

ตัวอ่อนระยะนอเพเลียสของไร่น้ำนางฟ้าไทย

Nauplius stage of *Branchinella thailandensis* Sanoamuang, Saengphan & Murugan, 2002

ณัฐพร ปลั่งกลาง (Nattaporn Plangklang)* ศุจีภรณ์ อธิบาย (Sujeephon Athibai)**

บทคัดย่อ

ศึกษาพัฒนาการของนอเพเลียสไร่น้ำนางฟ้าไทย (*Branchinella thailandensis*) โดยเพาะฟักไข่ไร่น้ำนางฟ้าไทยจำนวน 1,440 ฟอง ภายใต้อุณหภูมิห้อง โดยสุ่มเก็บนอเพเลียสจำนวน 20 ตัวทุก 1 ชั่วโมง ต่อเนื่องตลอด 3 วัน ได้นอเพเลียสที่มีอายุแตกต่างกัน 72 ตัวอย่าง รักษาสภาพนอเพเลียสด้วยฟอร์มาลินความเข้มข้นร้อยละ 4 ศึกษาสัณฐานวิทยาภายนอกของนอเพเลียสไร่น้ำนางฟ้าภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงธรรมดา เมื่อพิจารณาลักษณะรูปร่างการเพิ่มจำนวนของปล้องอก (thoracic segment) และปล้องท้อง (abdominal segment) การพัฒนาของหนวดคู่ที่ 2 (second antenna) และการเพิ่มจำนวนขนชี้ (setae) ของแพนหาง (uropod) สามารถแบ่งระยะพัฒนาการของนอเพเลียสไร่น้ำนางฟ้าไทยได้ทั้งหมด 8 ระยะ

ABSTRACT

The nauplius development of *Branchinella thailandensis* was investigated by hatching 1,440 dried eggs under room temperature. Twenty nauplii were randomly collected continuously every an hour over three days. In total, 72 samples of different aged larvae were collected and preserved with 4 % formaldehyde solution. The external morphology of larvae was observed under compound light microscopy. The nauplius development of fairy shrimp can be divided into eight stages based on external characteristic, accretion of number of thoracic and abdominal segment, development of second antenna and number of setae of uropod.

คำสำคัญ: ไร่น้ำนางฟ้า การพัฒนาของตัวอ่อน นอเพเลียส

Key Words: fairy shrimp, post-embryonic development, nauplius

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** อาจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ไร่น้ำนางฟ้าไทย เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืด จัดอยู่ใน Phylum Arthropoda Subphylum Crustacea Class Branchiopoda Order Anostraca มีลักษณะคล้ายกุ้งขนาดเล็กแต่ไม่มีเปลือกหุ้มตัว อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำชั่วคราว (temporary water) (บุญฤดี และคณะ, 2547; พุทธพรณี, 2549) ปัจจุบันมีการนำไร่น้ำนางฟ้ามาใช้ในอุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด โดยใช้เป็นอาหารของสัตว์น้ำวัยอ่อนหรือปลาสวยงาม และทดแทนการใช้ไร่น้ำสีน้ำตาลหรือ อาร์ทีเมีย เนื่องจากอาร์ทีเมียมีราคาสูง ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ (ยุพินท์, 2549) เนื่องจากไร่น้ำนางฟ้ายังมีปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 50.24 – 74.41 (Dararat et al., 2012) ส่วนอาร์ทีเมียมีปริมาณโปรตีนเพียงร้อยละ 56.4 (อนันต์ และคณะ, 2536) นอกจากการนำไร่น้ำนางฟ้ามาใช้ทดแทนอาร์ทีเมียในอุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดแล้ว ไร่น้ำนางฟ้ายังมีศักยภาพที่จะผลิตเป็นอาหารของสัตว์สวยงามน้ำจืดที่มีราคาแพงได้ (อนันต์ และคณะ, 2532)

ตัวอ่อนไร่น้ำนางฟ้าที่ฟักออกจากเปลือกไข่เรียกว่า นอเพลียส ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนหัว มีตาเดี่ยว (median eye) และมีรยางค์ 3 คู่ ได้แก่ หนวดคู่ที่ 1 (first antenna) หนวดคู่ที่ 2 (second antenna) และแมนดิเบิล (mandible) ส่วนนอก มีปล้องอก 2 - 3 ปล้องไม่มีรยางค์ และมีการพัฒนาไปเป็นระยะต่างๆ โดยผ่านการลอกคราบ (molting) นอเพลียสจะมีขนาดใหญ่ขึ้น มีจำนวนปล้องเพิ่มมากขึ้น ระยะเวลาในการพัฒนาจากนอเพลียสเป็นตัวเต็มวัยใช้เวลาประมาณ 5 – 12 วัน ขึ้นอยู่กับชนิดของไร่น้ำนางฟ้า (Pennak, 1989) มีรายงานวิจัยที่การศึกษาพัฒนาการของนอเพลียสไร่น้ำนางฟ้า และสัตว์กลุ่มแบรคิโอพอดหลายชนิด โดยการแบ่งระยะพัฒนาการของไร่น้ำนางฟ้า มีเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาในการแบ่งหลายลักษณะได้แก่ การพัฒนาของรยางค์ส่วนหัว การเพิ่มขึ้นของจำนวนปล้องอก ปล้องท้อง และความยาวของลำตัว การพัฒนาของขาว่ายน้ำ การพัฒนาของแพนหาง และการพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์ภายนอก

(Baqai, 1963; Bernice, 1972; Anderson; 1997; Moller et al. 2003)

ปัจจุบันมีการศึกษาชีวประวัติของไร่น้ำนางฟ้าไทยอย่างกว้างขวาง (พุทธพรณี, 2549; Plodsomboon & Sanoamuang, 2007; Saengphan & Sanoamuang, 2009; Dararat et al., 2012; Plodsomboon et al., 2012) แต่การศึกษาด้านการพัฒนารูปร่างของไร่น้ำนางฟ้าในประเทศไทยมีเพียงการศึกษาพัฒนาการของนอเพลียสไร่น้ำนางฟ้าสิรินธรเท่านั้น (ชญาณ์นันท์ และศุจิภรณ์, 2556) ดังนั้นเพื่อให้การศึกษาชีวประวัติของไร่น้ำนางฟ้าในประเทศไทยครอบคลุมสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงศึกษาพัฒนาการของนอเพลียสของไร่น้ำนางฟ้าไทย ซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ เช่น การศึกษาทางด้านพิษวิทยา และการเลือกใช้นอเพลียสไร่น้ำนางฟ้าไทยระยะที่เหมาะสมกับขนาดปากของสัตว์น้ำวัยอ่อน เพื่อเพิ่มศักยภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดเพิ่มขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาพัฒนาการของนอเพลียสไร่น้ำนางฟ้าไทย

วิธีการวิจัย

การฟักไข่ และการเก็บนอเพลียสไร่น้ำนางฟ้าไทย

นำไข่ไร่น้ำนางฟ้าไทยจากศูนย์วิจัยอนุกรมวิธานประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นจำนวน 1,440 ฟอง มาฟักพร้อมกันในภาชนะพลาสติกใสขนาด 600 มิลลิลิตร เมื่อไร่น้ำนางฟ้าไทยฟักออกจากไข่ในชั่วโมงที่ 1 แยกนอเพลียสไร่น้ำนางฟ้ามาเลี้ยงในภาชนะพลาสติกใสขนาด 300 มิลลิลิตรที่บรรจุน้ำกลั่นปริมาตร 200 มิลลิลิตร จำนวน 72 ใบ ให้สาหร่ายคลอเรลลา (*Chlorella* sp.) ที่มีความหนาแน่น 1×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร เป็นอาหารทุกวัน (บุญฤดี และคณะ, 2547) การเก็บนอเพลียสไร่น้ำนางฟ้าไทยเพื่อศึกษาพัฒนาการของนอเพลียสไร่น้ำนางฟ้าไทย ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 3 วัน โดยเก็บนอเพลียสไร่น้ำนางฟ้าทุก

1 ชั่วโมง จำนวน 72 ครั้ง รักษาสภาพด้วยฟอรั่มลินความเข้มข้นร้อยละ 4 ในขวดยาพลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร การศึกษาพัฒนาการ และการวัดขนาด ของนอเพเลียสไร่น้ำนางฟ้าไทย

ศึกษาพัฒนาการของนอเพเลียสไร่น้ำนางฟ้าไทย จำนวน 20 ตัว ($n = 20$) ในแต่ละระยะ โดยศึกษาพื้นฐานวิทยาภายนอก และพัฒนาการของนอเพเลียสไร่น้ำนางฟ้าไทยภายใต้กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบแบบใช้แสงธรรมดา (compound light microscope) และการวัดขนาดนอเพเลียสไร่น้ำนางฟ้าไทย วัดความยาวลำตัวทั้งหมด (total length) โดยวัดจากส่วนหัวจนถึงปลายของส่วนเซอโคพอด (cercopods) และความยาวหนวดคู่ที่ 2 (second antenna length) (ภาพที่ 1) จำนวน 10 ตัว ($n = 10$) ในแต่ละระยะ โดยใช้ไมโครมิเตอร์ (micrometer) จากนั้นนำข้อมูลความยาวที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) ในโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 19.0

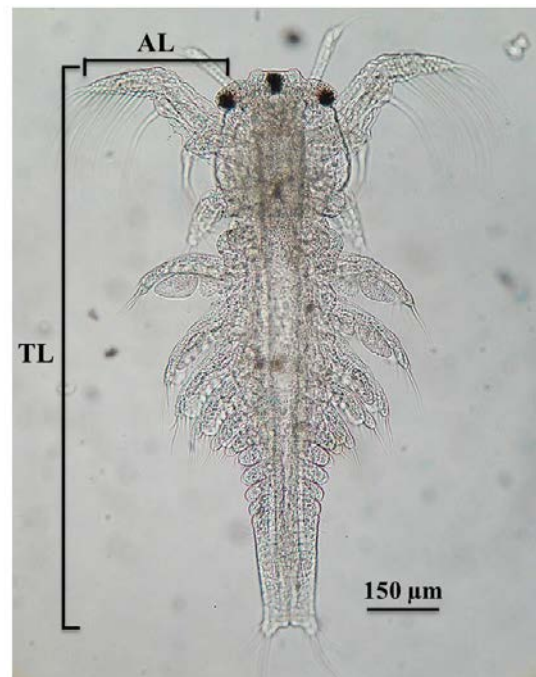
ผลการวิจัย

จากการศึกษาพัฒนาการของนอเพเลียสไร่น้ำนางฟ้าไทย โดยพิจารณาจากการพัฒนาของส่วนหัว การเปลี่ยนรูปร่างของหนวดคู่ที่ 2 จำนวนซีกบริเวณปลายส่วนเอ็นโดพอดิต์ของหนวดคู่ที่ 2 จำนวนปล้องอก จำนวนปล้องท้อง การพัฒนาของขา และจำนวนซีกของแพนหาง ตามงานวิจัยของ Baqai (1963); Bernice (1972; Anderson (1997); Moller et al. (2003) และ ชญานันท์ และศุจิกรณ์ (2556) สามารถแบ่งพัฒนาการของนอเพเลียสไร่น้ำนางฟ้าไทยออกเป็น 8 ระยะ (ตารางที่ 1)

นอเพเลียสระยะที่ 1 มีอายุระหว่าง 1 - 2 ชั่วโมง ความยาวลำตัวเฉลี่ย 0.38 ± 0.04 มิลลิเมตร ส่วนหัว มีตาเดี่ยว (median eye) หนวดคู่ที่ 1 (first antenna) หนวดคู่ที่สอง (second antenna) ทำหน้าที่ในการว่ายน้ำของนอเพเลียส มีขาสำหรับกรองอาหารเรียกว่า พาลป์ (palp) อยู่ใกล้กับแมนดิเบิล (mandible) ยังไม่มีส่วนอกและส่วนท้อง (ภาพที่ 3 - 1)

นอเพเลียสระยะที่ 2 มีอายุระหว่าง 3 - 7 ชั่วโมง ความยาวลำตัวเฉลี่ย 0.66 ± 0.04 มิลลิเมตร ส่วนหัวแยกจากลำตัวอย่างชัดเจน หนวดคู่ที่ 2 ประกอบด้วย เอ็กโซพอดิต์ (exopodite) และเอ็นโดพอดิต์ (endopodite) ซึ่งมีความยาวมากกว่านอเพเลียสระยะที่ 1 (ภาพที่ 2) มีการพัฒนารยางค์ปาก 3 คู่ ได้แก่ แมนดิเบิล แมกซิลลาคู่ที่ 1 (first maxilla) และแมกซิลลาคู่ที่ 2 (second maxilla) มีปล้องอก (thoracic segment) 2 - 3 ปล้อง หนามส่วนท้าย (anal setae) ขนาดเล็ก มี 2 ซีก (ภาพที่ 3 - 2)

นอเพเลียสระยะที่ 3 มีอายุระหว่าง 8 - 13 ชั่วโมง ความยาวลำตัวเฉลี่ย 0.76 ± 0.03 มิลลิเมตร ส่วนหัวประกอบด้วย ตาเดี่ยว เริ่มปรากฏตาประกอบ (compound eyes) ขนาดเล็ก 1 คู่ บริเวณปลายหนวดคู่ที่ 1 มีหนามรับความรู้สึก (sensory spine) หนวดคู่ที่ 2 มีความยาวมากกว่านอเพเลียสระยะที่ 2 (ภาพที่ 2) มีปล้องอก 6 - 7 ปล้อง ปล้องที่ 1 - 3 เริ่มมีตุ่มขา (leg bud) ยังไม่มีปล้องท้อง และหนามส่วนท้ายมี 2 ซีก (ภาพที่ 3 - 3)



ภาพที่ 1 การวัดขนาดนอเพเลียสไร่น้ำนางฟ้าไทย

AL: ความยาวหนวดคู่ที่ 2 (antenna length);

TL: ความยาวลำตัวทั้งหมด (total length)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความแตกต่างของนอเพเลียสของไร่น้ำนางฟ้าไทยทั้ง 8 ระยะ

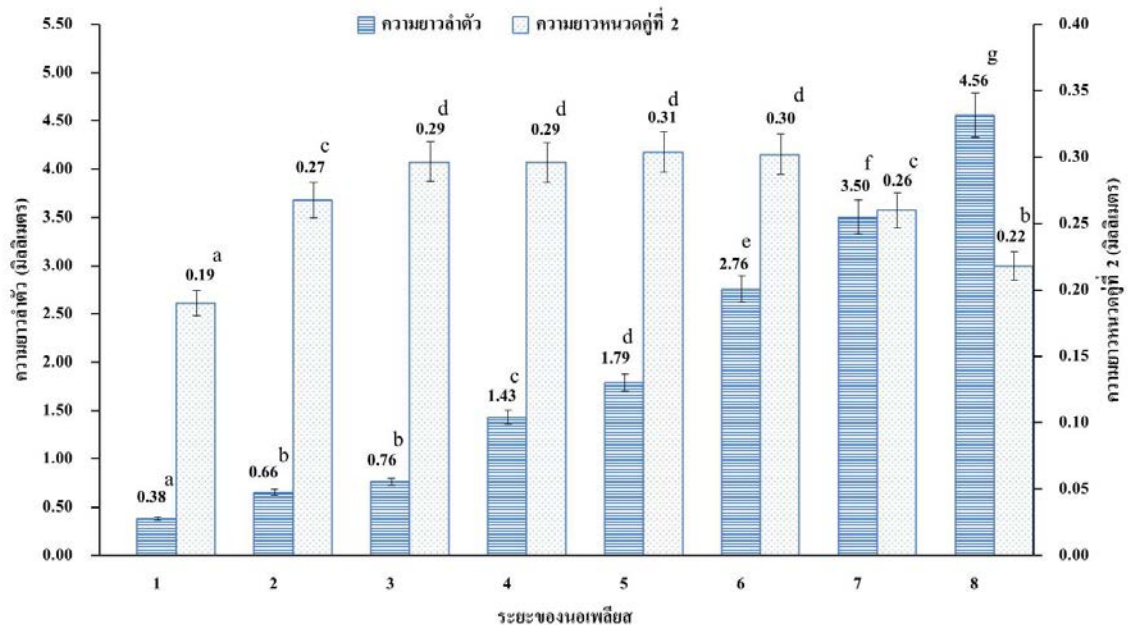
ลักษณะที่ใช้ระบุระยะ ของนอเพเลียส	นอเพเลียสระยะที่							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ตาเดี่ยว (median eye)	มี	มี	มี	มี	มี	มี	มี	มี
ตาประกอบ (compound eye)	ไม่มี	ไม่มี	มี	มี	มี	มี	มี	มี
หนวดคู่ที่ 1 (first antenna)	มี	มี	มี	มี	มี	มี	มี	มี
จำนวนซี่ (setae) ที่ปลาย ส่วนเอ็นโดพอดิต์ของ หนวดคู่ที่ 2	3	4	4	4	4	4	4	4
ลาบรัม (labrum)	มี	มี	มี	มี	มี	มี	มี	มี
แมนดิเบิล (mandible)	มี	มี	มี	มี	มี	มี	มี	มี
พาลป์ (palp)	มี	มี	มี	มี	มี	มี	มี	มี
แมกซิลลาคู่ที่ 1 (first maxilla)	ไม่มี	มี	มี	มี	มี	มี	มี	มี
แมกซิลลาคู่ที่ 2 (second maxilla)	ไม่มี	มี	มี	มี	มี	มี	มี	มี
จำนวนปล้องอก (thoracic segment)	ไม่มี	2 - 3	6 - 7	8	11	11	11	11
การเจริญของขา (thoracic leg)	ไม่มี	ขาที่ 1 - 3 เป็นคุ่ม ขา	ขาที่ 1 - 3 พัฒนาส่วน EXD และ END เพิ่มขึ้น ขาที่ 4 - 7 เป็น คุ่มขา	ขาที่ 1 - 3 พัฒนา ส่วน EXD, END, EPD และ PEPD ขาที่ 4 - 5 พัฒนาส่วน EXD และ END ขาคู่ที่ 6 - 8 เป็นคุ่มขา	ขาที่ 1 - 5 พัฒนา ส่วน EXD, END, EPD และ PEPD ขา คู่ที่ 6 - 8 พัฒนา ส่วน EXD และ END ส่วน ขาคู่ที่ 9 - 11 เป็นคุ่มขา	ขาที่ 1 - 7 พัฒนา ส่วน EXD, END, EPD และ PEPD ขา คู่ที่ 8 - 9 พัฒนา ส่วน EXD และ END ส่วนขาคู่ที่ 10 - 11 เป็นคุ่มขา		
อวัยวะสืบพันธุ์ภายนอก (external genitalia)	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
จำนวนปล้องท้อง (abdominal segment)	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	3	8	8
จำนวนขนของแพนหาง (setae of uropod)	ไม่มี	2	2	4	4	8	10	16

คำอธิบายตัวย่อ: EXD: exopods; END: endopods; EPD: epipods; PEPD: preepipods; EXP: exopodite; ENP: endopodite และ PTP: protopodite

นอเพเลียสระยะที่ 4 มีอายุระหว่าง 14 - 26 ชั่วโมง ความยาวลำตัวเฉลี่ย 1.43 ± 0.06 มิลลิเมตร ส่วนหัวตาประกอบขนาดใหญ่ขึ้น หนวดคู่ที่ 2 มีขนาดคงที่ (ภาพที่ 2) ปล้องอกมี 8 ปล้อง ขาคู่ที่ 1 - 3 มีการพัฒนาส่วน พรีโอพอด (preepipods) อีพอด (epipods) เอ็กโซพอด (exopods) และเอ็นโดพอด (endopods) ขาคู่ที่ 4 - 5

พัฒนาส่วนเอ็กโซพอด และ เอ็นโดพอด และขาคู่ที่ 6 - 8 เป็นคุ่มขา ยังไม่มีปล้องท้อง และส่วนแพนหางมีหนามส่วนท้าย 4 ซี่ (ภาพที่ 3-4)

นอเพเลียสระยะที่ 5 มีอายุระหว่าง 27 - 36 ชั่วโมง ความยาวลำตัวเฉลี่ย 1.79 ± 0.07 มิลลิเมตร ตาประกอบ



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบความยาวลำตัว และหางของตัวอ่อนของปลาไทยทั้ง 8 ระยะ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันที่ยกกำลังอยู่บนค่าเฉลี่ยหมายถึงมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

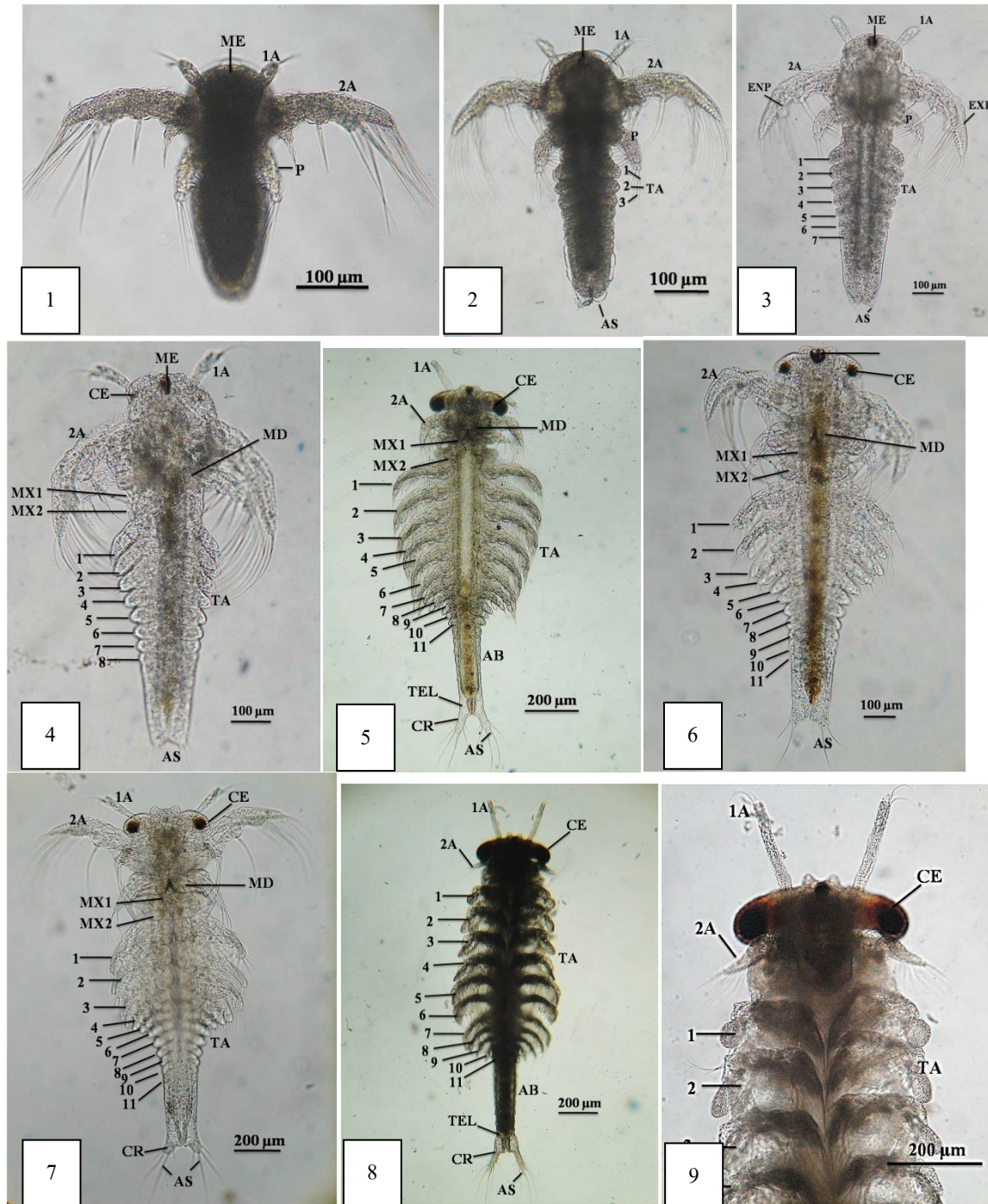
มีการพัฒนาขึ้นอย่างชัดเจน ตัวอ่อนตัวแรกยังคงยังไม่หายไป ปล้องอกมี 11 ปล้อง ขาคู่ที่ 1 – 5 มีการพัฒนาฟรีอพิพอด อีพิพอด เอ็กโซพอด และเอ็นโดพอด ขาคู่ที่ 6 – 8 พัฒนาส่วนส่วนเอ็กโซพอด และ เอ็นโดพอด ขาคู่ที่ 9 – 11 เป็นคัมขา ส่วนท้องยังไม่มีการแบ่งปล้อง และแพนหางมีหนามส่วนท้าย 4 ซี่ (ภาพที่ 3-5)

นอเพลียสระยะที่ 6 มีอายุระหว่าง 37 – 53 ชั่วโมง ความยาวลำตัวเฉลี่ย 2.76 ± 0.19 มิลลิเมตร ตัวอ่อนตัวแรกยังคงพัฒนาสมบูรณ์มากขึ้น หางคู่ที่ 2 มีความยาวคงที่ (ภาพที่ 2) ส่วนอกมีการแบ่งปล้องครบ 11 ปล้อง ขามีการพัฒนาเหมือนกับนอเพลียสระยะที่ 5 ส่วนท้องเริ่มมีการแบ่งปล้องท้องปล้องที่ 1 – 3 และส่วนแพนหางมีหนามส่วนท้ายจำนวน 8 ซี่ (ภาพที่ 3-6)

นอเพลียสระยะที่ 7 มีอายุระหว่าง 54 – 60 ชั่วโมง ความยาวลำตัวเฉลี่ย 3.50 ± 0.15 มิลลิเมตร ส่วนหัวประกอบด้วยตาประกอบที่มีก้านตาขาขึ้น หางคู่ที่ 2 มีความยาวลดลงจากนอเพลียสระยะที่ 6 (ภาพที่ 2) ปล้องอกมี 11 ปล้อง แต่ละปล้องมีริยางค์ 1 คู่ ขาคู่ที่ 1 – 7 มีการ

พัฒนาส่วน ฟรีอพิพอด อีพิพอด เอ็กโซพอด และ เอ็นโดพอด ขาคู่ที่ 8 – 9 พัฒนาส่วนเอ็กโซพอด และ เอ็นโดพอด และขาคู่ที่ 10 – 11 เป็นคัมขา ปล้องท้องมี 8 ปล้อง ซึ่งแต่ละปล้องมีซี่ที่รับความรู้สึก 1 คู่ และแพนหางแบ่งส่วน เซอโคพอด (cercopods) ชัดเจน มีหนามส่วนท้ายจำนวน 10 ซี่ ข้างละ 5 ซี่ (ภาพที่ 3-7)

นอเพลียสระยะที่ 8 มีอายุ 61 – 87 ชั่วโมง ความยาวลำตัวเฉลี่ย 4.56 ± 0.27 มิลลิเมตร ส่วนหัวตาประกอบมีการพัฒนาที่สมบูรณ์ มี ความยาวลดลงปล้องอกมี 11 ปล้อง แต่ละปล้องมีขาว่ายน้ำ 1 คู่ ปล้องท้องพัฒนาครบ 8 ปล้องรวมส่วนของเทลซอน (telson) และส่วนแพนหางมีหนามส่วนท้าย 16 ซี่ (ภาพที่ 3-8 และภาพที่ 3-9) จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแปรปรวนความยาวลำตัวทั้งหมด และความยาวหางคู่ที่ 2 ของ นอเพลียส ไร่น้ำนางฟ้าไทยทั้ง 8 ระยะพบว่า ความยาวลำตัวทั้งหมด และความยาวหางคู่ที่ 2 ของนอเพลียส ไร่น้ำนางฟ้าทั้ง 8 ระยะมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 3 ระยะพัฒนาการของนอเพรียสไรราน้ำนางฟ้าไทย

- (1) นอเพรียสระยะที่ 1; (2) นอเพรียสระยะที่ 2; (3) นอเพรียสระยะที่ 3; (4) นอเพรียสระยะที่ 4
 (5) นอเพรียสระยะที่ 5; (6) นอเพรียสระยะที่ 6; (7) นอเพรียสระยะที่ 7; (8) นอเพรียสระยะที่ 8
 (9) ส่วนหัว และลำตัวของนอเพรียสระยะที่ 8

คำอธิบายตัวของภาพที่ 3: ME: median eye , 1A: first antenna , 2A: second antenna , MD: mandible,
 TA: thoracic segment, AS: anal setae, BSP: basalpodite , ENP: endopodite , EXP: exopodite, L: labrum, CE:
 compound eyes, EPD: epipod, EXD: endopod, EXD: exopod, MX1: first maxilla, MX2: second maxilla และ
 CR: cercopods

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

พัฒนาการของนอเพเลียสของไร่น้ำนางฟ้าไทยสามารถแบ่งได้เป็น 8 ระยะย่อย 4 ช่วงหลักคือช่วงที่ 1 ได้แก่ ระยะที่ 1 เป็นระยะที่มีการพัฒนาของร่างกายส่วนหัว 3 คู่แรกของร่างกาย แต่ยังไม่มีการพัฒนาของส่วนอก ท้อง และหาง ช่วงที่ 2 ได้แก่ ระยะที่ 2 เป็นระยะที่ส่วนอกมีการแบ่งปล้องอก และเกิดคุ่มขา ลำตัวมีความยาวเพิ่มขึ้น ช่วงที่ 3 ได้แก่ ระยะที่ 3 – 4 เป็นระยะที่คุ่มขาเริ่มพัฒนาเป็นขา ซึ่งประกอบด้วยส่วน เอ็นโดพอด เอ็กโซพอด อีพิพอด และ ฟรีอพิพอด และช่วงที่ 4 ได้แก่ ระยะ 5 - 8 เป็นระยะที่เริ่มมีการลดรูปของหนวดคู่ที่ 2 มีขาครบทั้ง 11 คู่เท่ากับตัวเต็มวัย

เมื่อเปรียบเทียบพัฒนาการของนอเพเลียสไร่น้ำนางฟ้าไทยกับนอเพเลียสไร่น้ำนางฟ้าชนิดอื่นพบว่า ไร่น้ำนางฟ้าชนิด *Streptcephalus dichotomus* (Bemice, 1972) และ ไร่น้ำนางฟ้าชนิด *S. seali* (Baqai, 1963) นอเพเลียสมีระยะพัฒนาการ 8 ระยะเท่ากับไร่น้ำนางฟ้าไทย ช่วงแรกของการพัฒนา ไร่น้ำนางฟ้าไทยมีการพัฒนาเร็วกว่าไร่น้ำนางฟ้าชนิด *S. dichotomus* และไร่น้ำนางฟ้าชนิด *S. seali* แต่ช้ากว่าไร่น้ำนางฟ้าสิรินธร *S. sirindhornae* (ชญาณันท์ และศุจิภรณ์, 2556) ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ศึกษาอัตราเร็วในการพัฒนาของร่างกาย แต่มีการศึกษาอัตราเร็วในไร่น้ำนางฟ้าชนิด *Thamnocephalus platyurus* ซึ่งอยู่ในวงศ์เดียวกับไร่น้ำนางฟ้าไทย พบว่า มีอัตราเร็วในการแบ่งปล้องอกเท่ากับ 0.5 ปล้องต่อชั่วโมง (Williams et al., 2012) เมื่อเปรียบเทียบกับพัฒนาการของไร่น้ำนางฟ้า *Eubbranchipus grubii* พบว่า มีการพัฒนาของขาเหมือนกับนอเพเลียสไร่น้ำนางฟ้าไทย ซึ่งเป็นไปตามแบบการพัฒนาของแบรนคิโอพอดทั่วไป

เมื่อพิจารณารูปแบบการพัฒนาของร่างกายของนอเพเลียสไร่น้ำนางฟ้าไทยพบว่า การพัฒนาของร่างกายเป็นแบบมัลติรามัส (multiramous leg) เหมือนกับไร่น้ำนางฟ้าชนิด *T. platyurus* และสัตว์กลุ่มครัสเตเชียนอื่นๆ โดยการพัฒนาเริ่มจากระยะที่ไม่มีคุ่มขา มีคุ่มขา และเจริญเป็นขาสมบูรณ์ เนื่องจากมีการ

แสดงออกของยีน Dll, Tlwt1 และ Exd ในนอเพเลียสแต่ละระยะไม่เท่ากัน ทำให้การพัฒนาของขาเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน (Williams et al., 2001; Williams, 2007) นอกจากนี้ ทิศทางการพัฒนาของขาเริ่มจาก ปล้องอก ปล้องแรกเจริญขึ้นก่อนแล้วจึงเริ่มพัฒนาในปล้องอก ปล้องถัดมาจนถึงปล้องอกปล้องสุดท้าย (Moller, 2004) การพัฒนาแบ่งปล้องอก ปล้องท้อง และความยาวลำตัวของนอเพเลียส ไร่น้ำนางฟ้า *S. seali* มีรูปแบบการเจริญที่เหมือนกับพัฒนาการของไร่น้ำนางฟ้าไทยคือ มีการพัฒนาจากของส่วนหัว อก ท้อง และหางตามลำดับ (Baqai, 1963) และยังพบว่า ไร่น้ำกาบหอย *Limnadia stanlenaya* และ *Artemia. salina* มีพัฒนาการความคล้ายคลึงกับพัฒนาการของไร่น้ำนางฟ้าไทยเช่นเดียวกัน (Anderson, 1967) สาเหตุที่ไร่น้ำนางฟ้ามีรูปแบบการพัฒนาของอวัยวะโดยเริ่มตั้งแต่ส่วนหัวจนถึงส่วนหางเนื่องจากการทำงานของ Notch receptor ที่เป็นโปรตีนที่ผิวเซลล์ที่มีการอนุรักษ์ไว้ในระดับสูงระหว่างเกิดวิวัฒนาการ โดยส่งสัญญาณ Notch เพื่อควบคุมการพัฒนาของอวัยวะตามแบบแผน และหน้าที่การใช้งานที่แตกต่างกัน (Williams et al., 2012) ทำให้การพัฒนาอวัยวะเกิดขึ้นในระยะเวลาแตกต่างกัน เช่นการพัฒนาของขาว่ายนน้ำจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์เมื่อหนวดคู่ที่ 2 ลดรูปลง (Williams et al., 2001) การพัฒนาไร่น้ำนางฟ้าแต่ละชนิดมีพัฒนาการ การพัฒนาของอวัยวะ และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างโดยใช้ระยะเวลาที่แตกต่างกันเนื่องจากสภาพแวดล้อม และลักษณะทางภูมิศาสตร์ของแหล่งอาศัย ไร่น้ำนางฟ้าไทยอาศัยอยู่ในเขตร้อน ทำให้มีผลต่อการพัฒนาของอวัยวะที่เร็วกว่า แต่รูปแบบการเจริญจากส่วนหัว อก ท้อง และหางไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มแบรนคิโอพอดอื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ โครงการพัฒนาพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย) ที่สนับสนุนทุนวิจัย และศูนย์วิจัยอนุกรมวิธานประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่อนุเคราะห์ให้ไขไร่น้ำนางฟ้าไทย และสถานที่ทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ชญาพันธ์ ธนาเกียรติวิบูล และ ศุภิภรณ์ อธิบาย. 2556. ลักษณะภายนอกและการเจริญของตัวอ่อนระยะเนอพลีสของไร่น้ำนางฟ้าสิรินธร. ใน: รายงานการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติครั้งที่ 29. หน้า 1107-1112. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, เชียงราย.
- บุญส่ง แสงพันธุ์ และ ละออศรี เสนาะเมือง. 2547. การเพาะเลี้ยงไร่น้ำนางฟ้า. ขอนแก่น: ศูนย์วิจัยอนุกรมวิธานประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พุทธพรณี บุญมาก. 2549. ชีววิทยาการฟักไข่ของไร่น้ำนางฟ้าสิรินธรและองค์ประกอบในทางเดินอาหารของไร่น้ำนางฟ้าสิรินธรและไร่น้ำนางฟ้าไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ยุพินท์ วิวัฒน์ชัยเศรษฐ์. 2549. ไร่น้ำนางฟ้าเพื่อคุณภาพชีวิต. วารสารการประมง. 59 (1): 59-66.
- อนันต์ ดันสุตะพานิช, นกมล ภูพานิช, ธนัญช์ สังกะธนกิจ และ สมสุดา บัวจำ. 2532. การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเลบางชนิดผสมผสานกับการเลี้ยงอาร์ทีเมียในบ่อดิน. วารสารการประมง. 42(4):281-290.
- อนันต์ ดันสุตะพานิช, นกมล ภูพานิช, ธนัญช์ สังกะธนกิจ และ ชงชัย เพิ่มงาม. 2536. การเพาะเลี้ยงและการใช้ประโยชน์จากอาร์ทีเมีย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- Anderson, DT. 1967. Larval development and segment formation in the branchiopod crustaceans *Limnadia stanleyana* KING (Conchostraca) and *Artemia salina* (L.) (Anostraca). *Australian Journal of Zoology*. 15: 47-91.

- Baqai, IU. 1963. Studies on the postembryonic development of the fairy shrimp *Streptocephalus seali* RYDER. *Tulane Studies Zoology*. 10(2): 91-120.
- Bernice, R. 1972. Hatching and postembryonic development of *Streptocephalus dichotomus* Baird (Crustacea : Anostraca). *Hydrobiologia*. 40(2): 251-278.
- Dararat, W., Lomthaisong, K., and Sanoamuang, L. 2012. Biochemical composition of three species of fairy shrimp (Branchiopoda: Anostraca) from Thailand. *Journal of Crustacean Biology*. 32(1):81-87.
- Moller, OS., Olesen, J., and Hoeg, JT. 2004. On the larval development of *Eubranchipus grubii* (Crustacea, Branchiopoda, Anostraca), with notes on the basal phylogeny of the Branchiopoda. *Zoomorphology*. 123:107-123.
- Pennak, RW. 1989. Fresh water invertebrates of the United States. 3rd ed. John Wileys and Sons, New York.
- Plodsomboon, S. and Sanoamuang, L. 2007. Effect of salinity on survival of the Thai fairy shrimp's nauplii (*Branchinella thailandensis* Sanoamuang, Saengphan and Murugan, 2002). *Journal of Scientific Research*. 6: 165-173.
- Plodsomboon, S., Maeda-Martinez, AM., Obregon-Barboza, H. and Sanoamuang, L. 2012. Reproductive cycle and genitalia of the fairy shrimp *Branchinella thailandensis* (Branchiopoda: Anostraca). *Journal of Crustacean Biology*. 32(5): 711-726.
- Saengphan, N. and Sanoamuang, L. 2009. Effect of food concentrations on growth and survival of the fairy shrimp *Branchinella thailandensis* Sanoamuang, Saengphan and Murugan. *Burapha Science Journal Special Volume*: 19-28.

Williams, TA. 2007. Structure and development of setae on the thoracic limbs of the anostracan crustacean, *Thamnocephalus platyurus*. *Arthropod Structure & Development*. 36: 63-76.

Williams, TA. and Nagy, LM. 2001. Developmental modularity and the evolutionary diversification of arthropod limbs. *Journal of Experimental Zoology (Mol. Dev. Evol)*. 291: 241-257.

Williams, TA., Blachuta, B., Hegna, TA. and Nagy, LM. 2012. Decoupling elongation and segmentation: Notch involvement in anostracan crustacean segmentation. *Evolution Development*. 14(4): 372-382.