน การเปลี่ยนสีดังกล่าวบ่งบอกถึงกำหนดการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังที่ใกล้เข้ามา (Hatta *et al*., 2004) ทั้งนี้ ความพร้อมของเซลล์สืบพันธุ์จะสมบูรณ์สูงสุดเมื่อสังเกตเห็นถุงสเปิร์ม (sperm packet) ของปะการัง ที่ทำให้คาดการณ์ช่วงเวลาที่ปะการังทำการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกสู่มวลน้ำ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับวิถีของดวงจันทร์ในช่วงเวลาหลังข้างขึ้น/แรม 15 ค่ำ ถัดไป (Richmond and Hunter; 1990) ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงเฝ้าติดตามการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังทั้ง 4 ชนิด ด้วยการดำสำรวจใต้น้ำแบบ SCUBA diving ในพื้นที่ศึกษา ระหว่างเวลา 1700 – 2100 น. ตั้งแต่แรมหรือขึ้น 1 ค่ำ ภายหลังการพบถุงสเปิร์ม จนกระทั่งปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ บันทึกช่วงเวลาที่สามารถสังเกตเห็นฝักของเซลล์สืบพันธุ์ (bundle) ที่พร้อมปล่อยออกสู่มวลน้ำ ซึ่งอยู่บริเวณปากโพลิบ ที่เรียกว่า setting time รวมถึง เวลาที่ปะการังเริ่มปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (spawning time) และเวลาที่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์แล้วเสร็จ (finishing time)

2.1.3.3 **ระยะหลังการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสู่มวลน้ำ**

(1) **ลักษณะของเซลล์สืบพันธุ์ปะการังระยะหลังการปล่อยสู่มวลน้ำ**

ศึกษาลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ปะการัง *Acropora* ทั้ง 4 ชนิด ในรอบปี 2549/2550 หลังการปล่อยสู่มวลน้ำ โดยใช้วิธีการและอุปกรณ์เก็บเซลล์สืบพันธุ์ (gamete collector) ที่ดัดแปลงมาจาก Kitada (2002) อุปกรณ์ดังกล่าวใช้โครงสแตนเลสทำเป็นห่วงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร เย็บติดกับตาข่ายโพลีเอททีลีน (polyethylene) ขนาดตา 300 ไมโครเมตร ส่วนบนต่อกับกระบอกพลาสติกที่ใช้เป็นส่วนที่เก็บเซลล์สืบพันธุ์ (รูปที่ 2.3) วางอุปกรณ์เก็บเซลล์สืบพันธุ์บนส่วนของโคโลนีปะการังที่มีขนาดความกว้างสูงสุดมากกว่า 40 เซนติเมตร ติดตามการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังจำนวน 2 – 30 โคโลนีขึ้นอยู่กับจำนวนปะการังในแต่ละพื้นที่ เมื่อปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เรียบร้อย จึงเก็บเซลล์สืบพันธุ์โดยการปิดส่วนกระบอกเก็บเซลล์สืบพันธุ์ขณะ

อยู่ใต้น้ำ ทำการเคลื่อนย้ายขึ้นจากน้ำและนำมาบรรจุในถังอนุบาล ณ โรงเพาะขยายพันธุ์ปะการังชั่วคราว อย่างระมัดระวัง ทั้งนี้ เก็บอุปกรณ์เก็บเซลล์สืบพันธุ์ทุกครั้งหลังเก็บสืบพันธุ์ รวมถึงในกรณีที่ไม่พบการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังด้วย เพื่อหลีกเลี่ยงการทำความเสียหายต่อปะการัง



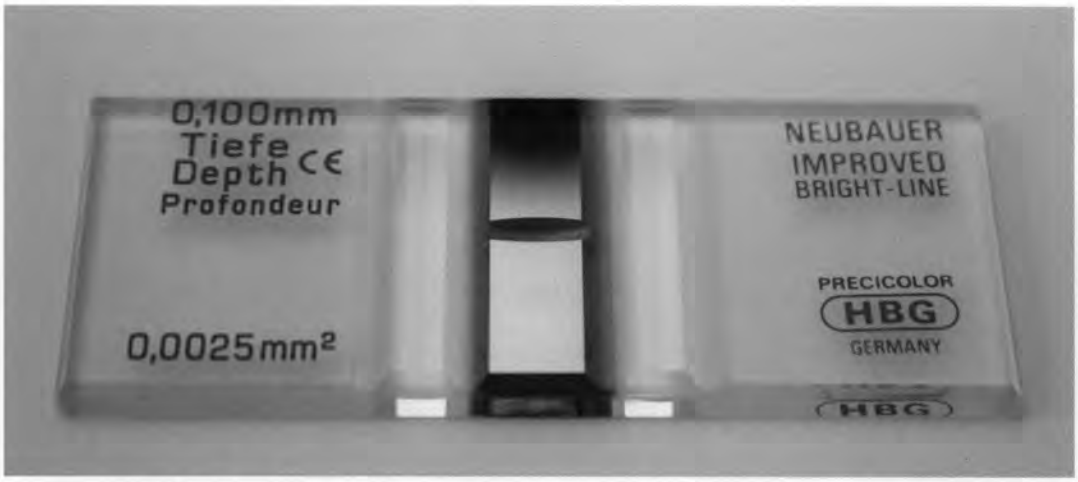
รูปที่ 2.3 อุปกรณ์เก็บเซลล์สืบพันธุ์ปะการัง

A: อุปกรณ์เก็บเซลล์สืบพันธุ์ปะการังของ Kitada (2002) และ B: อุปกรณ์เก็บเซลล์สืบพันธุ์ที่ใช้ในการศึกษา

(2) **ขนาดของเซลล์สืบพันธุ์ ความดกของไข่ และความหนาแน่นของสเปิร์ม**

นำฝักเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง *Acropora humilis* จำนวน 10 โคโลนี และ *Acropora millepora* จำนวน 2 โคโลนี มาบรรจุแยกกันในถังอนุบาลขนาด 200 ลิตร สุ่มเก็บตัวอย่างฝักเซลล์สืบพันธุ์ดังกล่าวจำนวน 21 และ 13 ฝัก ตามลำดับ มาศึกษาขนาด ความดกของไข่ และความหนาแน่นของสเปิร์มที่อยู่ภายในฝักเซลล์สืบพันธุ์ดังกล่าว นอกจากนั้น ทำการศึกษาขนาดของไข่ของปะการัง *Acropora* ทั้ง 4 ชนิด (ชนิดละ 2 – 10 โคโลนี) ภายหลังที่เซลล์ไข่ได้แตกตัวจากฝักของเซลล์สืบพันธุ์ก่อนทำการปฏิสนธิกับสเปิร์ม

การประเมินความหนาแน่นของสเปิร์ม ใช้ hemacytometer ชนิด improved neubauer hemacytometer (รูปที่ 2.4) โดยสุ่มเก็บตัวอย่างฝักของเซลล์สืบพันธุ์ลงในขวดเก็บตัวอย่างที่บรรจุน้ำทะเลปริมาตร 8 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ ให้ก้อนของเซลล์สืบพันธุ์แตกออกจากกัน เติมน้ำกลั่นปริมาตร 2 มิลลิลิตร เพื่อยับยั้งการเคลื่อนที่ของสเปิร์ม จากนั้นจึงนับความหนาแน่นของสเปิร์มบนแผ่นสไลด์ และนำมาคำนวณกลับเป็นจำนวนเซลล์ต่อฝักของเซลล์สืบพันธุ์



รูปที่ 2.4 hemacytometer ชนิด improved neubauer hemacytometer

2.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ One Way ANOVA และ Tukey-Pairwise Mean Comparison เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความดกไข่ในโพลิปปะการังระหว่างปะการังแต่ละชนิดที่ทำการศึกษา

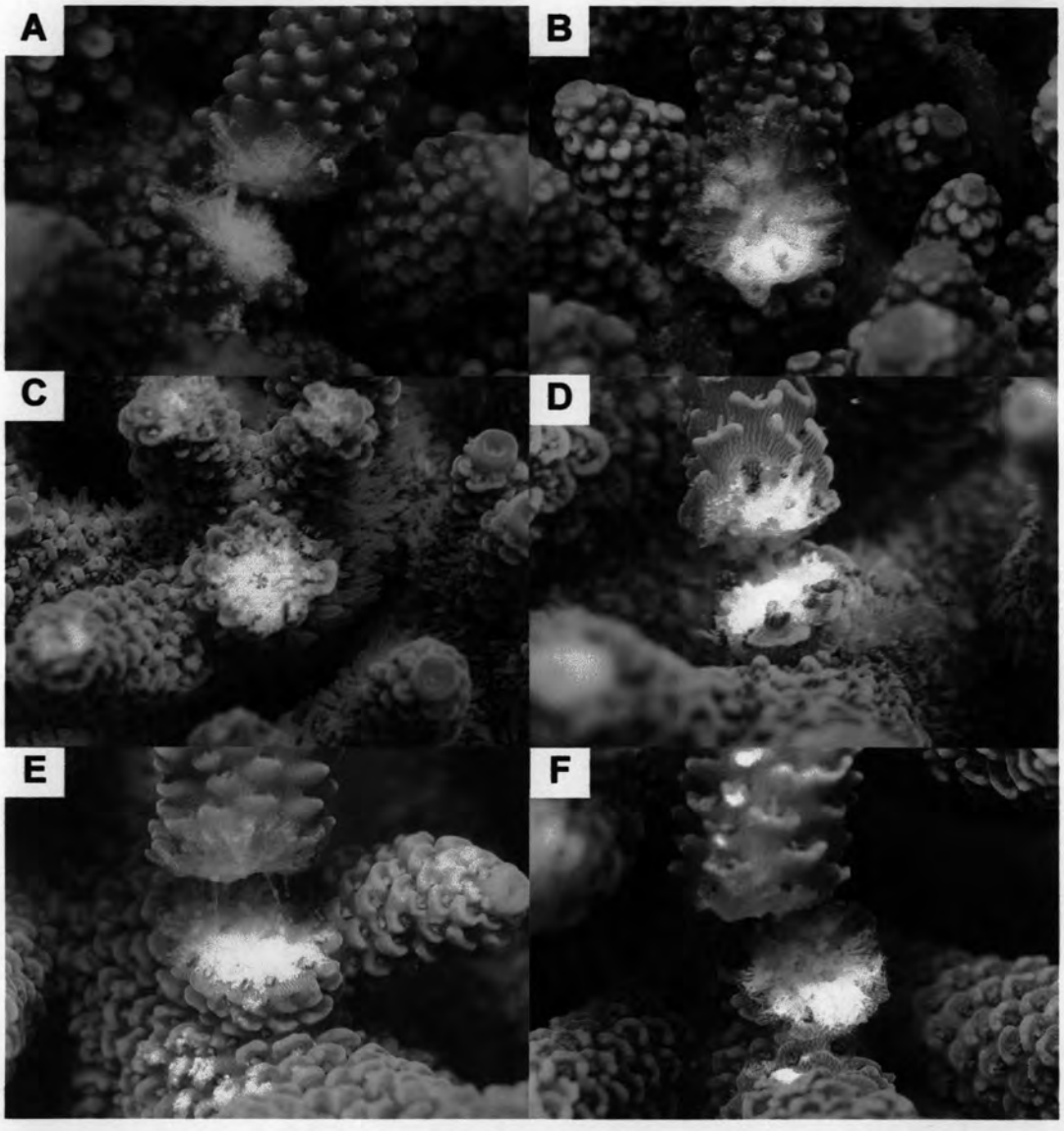
2.2 ผลการศึกษา

2.2.1 ระยะการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง

2.2.1.1 พัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ปะการังในธรรมชาติ

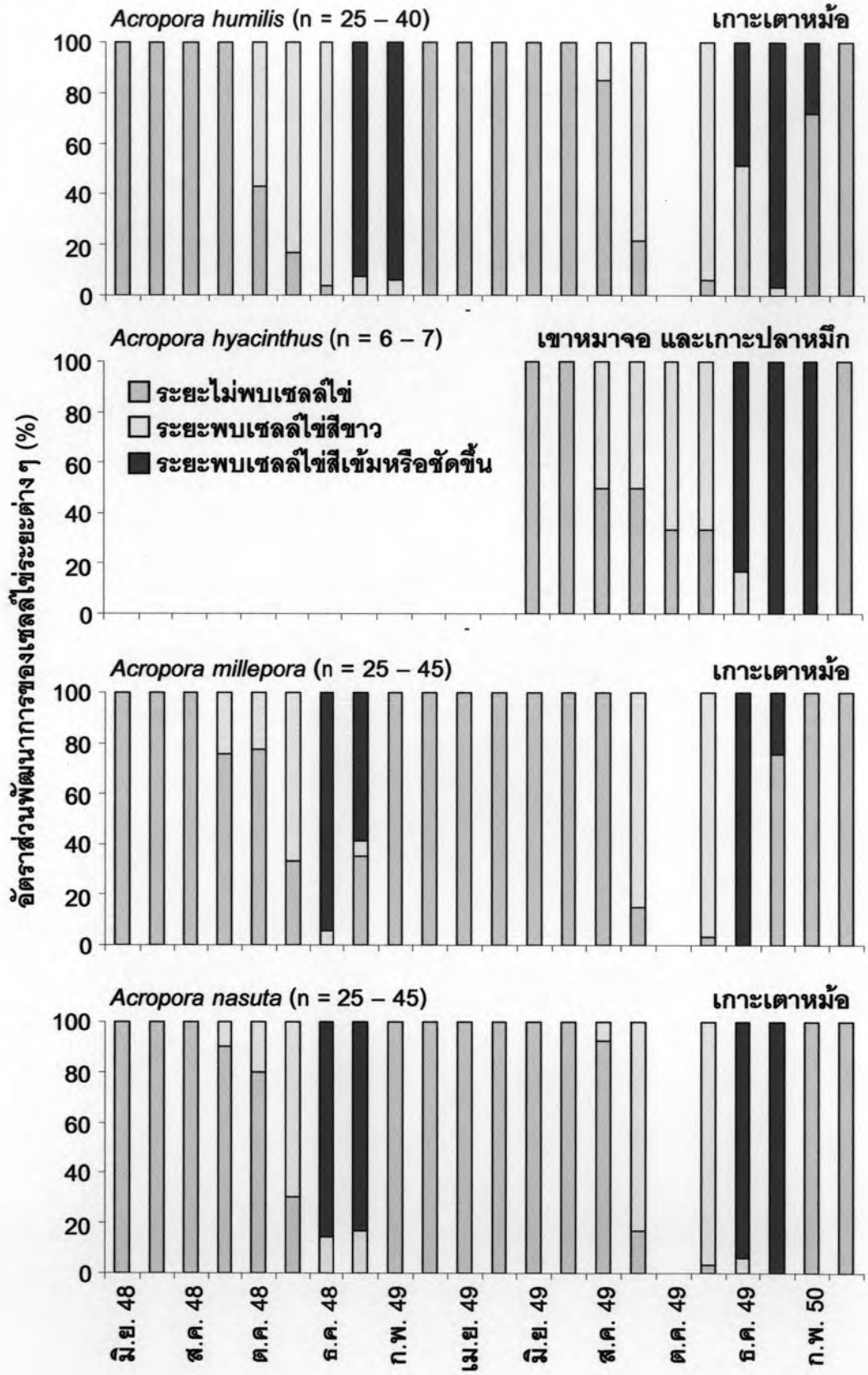
ผลการสังเกตสีของเซลล์สืบพันธุ์ปะการังด้วยสายตาในพื้นที่ศึกษาแสดงในรูปที่ 2.5 พบว่าปะการัง *Acropora* ทั้ง 4 ชนิด มีช่วงเวลาพัฒนาการเซลล์สืบพันธุ์ในระยะที่ใกล้เคียงกันในแต่ละระยะ (รูปที่ 2.6) โดยใช้เวลาทั้งสิ้นในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ประมาณ 5–6 เดือน ทั้งนี้ พบเซลล์ไข่สีขาวของปะการัง *Acropora millepora* และ *Acropora nasuta* ครั้งแรกในช่วงเดือนกันยายน และเซลล์ไข่เปลี่ยนเป็นสีชมพูในเดือนธันวาคม จากนั้นจึงปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ของปีต่อมา สำหรับการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง *Acropora humilis* และ *Acropora hyacinthus* สามารถสังเกตเห็นภายหลังปะการัง 2 ชนิดแรกประมาณ 1

เดือน โดยเริ่มมองเห็นเซลล์ไข่สีขาวในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน เซลล์ไข่เปลี่ยนเป็นสีชมพูในเดือนธันวาคม และปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคมของปีต่อมา ทั้งนี้ ก่อนปะการังทำการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ประมาณ 1 เดือน สามารถสังเกตพบถุงสเปิร์มสีขาวแทรกอยู่ในโพลิบของปะการังได้อย่างชัดเจน (รูปที่ 2.7)

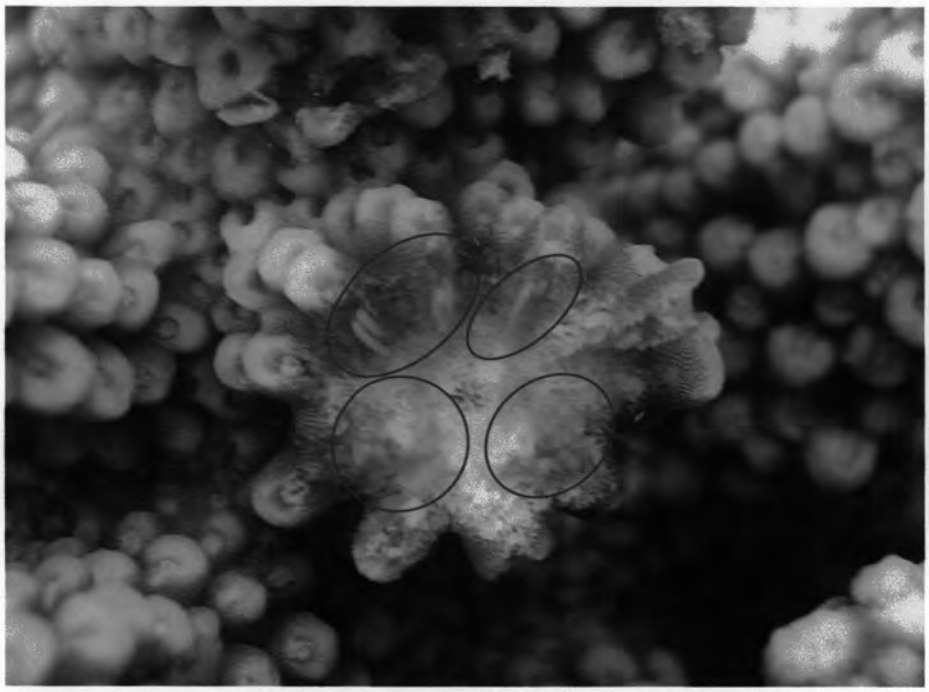


รูปที่ 2.5 ระยะของเซลล์ไข่ปะการังที่เป็นสีขาวและสีชมพูจากการสังเกตด้วยสายตาใต้น้ำ

A: เซลล์ไข่ปะการัง *Acropora humilis* สีขาว และ B: สีชมพู; C: เซลล์ไข่ปะการัง *Acropora hyacinthus* สีขาว และ D: สีชมพู; และ E: เซลล์ไข่ปะการัง *Acropora millepora* สีขาว และ F: สีชมพู



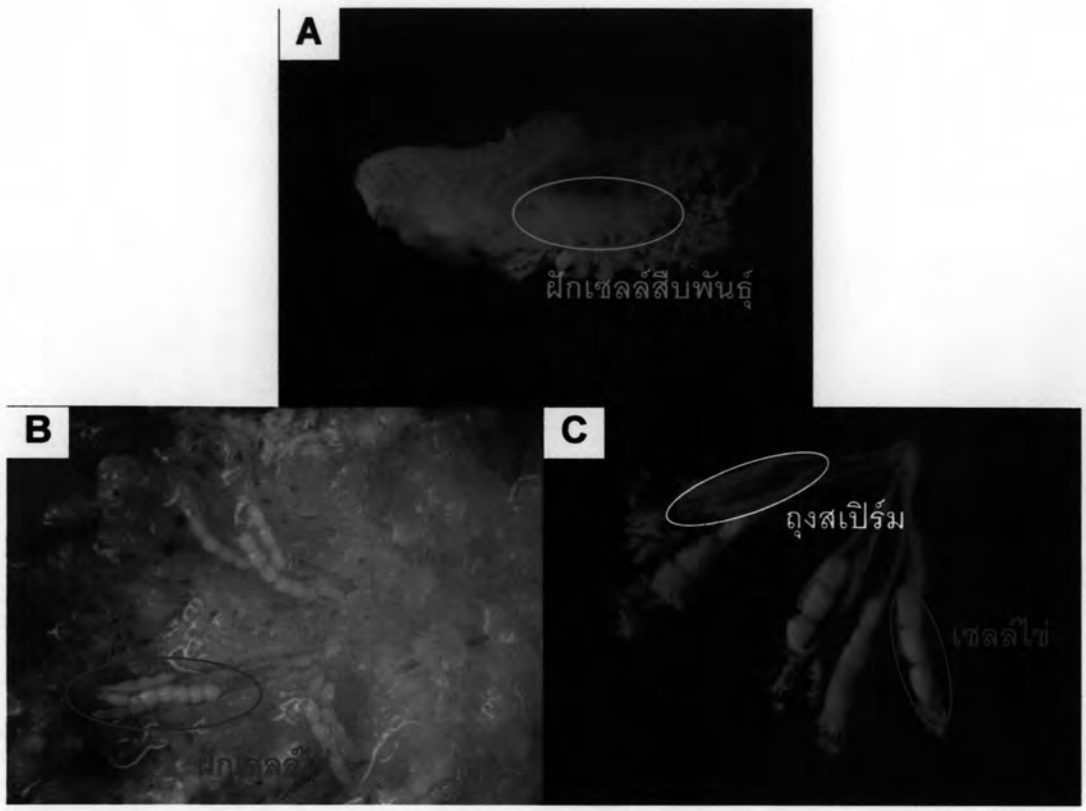
รูปที่ 2.6 อัตราส่วนของเซลล์ไข่ปะการังระยะต่างๆ ที่พบและไม่พบจากการติดตามในรอบปี 2548/2549 และ 2549/2550



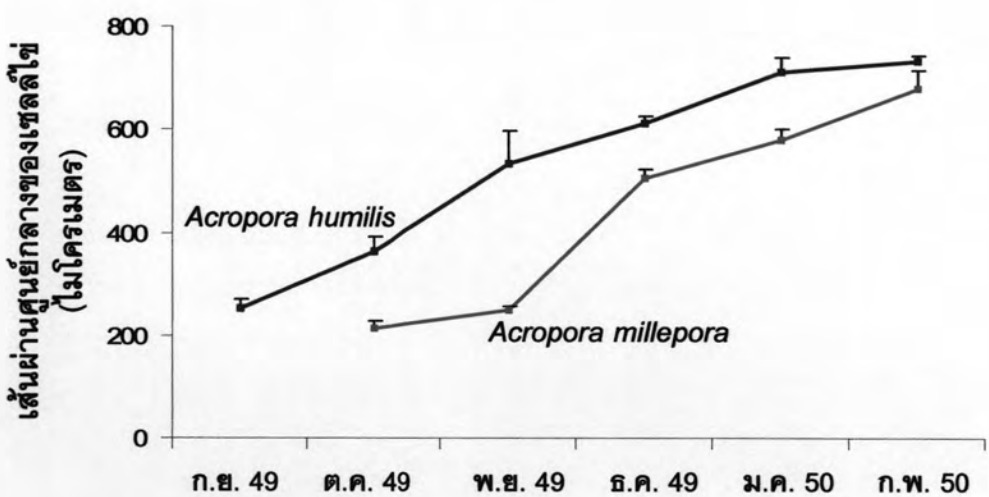
รูปที่ 2.7 เซลล์ไข่สีชมพูพร้อมถุงสเปิร์มสีขาวของปะการัง *Acropora humilis*

2.2.1.2 **พัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ในห้องปฏิบัติการ**

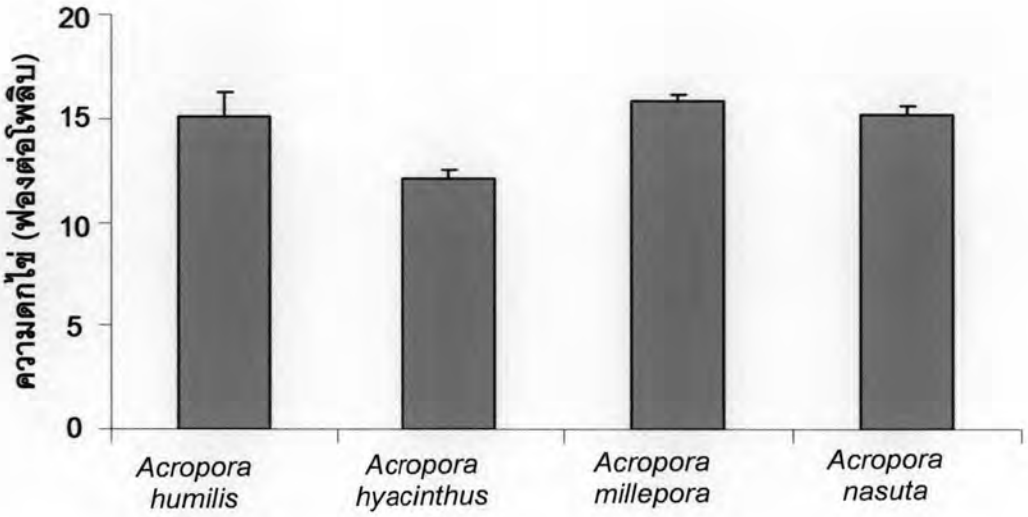
จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงขนาดของเซลล์ไข่ปะการัง *Acropora humilis* และ *Acropora millepora* ภายหลังการสลายแคลเซียม พบลักษณะการเรียงตัวของเซลล์ไข่เป็นฝักโดยในปะการังแต่ละโพลิบประกอบด้วยฝักไข่ทั้งหมด 4 แถว (รูปที่ 2.8) ขนาดของไข่ภายในฝักมีเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ยใหญ่ที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงเวลาก่อนปะการังทำการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ โดยมีค่า 732.0 $\pm$ 11.56 และ 678.2 $\pm$ 36.35 ไมโครเมตร ในปะการัง *Acropora humilis* และ *Acropora millepora* ตามลำดับ (รูปที่ 2.9) ทั้งนี้ ความดกไข่โดยเฉลี่ยต่อโพลิบของปะการัง *Acropora hyacinthus* มีจำนวนน้อยที่สุดประมาณ 12 ฟองต่อโพลิบ ขณะที่ปะการังอีก 3 ชนิด มีความดกไข่ประมาณ 15 ฟองต่อโพลิบ (รูปที่ 2.10)



รูปที่ 2.8 ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ปะการัง *Acropora humilis* ที่ผ่านกระบวนการสลายแคลเซียม
A: โพลิบปะการังหลังผ่านกระบวนการสลายแคลเซียม; B: ภาพตัดขวางของฝักไข่ในโพลิบปะการัง; และ
C: ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์สืบพันธุ์ในโพลิบปะการัง



รูปที่ 2.9 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ย (± S.E.) ของเซลล์ไข่ *Acropora humilis* และ *Acropora millepora* ระยะหลังการสังเกตเห็นด้วยสายตาในรอบปี 2549/2550 ระหว่างเดือนกันยายน 2549 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2550 (n = 5x5x3)



รูปที่ 2.10 ความดกไข่ต่อโพลิบโดยเฉลี่ย (± S.E.) ของปะการัง *Acropora* ทั้ง 4 ชนิด ในรอบปี 2549/2550 ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ก่อนปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (n = 5x5x3)

2.2.2 ระยะการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง

ผลการศึกษาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง *Acropora* 4 ชนิด ของทั้ง 2 รอบปี (2548/2549 และ 2549/2550) แสดงในตารางที่ 2.1 โดยในรอบปีที่หนึ่ง (2548/2549) พบว่า ปะการัง *Acropora millepora* และ *Acropora nasuta* ที่เกาะเตาหม้อ มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เป็นลำดับแรก โดยปล่อยในเวลากลางคืนของต้นเดือนกุมภาพันธ์ 2549 (แรม 7 – 12 ค่ำ) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากระยะเวลาดังกล่าวมีสภาพคลื่นลมแรง จึงไม่สามารถติดตามช่วงเวลาที่แน่นอนในการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้ หลังจากนั้นประมาณ 2 สัปดาห์ ซึ่งเป็นรอบถัดไปของวิถีดวงจันทร์ (ขึ้น 6 ค่ำ) ปะการัง *Acropora humilis* และ *Acropora hyacinthus* บริเวณเขาหมาจอจึงเริ่มทำการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ทั้งนี้ ปะการัง *Acropora humilis* มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 2 ครั้ง (รอบ) โดยทำการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ครั้งที่สองในช่วง 2 สัปดาห์ต่อมา ระหว่างแรม 6 – 7 ค่ำของรอบวิถีดวงจันทร์ถัดไป นอกจากนี้ ในการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังแต่ละครั้ง ปะการังบางชนิดหรือในบางพื้นที่สามารถแบ่งการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ได้มากกว่า 1 คืน

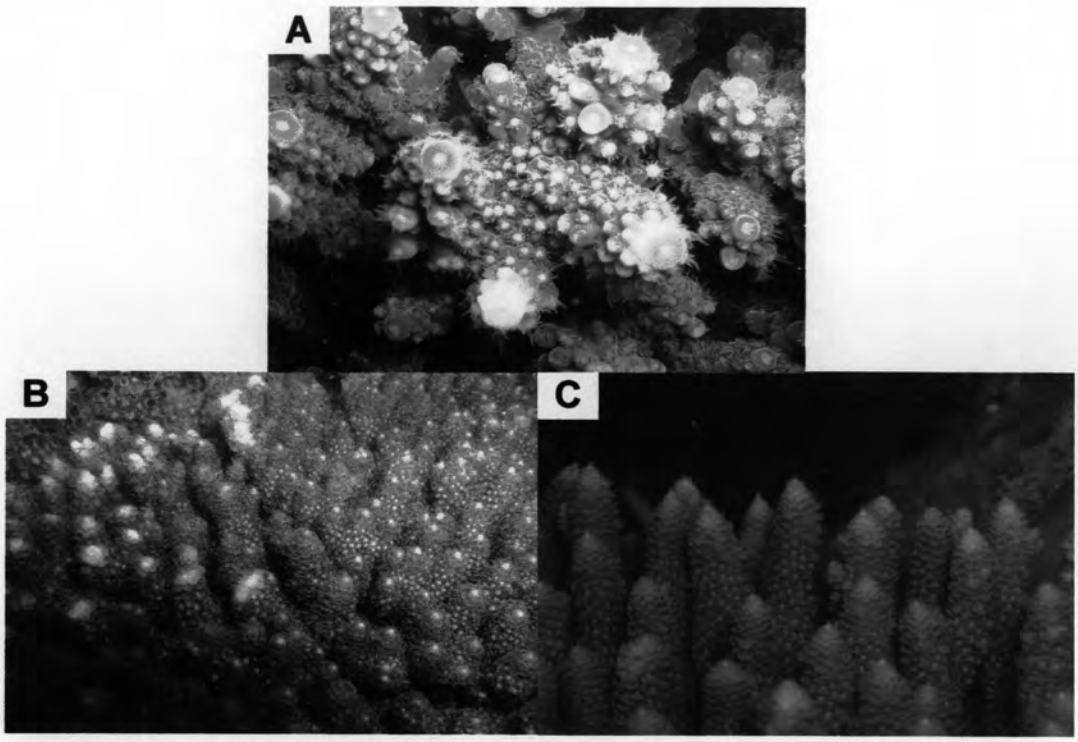
สำหรับผลการศึกษาในรอบปี 2549/2550 (ตารางที่ 2.1) พบว่า มีความสอดคล้องกับการศึกษาในรอบปี 2548/2549 โดยปะการัง *Acropora millepora* และ *Acropora nasuta* ที่เกาะเตาหม้อปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในคืนแรม 7 ค่ำของต้นเดือนกุมภาพันธ์ ขณะที่ปะการัง

Acropora humilis และ *Acropora hyacinthus* ที่เขาหมาจอปล่อยเซลล์สืบพันธุ์หลังจากนั้นประมาณ 2 สัปดาห์ ในรอบวิถีดวงจันทร์ถัดไป นอกจากนั้น ปะการัง *Acropora humilis* ที่เขาหมาจอมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 2 ครั้ง และพบการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังบางชนิดมากกว่า 1 คืนต่อครั้ง เมื่อเปรียบเทียบการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังชนิดเดียวกันใน 2 พื้นที่ พบว่า ปะการัง *Acropora millepora* ที่เกาะเตาหม้อปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ก่อนปะการังบริเวณเขาหมาจอประมาณ 2 สัปดาห์ ขณะที่ปะการัง *Acropora humilis* และ *Acropora hyacinthus* ที่เขาหมาจอและเกาะปลาหมึกมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงเดียวกัน ทั้งนี้ ปะการัง *Acropora humilis* ที่เกาะปลาหมึกมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เพียงครั้งเดียว ซึ่งเป็นช่วงเวลาเดียวกับการปล่อยครั้งแรกที่บริเวณเขาหมาจอ

ลักษณะของเซลล์สืบพันธุ์ที่พร้อมปล่อยขณะออกมาอยู่บริเวณปากโพลิบสามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนแสดงในรูปที่ 2.11 โดยเซลล์ดังกล่าวมีเยื่อบางๆ ปิดอยู่ ช่วงเวลาการปล่อยเกิดขึ้นหลังดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าประมาณ 1 – 3 ชั่วโมง ระหว่าง 1920 – 1950 น. ในรอบปี 2548/2549 และ 1830 – 1930 น. ในรอบปี 2549/2550 (ตารางที่ 2.1) หลังจากนั้นประมาณ 30 – 60 นาที ปะการังจึงทำการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ โดยการบีบตัวเพื่อให้ฝักของเซลล์สืบพันธุ์หลุดออกมา (รูปที่ 2.12) ทั้งนี้ ช่วงเวลาที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์อยู่ระหว่าง 2000–2120 น. และ 2005–2150 น. ในรอบปีที่ 2548/2549 และ 2549/2550 ตามลำดับ (ตารางที่ 2.1) อนึ่ง อัตราการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังทั้งหมดที่ติดตามคิดเป็นร้อยละ 100 โดยอัตราดังกล่าวรวมถึงปะการังที่มีการปล่อยมากกว่า 2 คืนในแต่ละครั้ง (ตารางที่ 2.1) และปะการังที่มีการแบ่งการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกเป็น 2 ครั้งในรอบปี (รูปที่ 2.13)

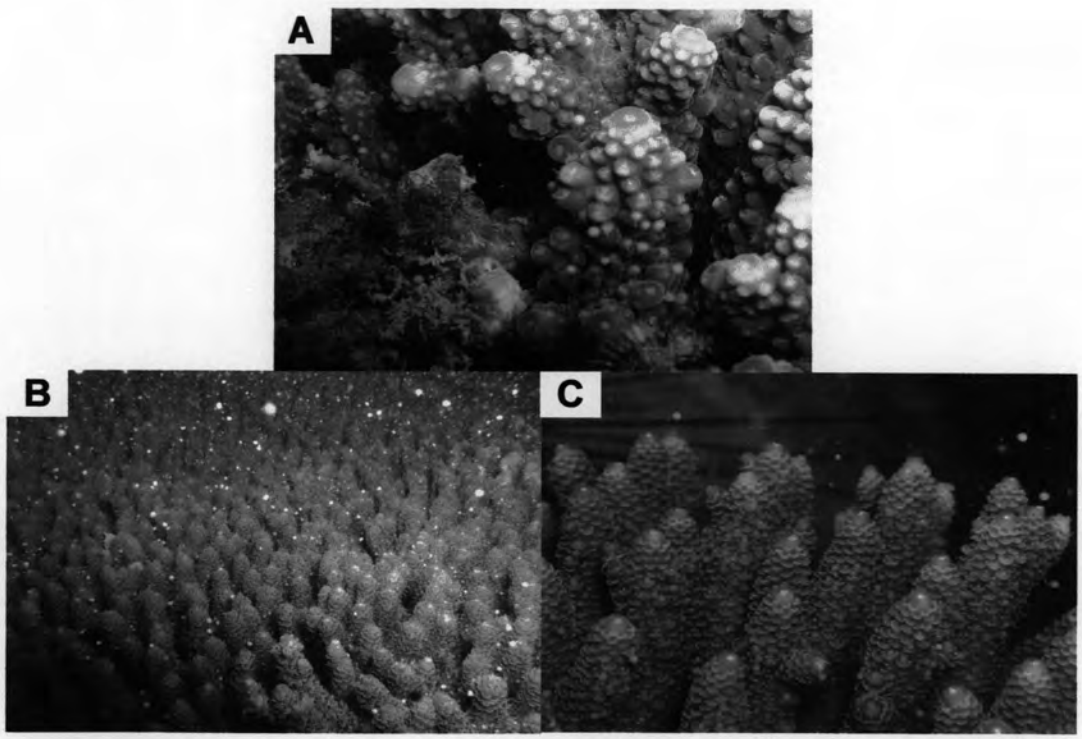
ตารางที่ 2.1 ช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง *Acropora* ในรอบปี 2548/2549 และ 2549/2550

รอบปี	ชนิดปะการัง	วันที่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์	ข้างขึ้น/แรม	เวลาที่ปะการังพร้อมปล่อยเซลล์สืบพันธุ์	ช่วงเวลาปล่อยเซลล์สืบพันธุ์	พื้นที่ศึกษา	จำนวนโคโลนีที่ติดตาม (n)
2548/2549	*Acropora humilis*	18–19 กุมภาพันธ์ 2549	ขึ้น 6–7 ค่ำ	1950	2000 – 2100	เขาหมาจอ	17
		5–6 มีนาคม 2549	แรม 6–7 ค่ำ	1930	2000 – 2100	เขาหมาจอ	6
	Acropora hyacinthus	18 กุมภาพันธ์ 2549	ขึ้น 6 ค่ำ	1920	2040 – 2120	เขาหมาจอ	3
	Acropora millepora	5–10 กุมภาพันธ์ 2549	แรม 7–12 ค่ำ			เกาะเตาหม้อ	10
	Acropora nasuta	5–10 กุมภาพันธ์ 2549	แรม 7–12 ค่ำ			เกาะเตาหม้อ	10
2549/2550	*Acropora humilis*	24–28 กุมภาพันธ์ 2550	ขึ้น 7–11 ค่ำ	1915	2010 – 2100	เขาหมาจอ	16
		24–28 กุมภาพันธ์ 2550	ขึ้น 7–11 ค่ำ	1915	2010 – 2100	เกาะปลาหมึก	6
		9 มีนาคม 2550	แรม 5 ค่ำ	1930	2005 – 2050	เขาหมาจอ	4
	Acropora hyacinthus	26 กุมภาพันธ์ 2550	ขึ้น 9 ค่ำ	1920	2030 – 2050	เขาหมาจอ	3
		26 กุมภาพันธ์ 2550	ขึ้น 9 ค่ำ	1920	2030 – 2050	เกาะปลาหมึก	3
	Acropora millepora	9 กุมภาพันธ์ 2550	แรม 7 ค่ำ	1830	2035 – 2130	เกาะเตาหม้อ	11
		25 กุมภาพันธ์ 2550	ขึ้น 8 ค่ำ	1830	2035 – 2135	เขาหมาจอ	2
	Acropora nasuta	9–10 กุมภาพันธ์ 2550	แรม 7–8 ค่ำ	1830	2050 – 2150	เกาะเตาหม้อ	30



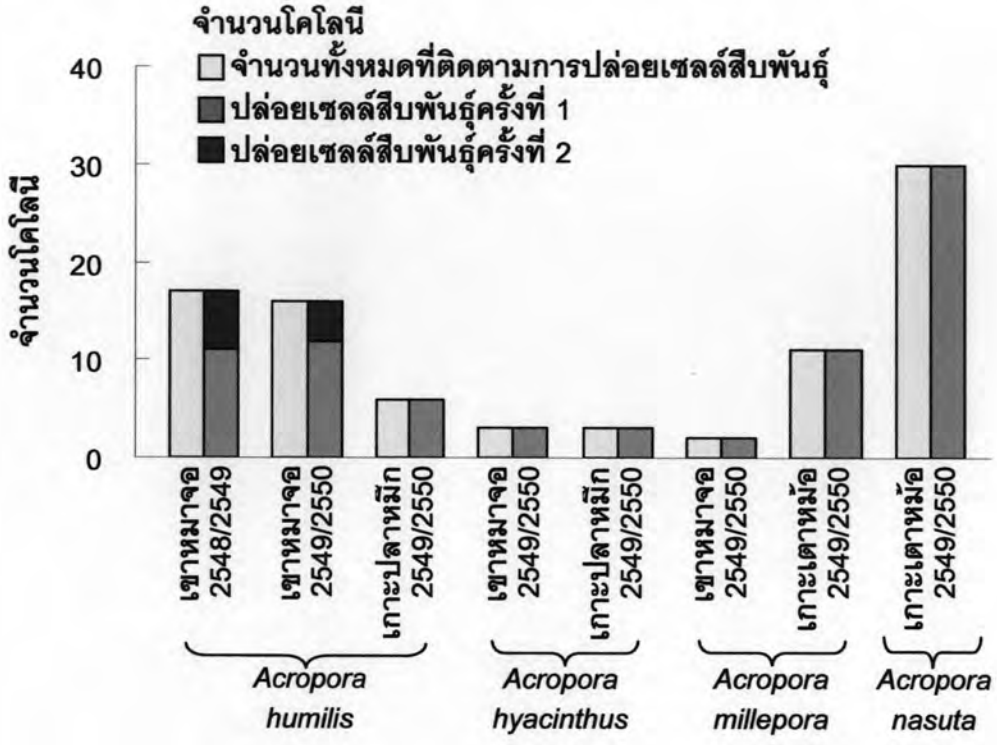
รูปที่ 2.11 เซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง *Acropora* ที่พร้อมปล่อยขณะอยู่ที่บริเวณปากโพลิบ

A: *Acropora humilis*; B: *Acropora hyacinthus*; และ C: *Acropora millepora*



รูปที่ 2.12 เซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง *Acropora* ขณะถูกปล่อยออกสู่มวลน้ำ

A: *Acropora humilis*; B: *Acropora hyacinthus*; และ C: *Acropora millepora*

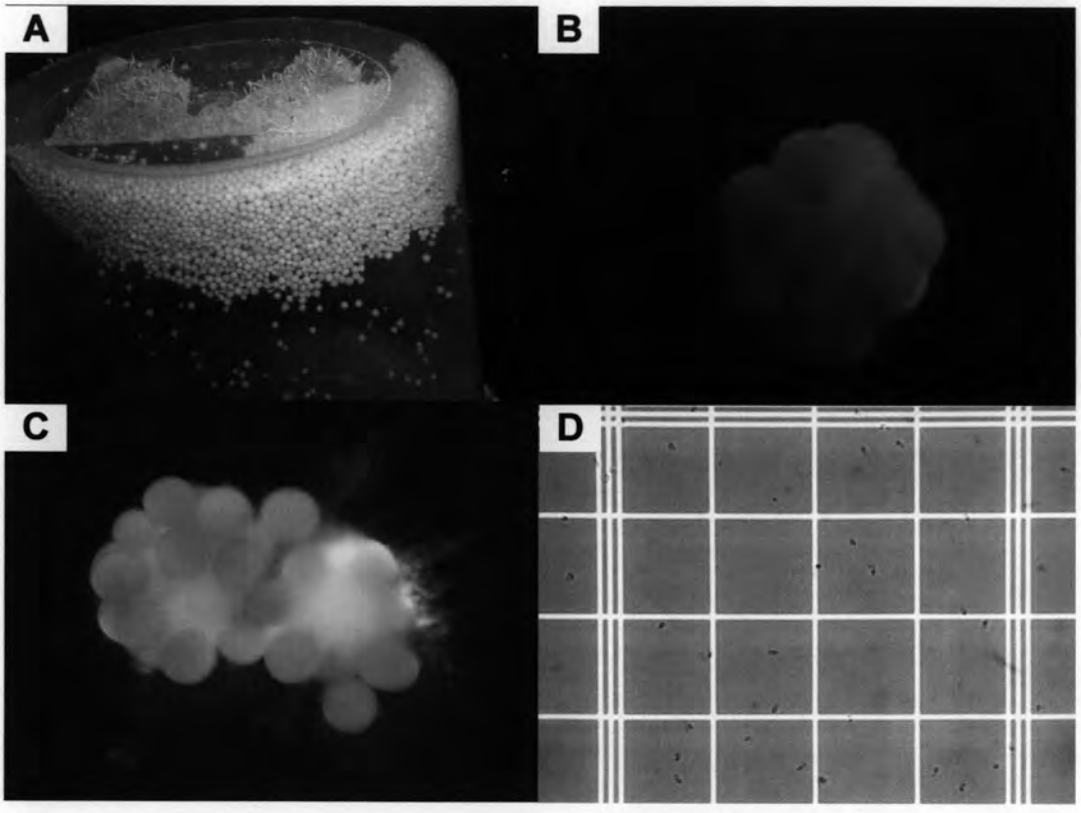


รูปที่ 2.13 อัตราการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง *Acropora* ที่มีการติดตามในแต่ละพื้นที่ของสองรอบปี (n = 2 – 30)

2.2.3 ระยะหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังสู่มวลน้ำ

ลักษณะของเซลล์สืบพันธุ์ปะการัง *Acropora humilis* ภายหลังการปล่อยออกสู่มวลน้ำแสดงในรูปที่ 2.14 โดยฝักเซลล์สืบพันธุ์ที่ถูกเก็บในกระบอกเก็บตัวอย่างภายหลังถูกปล่อยจากโคโลนีแสดงในรูปที่ 2.14 A ฝักดังกล่าวประกอบด้วยเซลล์ไข่และถุงสเปิร์มบรรจุอยู่ภายใน (รูปที่ 2.14 B – C) และลักษณะของสเปิร์มบนแผ่นสไลด์แสดงในรูปที่ 2.14 D

ขนาดของฝักเซลล์สืบพันธุ์ ความดกของไข่ และความหนาแน่นของสเปิร์มในฝักเซลล์สืบพันธุ์ ภายหลังที่ถูกปล่อยออกสู่มวลน้ำ มีความแตกต่างกันตามชนิดของปะการัง (ตารางที่ 2.2) โดยปะการัง *Acropora humilis* มีค่าเฉลี่ยของขนาดฝักเซลล์สืบพันธุ์ที่ 2,410.7 ไมโครเมตร และจำนวนไข่ 11.9 ฟอง/ฝักเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งสูงกว่าปะการัง *Acropora millepora* แต่มีความหนาแน่นของสเปิร์มที่ต่ำกว่า (ตารางที่ 2.2) ทั้งนี้ ขนาดของเซลล์ไข่ของปะการังแสดงในตารางที่ 2.3



รูปที่ 2.14 ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ปะการัง *Acropora humilis* ภายหลังการปล่อยออกสู่มวลน้ำ
A: ฝักเซลล์สืบพันธุ์ภายในกระบอกเก็บเซลล์สืบพันธุ์; B: เซลล์ไข่ของปะการังภายในฝักของเซลล์สืบพันธุ์;
C: ถุงสเปิร์มสีขาวซึ่งแทรกอยู่ระหว่างเซลล์ไข่ภายในฝักเซลล์สืบพันธุ์; และ D: สเปิร์มของปะการังบนแผ่นสไลด์

ตารางที่ 2.2 ค่าเฉลี่ย (± S.E) ของขนาดฝักเซลล์สืบพันธุ์ ความดกไข่ และความหนาแน่นของสเปิร์มต่อฝักเซลล์สืบพันธุ์ ภายหลังการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง ในรอบปี 2549/2550

ชนิดปะการัง	ขนาดฝักเซลล์สืบพันธุ์ (ไมโครเมตร)	ความดกไข่ (ฟอง/ฝัก)	ความหนาแน่นสเปิร์ม ($x10^6$ ตัว/ฝัก)	จำนวน (ฝัก/โคโลนี)
Acropora humilis	2,410.7 ± 59.6	11.9 ± 0.4	9.0 ± 0.7	21 / 10
Acropora millepora	1,574.5 ± 39.6	6.4 ± 0.07	10.4 ± 1.22	13 / 2

ตารางที่ 2.3 ค่าเฉลี่ย (± S.E) ของขนาดเซลล์ไข่ภายหลังการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง ในรอบปี 2549/2550

ชนิดปะการัง	ขนาดเซลล์ไข่ (ไมโครเมตร)	จำนวน (ฟอง/โคโลนี)
Acropora humilis	746.6 ± 10.8	25 / 10
Acropora hyacinthus	562.1 ± 13.0	25 / 6
Acropora millepora	673.7 ± 57.1	30 / 2
Acropora nasuta	579.0 ± 41.1	30 / 7

2.3 วิจารณ์ผลการศึกษา

จากการติดตามการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังเขากวาง 4 ชนิด ได้แก่ *Acropora humilis*, *Acropora hyacinthus*, *Acropora millepora* และ *Acropora nasuta* บริเวณอ่าวสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในรอบปี 2548/2549 และ 2549/2550 พบว่า พัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ปะการัง *Acropora* ทั้ง 4 ชนิดมีช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในระยะที่มองเห็นเซลล์ไข่ด้วยสายตาใต้น้ำจนถึงระยะพร้อมปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ใช้เวลาประมาณ 5–6 เดือน พบเซลล์ไข่สีขาวครั้งแรกประมาณเดือนกันยายนหลังจากนั้นสีของเซลล์สืบพันธุ์เปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อนถึงสีแดงประมาณเดือนมกราคม ซึ่งการเปลี่ยนสีของเซลล์ไข่ปะการังสามารถแสดงถึงการเจริญเต็มที่ของเซลล์ไข่ปะการัง (Shlesinger *et al.*, 1998) ปะการัง *Acropora humilis* มีช่วงเวลาในการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ที่ช้ากว่าปะการังอีก 3 ชนิด เป็นเวลาประมาณ 1 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในบริเวณเดียวกันและบริเวณเกาะใกล้เคียงของปะการัง *Acropora humilis* ในปี 2547 และ 2548 (ลลิตา ปัจฉิม, 2548) รวมถึงการศึกษาที่ผ่านมาใน *Acropora hyacinthus* (ธรรมศักดิ์ ยีมิน, 2543) และของปะการังก้อน *Goniopora* และ *Montipora* (มณฑิรา ถาวรยุติการต์, 2532) นอกจากนั้น การที่สามารถสังเกตเห็นถุงสเปิร์มสีขาวของปะการังอย่างชัดเจนก่อนช่วงเวลาปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ประมาณ 1 เดือน เนื่องจากในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังใช้เวลาในการพัฒนาเซลล์ไข่นานกว่าการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (Richmond and Hunter, 1990; Acosta and Zea, 1997; Pires *et al.*, 1999; Harii *et al.*, 2001) เช่น ปะการังสกุล *Acropora* ใช้เวลาในการพัฒนาเซลล์ไข่ประมาณ 9 เดือน และใช้เวลาในการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ประมาณ 10

สัปดาห์ (Richmond and Hunter, 1990) ดังนั้น การสังเกตพบถุงสเปิร์มอย่างชัดเจนจึงเป็นระยะที่สามารถคาดการณ์กำหนดเวลาในการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังได้อย่างแน่นอนมากขึ้น

ความดกไข่ของปะการังสามารถใช้เป็นดัชนีที่บ่งบอกความสมบูรณ์ของตัวปะการัง (Kojis and Quinn, 1984; Harrison and Wallace, 1990) และสามารถบ่งบอกถึงสภาพของระบบนิเวศที่ปะการังอาศัยได้เช่นกัน ขนาดและความดกไข่ที่ปะการังสร้างขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ เช่น ขนาดหรืออายุของโคโลนีที่มีความพร้อมในการเจริญพันธุ์ (Sakai, 1998; Torrents *et al.*, 2004) ถิ่นอาศัย (Carlon, 2002) สภาพแวดล้อม รวมถึง ปริมาณตะกอน (Ward and Harrison, 2000) เป็นต้น ผลการศึกษาความดกไข่ของปะการังในการศึกษาครั้งนี้มีจำนวน 12 – 22 ฟองต่อโพลิบ ซึ่งจำนวนดังกล่าวน้อยกว่าความดกไข่จากการศึกษาในปะการังชนิดเดียวกัน (Smith and Hughes, 1999) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความแตกต่างของพื้นที่ ปัจจัยทางกายภาพ สภาพแวดล้อมของถิ่นอาศัย การที่พื้นที่ทำการศึกษาใกล้แหล่งชุมชนที่มีปริมาณธาตุอาหารในน้ำทะเลในปริมาณสูงอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังได้ (Loya *et al.*, 2004) อย่างไรก็ตาม ไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับความดกไข่ของปะการังภายในประเทศ

ช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง *Acropora* spp. บริเวณอ่าวสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ที่พบในการศึกษาครั้งนี้ (เดือนมกราคม – เดือนมีนาคม) (ภาคผนวก ก) สอดคล้องกับเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง *Acropora hyacinthus* บริเวณเกาะค้างคาว จังหวัดชลบุรี (ธรรมศักดิ์ ยีมิน, 2543) และปะการังก้อน บริเวณเกาะคราม จังหวัดชลบุรี (ลลิตา ปัจฉิม และคณะ, 2549) รวมถึง สอดคล้องกับรายงานช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังบริเวณอ่าวไทย (ศรีสกุล ภิรมย์วรากร และคณะ, 2549) ซึ่งแสดงถึงพฤติกรรมการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังบริเวณอ่าวไทยตอนในเป็นแบบฤดูกาลเดียว อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างกันของระยะเวลาที่ปะการังใช้ในการพัฒนาและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในปี 2548/2549 และ 2549/2550 อาจเป็นผลมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำทะเลในแต่ละรอบปี เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญในเรื่องดังกล่าว (Szmant and Gassman, 1990)

นอกจากนั้น ช่วงเวลาที่ปะการังทำการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เป็นช่วงที่อุณหภูมิของน้ำทะเลโดยเฉลี่ยเริ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะบริเวณที่มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในรอบปีสูงสามารถพบการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์มากในช่วงเวลาดังกล่าว (Mangubhai and Harrison; 2006) ทั้งนี้ถึงแม้ว่าการศึกษาครั้งนี้เป็นเขตร้อนที่มีระดับอุณหภูมิของน้ำทะเลในรอบปีที่เปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่พบการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังในช่วงที่อุณหภูมิของน้ำทะเลเริ่มสูงขึ้นเช่นกัน

(ภาคผนวก ข) อย่างไรก็ตามในทางตรงกันข้าม จากสมมติฐานที่ว่าปะการังบริเวณเส้นศูนย์สูตรที่มีอุณหภูมิน้ำทะเล (Richmond and Hunter, 1990) และระดับน้ำทะเล (Oliver *et al.*, 1988) แตกต่างกันค่อนข้างน้อย ส่งผลให้ปะการังแต่ละชนิดมีช่วงในการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ค่อนข้างกว้างและไม่พร้อมกัน (Harrison *et al.*, 1984) ซึ่งพบการสร้างและการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังหลายชนิดบริเวณฝั่งทะเลอันดามันที่เกิดขึ้นไม่พร้อมกันเช่นกัน (ทนงศักดิ์ จันทร์เมธากุล, 2545) ดังนั้น พัฒนาการและการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังแบบฤดูกาลเดียวจึงอาจเป็นผลมาจากปัจจัยภายนอกอื่นหลายปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้อง รวมถึงความเฉพาะของแต่ละพื้นที่

อีกประการหนึ่ง จากการที่ลักษณะการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังหลายชนิดที่เกิดขึ้นในระยะเวลาใกล้เคียงกัน แต่ช่วงเวลาที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ไม่พร้อมกัน ซึ่งเรียกว่า asynchronous multi-species spawning นั้น เป็นลักษณะการสืบพันธุ์ที่พบได้ทั่วไปในปะการังส่วนใหญ่ที่อยู่บริเวณเขตศูนย์สูตร การสืบพันธุ์ในลักษณะดังกล่าวทำให้โอกาสเกิดการผสมของเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังต่างชนิดต่ำ (Pires *et al.*, 1999) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาครั้งนี้พบการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังมากกว่า 2 ชนิด ในคืนเดียวกัน เช่น ปะการัง *Acropora florida*, *Acropora humilis* และ *Acropora hyacinthus* หรือปะการัง *Acropora samoensis*, *Favia abdita* และ *Platygyra sinensis* (ภาคผนวก ก) เป็นลักษณะเช่นเดียวกับการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังพร้อมกันมากกว่า 2 ชนิด ในประเทศสิงคโปร์ (Guest *et al.*, 2005) ซึ่งการที่ปะการังหลายชนิดปล่อยเซลล์สืบพันธุ์พร้อมกันนี้มีข้อได้เปรียบในเรื่องการช่วยลดโอกาสการถูกกินจากผู้ล่าอื่น (Babcock *et al.*, 1986)

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์กับวิถีของดวงจันทร์และการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำนั้น การศึกษาครั้งนี้ปะการังมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ทั้งข้างขึ้นและข้างแรม ระหว่าง 5 – 12 ค่ำ ซึ่งเป็นช่วงที่ระดับน้ำมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย (น้ำตาย) (ภาคผนวก ค) การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงเวลานี้ส่งผลให้โอกาสที่เซลล์สืบพันธุ์ของปะการังได้รับการปฏิสนธิระหว่างโคโลนีเพิ่มสูงขึ้น (Babcock *et al.*, 1986) และเป็นการลดโอกาสในการที่ตัวอ่อนถูกพัดพาไปไกลจากแหล่งที่อาศัย ทั้งนี้ ช่วงเวลาปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังบริเวณนี้แตกต่างกับการศึกษาในต่างประเทศ (Harrison *et al.*, 1984; Babcock *et al.*, 1994) ที่พบว่าปะการังส่วนใหญ่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงหลังคืนที่ดวงจันทร์เต็มดวง

ช่วงเวลาที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง *Acropora* ส่วนใหญ่เกิดขึ้นหลังดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าประมาณ 1 – 3 ชั่วโมง (1830 – 2150 น.) ซึ่งเป็นเวลาเดียวกับรายงานการ

ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังส่วนใหญ่ (Wilson and Harrison, 2003; Levitan *et al.*, 2004) อย่างไรก็ตาม มีปะการังจำนวนหนึ่งที่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์หลังจากช่วงเวลานั้น ซึ่งอาจเป็นผลของกลไกทางวิวัฒนาการของปะการัง (Fukami *et al.*, 2003) โดยเฉพาะปะการังกลุ่ม *Acropora* ชนิดที่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ช้าเป็นพวกที่มีวิวัฒนาการต่ำกว่าพวกที่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เร็ว และมีปะการังเพียงไม่กี่ชนิดที่มีการรายงานการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในเวลากลางวัน (Mangubhai *et al.*, 2006; Plathong *et al.*, 2006) ทั้งนี้ การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในเวลากลางคืนช่วยลดปัจจัยด้านอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการพัฒนาของตัวอ่อนด้วย อนึ่ง ความแตกต่างของช่วงวันและเวลาในการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เป็นการลดโอกาสเกิดการผสมข้ามชนิดของปะการัง โดยเฉพาะปะการังในกลุ่มปะการัง *Acropora* ที่มีความหลากหลายสูง ซึ่งทำให้ธรรมชาติสร้างกลไกเรื่องเวลาในการหลีกเลี่ยงการเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว (Knowlton, 1993; Palumbi, 1994; van Oppen *et al.*, 2002; 2004; Fukami *et al.*, 2003; Levitan, 2004) รวมถึง ช่วงเวลาที่ปะการังมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ไม่พร้อมกันช่วยทำให้เกิดโอกาสแข่งขันในการหาพื้นที่ลงเกาะของตัวอ่อนปะการังลดลงเช่นกัน (Pires *et al.*, 1999)

สำหรับ การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ที่แบ่งออกเป็น 2 ระยะ เช่น ที่พบในปะการัง *Acropora humilis* ทั้ง 2 รอบปี ซึ่งเกิดขึ้นครั้งที่สองในช่วงวิถีของดวงจันทร์ถัดไป (ประมาณ 2 สัปดาห์ จากการปล่อยครั้งแรก) การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ลักษณะนี้พบได้ในปะการังบางชนิดและมีรายงานในหลายพื้นที่ เช่น ปะการัง *Acropora hyacinthus* ที่ประเทศสิงค์โปร์มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในเดือนมีนาคมและเดือนเมษายน ขณะที่ปะการัง *Acropora humilis* มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ห่างกันครึ่งปี โดยเกิดขึ้นในเดือนตุลาคมและเดือนเมษายน (Guest *et al.*, 2005) การแยกปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังในลักษณะนี้เป็นกลไกช่วยลดโอกาสการเกิดความล้มเหลวในการสืบพันธุ์เมื่อเปรียบเทียบกับปะการังที่มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เพียงครั้งเดียว (Bastidas *et al.*, 2005)

ทั้งนี้ การปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังชนิด *Acropora millepora* บริเวณเกาะเตาหม้อและเขาหมาจอในรอบปี 2549/2550 ที่มีช่วงเวลาที่ไม่พร้อมกัน อาจเป็นผลมาจากทั้งสองบริเวณอยู่ห่างกัน ทำให้ไม่ได้รับสารเคมีบางชนิดที่มีการปล่อยจากปะการังในคืนที่ปะการังที่เกาะเตาหม้อปล่อยเซลล์สืบพันธุ์พร้อมกัน (Atkinson and Atkinson, 1992; Twan *et al.*, 2003; 2006) หรืออาจเกิดจากความแตกต่างของพื้นที่และปัจจัยทางกายภาพของทั้งสองบริเวณที่มีความแตกต่างกันทำให้มีช่วงเวลาในการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ที่แตกต่างกันได้เช่นกัน

2.4 รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ทนงศักดิ์ จันทร์เมธากุล. 2545. ฤดูกาลปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังแข็งบริเวณเกาะภูเก็ต. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 82 หน้า.

ธรรมศักดิ์ ยีมิน. 2541. การลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในอ่าวไทย. รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 177 หน้า.

มณฑิรา ถาวรยุติการต์. 2532. การศึกษาฤดูกาลสืบพันธุ์และช่วงเวลาปล่อยไข่ของปะการังบางชนิดโดยวิธี Histology ที่บริเวณเกาะค้างคาว จังหวัดชลบุรี. ปัญหาพิเศษนิสิตปริญญาตรี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 40 หน้า.

ลลิตา ปัจฉิม. 2548. ความสัมพันธ์ระหว่างการแพร่กระจายตัวของตัวอ่อนกับกระแสน้ำบริเวณจังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 61 หน้า.

ลลิตา ปัจฉิม, สุชนา ชวนิชย์, ศุภิชัย ตั้งใจตรง, วรณพ วิยกาญจน์ และ ธรรมศักดิ์ ยีมิน. 2549. การแพร่กระจายของตัวอ่อนปะการังบริเวณเกาะคราม จังหวัดชลบุรี. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ 5 (1): 35-37.

ศรีสกุล ภิรมย์วรากร, ลลิตา ปัจฉิม, นรินทร์รัตน์ คงจันทร์ตรี, รณวัน บุญประกอบ และ อัญชลี จันทร์คง. 2549. ฤดูปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังเขากวาง (สกุล *Acropora*) ในอ่าวไทย. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ 5 (1): 39-49.

ภาษาอังกฤษ

Acosta, A. and S. Zea. 1997. Sexual reproduction of the reef coral *Montastrea cavernosa* (Scleractinia: Faviidae) in the Santa Marta area, Caribbean coast of Columbia. Marine Biology 128: 141-148.

Atkinson, S. and M.J. Atkinson. 1992. Detection of estradiol-17β during a mass coral spawn. Coral Reefs 11: 33-35.

Babcock, R.C., G.D. Bull, P.L. Harrison, A.J. Heyward, J.K. Oliver, C.C. Wallace and B.L. Willis. 1986. Synchronous spawning of 105 scleractinian coral species on the Great Barrier Reef. Marine Biology 90: 379-394.

Babcock, R.C., B.L. Willis and C.J. Simpson. 1994. Mass spawning of corals on a high latitude coral reef. Coral Reefs 13: 161-169.

Bastidas, C., A. Croqure, A.L. Zubillaga, R. Ramos, V. Kortnik, C. Weinberger and L.M. Marquez. 2005. Coral mass- and split-spawning at a coastal and an offshore Venezuelan reefs, southern Caribbean. Hydrobiologia 541: 101-106.

Carlon, D.B. 2002. Production and supply of larvae as determinants of zonation in a brooding tropical coral. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 268: 33-46.

Fukami, H., M. Omori, S. Shimoike, T. Hayashibara and M. Hatta. 2003. Ecological and genetic aspects of reproductive isolation by different spawning times in *Acropora* corals. Marine Biology 142: 679-684.

Guest, J.R., A.H. Baird, B.P.L. Goh and L.M. Chou. 2005. Reproductive seasonality in an equatorial assemblage of scleractinian corals. Coral Reefs 24: 112-116.

Harii, S., M. Omori, H. Yamakawa and Y. Koike. 2001. Sexual reproduction and larval settlement of the zooxanthellate coral *Alveopora japonica* Eguchi at high latitudes. Coral Reefs 20: 19-23.

Harrison, P.L., R.C. Babcock, G.D. Bull, J.K. Oliver, C.C. Wallace and B.L. Willis. 1984. Mass spawning in tropical reef corals. Science 223: 1186-1189.

Harrison, P.L. and C.C. Wallace. 1990. Reproduction, dispersal and recruitment of scleractinian coral. *In* Coral Reefs. Edited by Z. Dubinsky. Amsterdum: Elsevier, pp. 133-207.

Hatta, M., K. Iwao, H. Taniguchi and M. Omori. 2004. Restoration technology using sexual reproduction. *In* Manual for restoration and remediation of coral reefs. Edited by Omori., M. and S. Fujiwara. Nature Conservation Bureau. Ministry of the Environment. Japan. pp. 14-28.

Kitada, H. 2002. Fecundity of *Acropora tenuis* at Akajima island. Midoriishi 13: 26-29. (in Japanese)

Knowlton, N., L.A. Weigt, L.A. Solorsano, D.K. Mills and E. Bermingham. 1993. Divergence in proteins mitrochondrial DNA and reproductive compatibility across the Isthmus of Panama. Science 260: 1629-1631.

Kojis, B.L. and N.J. Quinn. 1984. Seasonal and depth variation in fecundity of *Acropora palifera* at two reefs in Papua New Guinea. Coral Reefs 3: 165-172.

Levitan, D.R., H. Fukami, J. Jara, D. Kline, T.M. McGovern, K.E. McGhee, C.A. Swanson and N. Knowlton. 2004. Mechanism of reproductive isolation among sympatric broadcast-spawning corals of the *Montastrea annularis* species complex. Evolution 58 (2): 308-323.

Loya, Y., H. Lubinevsky, M. Rosenfeld and E. Kramarsky-Winter. 2004. Nutrient enrichment caused by in situ fish farms at Eilat, Red Sea is detrimental to coral reproduction. Marine Pollution Bulletin 49: 344-353.

Mangubhai, S. and P.L. Harrison. 2006. Seasonal patterns of coral reproduction on equatorial reefs in Mombasa, Kenya. Proceedings of 10th International Coral Reef Symposium 106-114.

Mangubhai, S., A. Harris and N.J.K. Graham. 2006. Synchronous daytime spawning of the solitary coral *Fungia danai* (Fungiidae) in the Chagos Archipelago, central Indian Ocean. Coral Reefs 26: 15.

Oliver, J.K., R.C. Babcock, P.L. Harrison and B.L. Willis. 1988. Geographic extent of mass coral spawning: clues to ultimate causal factors. Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium 2: 803-810.

Palumbi, S.R. 1994. Genetic divergence, reproductive isolation, and marine speciation. Annual Review of Ecology and Systematics 25: 547-572.

Pires, D.O., C.B. Castro and C.C. Ratto. 1999. Reef coral reproduction in the Abrolhos Reef Complex, Brazil: the endemic genus *Mussismilia*. Marine Biology 135: 463-471.

Plathong, S., T. Chanmethakul, V. Suwonno, P. Buaphet, A.H. Baird, C.A. Chen and S. Soontornpitakkol. 2006. Daytime gamete release from the reef-building coral, *Pavona* sp., in the Gulf of Thailand. Coral Reefs 25:72.

Richmond, R.H. and C.L. Hunter. 1990. Reproduction and recruitment of corals: comparisons among the Caribbean, the tropical Pacific and the Red Sea. Marine Ecology Progress Series 60: 185-203.

Sakai, K. 1998. Effect of colony size, polyp size, and budding mode on egg production in a colonial coral. Biological Bulletin 195: 319-325.

Shlesinger, Y., T.L. Goulet and Y. Loya. 1998. Reproductive patterns of scleractinian corals in the northern Red Sea. Marine Biology 132:691–701

Smith, L.D. and T.P. Hughes. 1999. An experimental assessment of survival, reattachment and fecundity of coral fragments. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 235: 147-164.

Szmant, A.M. and N.J. Gassman. 1990. The effects of prolonged bleaching on the tissue biomass and reproduction of the reef coral *Montastrea annularis*. Coral Reefs 8: 217-224.

Torrents, O., J. Garrabou, C. Marschal and J.G. Harmelin. 2004. Age and size at first reproduction in the commercially exploited red coral *Corallium rubrum* (L.) in the Marseilles area (France, NW Mediterranean). Biological Conservation 121 (3): 391-397.

Twan, W.H., J.S. Hwang and C.F. Chang. 2003. Sex steroids in scleractinian coral, *Euphyllia ancora*: the implication in mass spawning. Biology of Reproduction 68: 2255-2260.

Twan, W.H., J.S. Hwang, Y.H. Lee, H.F. Wu, Y.H. Tung and C.F. Chang. 2006. Hormones and reproduction in scleractinian corals. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A 144: 247-253.

Van Oppen, M.J.H., B.L. Willis, T. van Rheede and D.J. Miller. 2002. Spawning times, reproductive compatibilities and genetic structuring in the Acropora aspera group: evidence for natural hybridization and semi-permeable species boundaries in corals. Molecular Biology 11 (8): 1363-1376.

Van Oppen, M.J.H., E.M. Koolmees and J.E.N. Veron. 2004. Patterns of evolution in the scleractinian coral genus *Montipora* (Acroporidae). Marine Biology 144: 9-18.

Wallace, C.C. 1985. Seasonal peaks and annual fluctuations in recruitment of juvenile scleractinian corals. Marine Ecology Progress. Series 21: 289–298.

Ward, S. and P. Harrison. 2000. Changes in gametogenesis and fecundity of acroporid corals that were exposed to elevated nitrogen and phosphorus during the ENCORE experiment. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 246: 179-221.

Wilson, J.R. and P.L. Harrison. 2003. Spawning patterns of scleractinian corals at the Solitary islands – a high latitude coral community in eastern Australia. Marine Ecology Progress Series 260: 115-123.