# รายงานผลงานวิจัย

# มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง

## การเก็บรักษาหนอนแดงมีชีวิตเพื่อเป็นอาหารปลาสวยงามเชิงพาณิชย์

LIVING RED WORM PRESERVATION FOR COMMERCIAL ORNAMENTAL FISH FEED


โดย

**สุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ ฉายบุ**


2553

# รายงานผลงานวิจัย

# มหาวิทยาลัยแม่โจ้

**เรื่อง** การเก็บรักษาหนอนแดงมีชีวิตเพื่อเป็นอาหารปลาสวยงามเชิงพาณิชย์

Living Red Worm Preservation for Commercial Ornamental fish Feed

**ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย** ประจำปี 2552

จำนวน 165,000 บาท

**หัวหน้าโครงการ** นายสุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย

**ผู้ร่วมโครงการ** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ ฉายบุ

# คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสภาวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนในการจัดสรรงบประมาณวิจัยประจำปี 2552 จำนวน 165,000 บาท สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ ที่ให้ความสะดวกในการใช้สถานที่เพาะเลี้ยงหนอนแดงและอุปกรณ์เฉพาะเพื่อใช้ในการดำเนินการทดลองจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| คำขอบคุณ | (1) |
| สารบัญ | (2) |
| สารบัญตาราง | (4) |
| สารบัญภาพ | (5) |
| บทคัดย่อ | 1 |
| บทนำ | 3 |
| วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย | 5 |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 5 |
| การตรวจเอกสาร | |
| ชีววิทยาของหนอนแดง | 6 |
| วงจรชีวิตของหนอนแดง | 12 |
| การผลิตหนอนแดง | 14 |
| การเก็บรักษาหนอนแดง | 18 |
| ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการรอดตาย และระดับความเป็นพิษที่มีต่อหนอนแดง | 21 |
| ผลผลิตของหนอนแดง | 22 |
| ประโยชน์ของหนอนแดง | 24 |
| อุปกรณ์และวิธีการวิจัย | |
| เครื่องมือและอุปกรณ์ | 23 |
| วิธีการวิจัย และวิธีดำเนินการ | 24 |
| การวิเคราะห์ทางสถิติ | 25 |
| สถานที่ทำการวิจัย | 25 |
| ผลและวิจารณ์ผล | 26 |
| สรุปผลการทดลอง | 34 |
| บรรณานุกรม | 35 |
| ภาคผนวก | 39 |

# สารบัญตาราง


| ตาราง | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | คุณค่าทางโภชนาการของหนอนแดง | 4 |
| 2 | ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่ออัตราการรอดตาย และระดับความเป็นพิษต่อหนอนแดง | 19 |
| 3 | ผลผลิตของหนอนแดงที่ได้จากวิธีการเลี้ยง และอาหารต่าง ๆ | 20 |
| 4 | เปอร์เซ็นต์การรอดตายในเวลา 24 ชั่วโมงของหนอนแดงที่เก็บรักษาในอุณหภูมิและสารรักษาสภาพที่ต่างกัน | 26 |
| 5 | เปอร์เซ็นต์การรอดตายในเวลา 48 ชั่วโมงของหนอนแดงที่เก็บรักษาในอุณหภูมิและสารรักษาสภาพที่ต่างกัน | 27 |
| 6 | เปอร์เซ็นต์การรอดตายในเวลา 72 ชั่วโมงของหนอนแดงที่เก็บรักษาในอุณหภูมิและสารรักษาสภาพที่ต่างกัน | 28 |
| 7 | อัตรารอดตายเฉลี่ย (%) ของหนอนแดงที่เก็บรักษาใน น้ำกลั่น, HBSS, Ca-F HBSS, สารละลายกลูโคส ที่ความเข้มข้น 2% และน้ำเกลือ ที่ความเข้มข้น 0.9% | 31 |
| 8 | อัตรารอดตายเฉลี่ย (%) ของหนอนแดงที่ความหนาแน่น และอุณหภูมิแตกต่างกันที่ระยะเวลา 3 วัน | 33 |
| 9 | อัตรารอดตายเฉลี่ย (%) ของหนอนแดงที่ความหนาแน่น และอุณหภูมิแตกต่างกันที่ระยะเวลา 6 วัน | 33 |

# สารบัญภาพ


| ภาพ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ริ้นน้ำจืด | 9 |
| 2 | แสดงส่วนหัวและห้าปล้องแรกของหนอนแดง *C. plumatisetigerus* | 9 |
| 3 | แสดงส่วนกะโหลกหัวของหนอนแดง *C. plumatisetigerus* | 9 |
| 4 | แสดงส่วนปล้องสามปล้องสุดท้ายของหนอนแดง *C. plumatisetigerus* | 10 |
| 5 | ลักษณะฟันที่ริมฝีปากล่างของหนอนแดง *C. plumatisetigerus* | 10 |
| 6 | ลักษณะฟันที่ขากรรไกรของหนอนแดง *C. plumatisetigerus* | 10 |
| 7 | ลักษณะหนวดของหนอนแดง *C. plumatisetigerus* | 11 |
| 8 | แสดงวงจรชีวิตของหนอนแดง | 13 |
| 9 | ภาชนะที่ใช้เก็บรักษาหนอนแดง | 28 |
| 10 | สภาพการเก็บรักษาหนอนแดงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส | 29 |
| 11 | สภาพการเก็บรักษาหนอนแดงที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส | 29 |
| 12 | อัตรารอดตายเฉลี่ยของหนอนแดงที่เก็บในสารละลายต่างชนิดกันนาน 0-10 วัน | 32 |

# การเก็บรักษาหนอนแดงมีชีวิตเพื่อเป็นอาหารปลาสวยงามเชิงพาณิชย์

# LIVING RED WORM PRESERVATION FOR COMMERCIAL ORNAMENTAL FISH FEED

**สุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ ฉายบุ**

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

## บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการเก็บรักษาหนอนแดงแบบมีชีวิตใน Cryoprotectants และ Extender ที่เป็นสารรักษาสภาพที่มีมูลค่าต่ำ ได้แก่ น้ำกลั่น, น้ำ+ไข่ขาว, น้ำเชื่อมและไอศกรีม โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน คือ 0, 4 และ 25 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเก็บรักษา 24 , 48 และ 72 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบอัตราการรอดตายของหนอนแดงที่เหลืออยู่ โดยการทดลองจำนวนหนอนแดงเริ่มต้นที่ 50 ตัว พบว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสหนอนแดงรอดตายมากที่สุดโดยมีหนอนแดงรอดตายในน้ำกลั่นและน้ำ + ไข่ขาวแต่ในน้ำเชื่อมและไอศกรีมไม่มีหนอนแดงที่รอดตาย โดยในสารรักษาสภาพที่เป็นน้ำกลั่นและน้ำ + ไข่ขาวหนอนแดงมีอัตราการรอดตายที่ 53.33 และ 46 เปอร์เซ็นต์ รองมาคือหนอนแดงที่เก็บรักษาที่ 0 องศาเซลเซียสมีหนอนแดงรอดตาย 28 และ 21.33 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสหนอนแดงรอดตายน้อยสุดที่ 21.33 และ 2.67 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในทางสถิติพบว่าเปอร์เซ็นต์การรอดตายของหนอนแดงในทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกันในทางสถิติ ($p<0.05$) ด้านการใช้ Cryoprotectants และ Extender ได้แก่ น้ำกลั่น Hank's balanced salt solution (HBSS) , Calcium Free Hank's balanced salt solution (Ca-F HBSS), สารละลายกลูโคส ความเข้มข้น 2% และ น้ำเกลือ ความเข้มข้น 0.9% พบว่า หนอนแดงที่เก็บรักษาในน้ำกลั่น, HBSS, Ca-F HBSS, สารละลายกลูโคส 2% และน้ำเกลือ 0.9% ที่เวลา 10 วัน ที่ 12 องศาเซลเซียส ให้อัตรารอดตายเฉลี่ย $16.3 \pm 3.21$, $22 \pm 2.00$, $28.3 \pm 6.80$, $55.3 \pm 6.92$ และ $12 \pm 1.73$% ตามลำดับ โดยอัตรารอดตายมีความแตกต่างกัน หนอนแดงที่เก็บรักษาในสารละลายกลูโคส 2% มีอัตรารอดตายสูงสุดซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จากผลการทดลองในเบื้องต้นนี้ยังจำเป็นต้องศึกษาผลของสภาวะแวดล้อม อุณหภูมิและ

ฤดูกาลที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาหนอนแดงแบบมีชีวิตเพื่อปรับให้เหมาะสมเพื่อการพัฒนาสู่การผลิตเชิงการค้าต่อไป

**Abstract**

The living Red worm preservation in in low cost cryoprotectant and extender solution such as distilled, water, water+white egg, syrup and ice-cream was studied. Preservation at different temperature including keeping Red worm at 0, 4 and 25 C in 24, 48 and 72 hour was investigated. 50 larvae was used 4 C showed the best survival rate. They could survive in distilled water and water+white egg but not in syrub and ice-cream. The survival rates of Red worm preserved in distilled, water and water+white egg at 4 C were 5.33 and 46% respectively, The survival rates of Red worm preserved in distilled, water and water+white egg at 0 C were 28.00 and 21.33% respectively , respectively, The survival rates of Red worm preserved in distilled, water and water+white egg at 25 C were 21.33 and 2.67% respectively.

The average survival rate of Red worm kept in distilled water, HBSS, Ca-F HBSS, 2% glucose solution and 0.9% NaCl solution at 12 C, 20 larvae/ml in 10 days were 16.3+3.21, 22.0+2.00, $28.3 \pm 6.80$, $55.3 \pm 6.92$ and $12 \pm 1.73$%, respectively which were significant differences ($p<0.05$). 2% glucose solution had the highest survival rate. However further study on effect of environment, temperature and season on Red worm preservation must be conducted for adjust the suitable for industrial purpose.

# บทนำ

หนอนแดง (Chironomid larvae หรือ blood worm) มีบทบาทสำคัญในวงการเลี้ยงปลาเป็นอย่างมาก จัดเป็นอาหารธรรมชาติของสัตว์น้ำโดยเฉพาะปลาตู้หรือปลาสวยงาม และการอนุบาลลูกปลา (Borror and DeLong, 1964) ช่วยให้อัตราการรอดตาย และอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำสูงขึ้น (วีรพงศ์, 2536) เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง หนอนแดงสดประกอบด้วย โปรตีน 5.29 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.20 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 1.22 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 0.89 เปอร์เซ็นต์ และส่วนประกอบของฟอสฟอรัส 0.06 เปอร์เซ็นต์ ให้พลังงานสูงถึง 495.50 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม (อิทธิพร 2532) โดยหนอนแดงสด 100 กรัม มีน้ำหนักแห้ง 8.61 กรัม (ตาราง 1) หนอนแดงนอกจากจะเป็นอาหารสัตว์น้ำที่มีคุณค่า แล้วยังช่วยลดปัญหาการเน่าเสียของน้ำที่เกิดจากการย่อยสลายของเศษอาหารที่เหลือค้างอยู่ และยังมีบทบาทสำคัญในวงการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบอาหารธรรมชาติ เป็นประโยชน์ในเรื่องการควบคุมขนาดของกุ้งให้สม่ำเสมอ ช่วยทำให้กุ้งมีสุขภาพแข็งแรง และเติบโตเต็มที่ (สำรวย, 2545) การใช้อาหารที่มีชีวิตเสริมในการเลี้ยงปลาจะทำให้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio, FCR) ต่ำกว่าการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว (Hepher and Pruginin, 1981) ปัจจุบันจึงมีการส่งเสริมการเพาะเลี้ยงหนอนแดงในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อเพิ่มอาหารธรรมชาติที่มีโปรตีนสูง และช่วยลดต้นทุนค่าอาหาร โดยการใช้อินทรียวัตถุเติมลงในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ หนอนแดงมีราคาสูงถึงกิโลกรัมละ 80 - 200 บาท เมื่อรับซื้อจากเกษตรกร และถ้าซื้อในลักษณะซองสำเร็จรูปราคาจะสูงถึงกิโลกรัมละ350 - 400 บาท (สำรวย, 2533) จึงนับได้ว่าหนอนแดงเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่นำมาซึ่งรายได้เป็นสินค้าส่งออกจำหน่ายยังต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น ฮ่องกง และสิงคโปร์ (สำรวย, 2545) หนอนแดงเป็นผลผลิตที่ได้จากธรรมชาติซึ่งในอดีตมีปริมาณมาก และเพียงพอต่อความต้องการ ผู้เลี้ยงปลาสามารถเก็บรวบรวมได้จากแหล่งน้ำ มีราษฎรกลุ่มหนึ่ง มีอาชีพเก็บรวบรวมหนอนแดงจากคูคลองข้างถนนแถบชานเมืองกรุงเทพฯ ขาย แต่ปัจจุบันมีการถมคูคลองที่มีหนอนแดงชุกชุมเพื่อขยายถนน ทำให้แหล่งผลิตหนอนแดงลดลง เมื่อหนอนแดงที่ได้จากธรรมชาติมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ จึงมีการเพาะหนอนแดง และมีการพัฒนาการเพาะเลี้ยงเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดียิ่งขึ้น ปัจจุบันการผลิตหนอนแดงเพื่อการค้านั้นมีหลายรูปแบบ เช่น การผลิตในบ่อคอนกรีตขนาดกลาง บ่อคอนกรีตขนาดใหญ่ และบ่อดินขนาดเล็ก สำหรับอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงก็มีหลายชนิด เช่น กากถั่วลิสง กากถั่วเหลือง มูลไก่ อาหารผสม รำผสมปุนขาว เป็นต้น ผลผลิตที่ได้มีความแตกต่างกันไปตามรูปแบบ และอาหารที่ใช้เลี้ยง ซึ่งอาหารที่ใช้เลี้ยงดังกล่าวนั้นยังไม่ระบุแน่ชัดว่ามีปัจจัยใดที่

ทำให้ผลผลิตหนอนแดงแตกต่างกัน และหนอนแดงที่เลี้ยงจากอาหารที่ต่างกันจะมีคุณค่าทางโภชนาการแตกต่างกันหรือไม่ การเก็บเกี่ยวหนอนแดง หากหนอนแดงอยู่ในระยะการสร้างปลอกจะทำให้การเก็บเกี่ยวมีความยุ่งยากมากขึ้น จึงต้องมีการเก็บผลผลิตหนอนแดงก่อนการสร้างปลอก และมีการเก็บรักษาผลผลิตของหนอนแดง วิธีการเก็บรักษาหนอนแดงมีหลายวิธี คือ การเก็บแห้ง ซึ่งหนอนแดงจะตายหมด และการเก็บแบบมีชีวิต หนอนแดงจะยังไม่ตาย วิธีนี้ยังไม่สามารถระบุปัจจัยที่ทำให้หนอนแดงมีชีวิตนานได้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญต่อการเก็บรักษาหนอนแดงให้มีชีวิตนานขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแหล่งอาหารที่มีชีวิตอีกทางหนึ่ง การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตรารอดตายของหนอนแดงที่เก็บรักษาในสารละลายต่างชนิดกัน และศึกษาผลของความหนาแน่นและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาหนอนแดง

**ตาราง 1** คุณค่าทางโภชนาการของหนอนแดง

| คุณค่าทางโภชนาการ (%) | หนอนแดงสด | หนอนแดงแห้ง |
|---|---|---|
| โปรตีน | 5.29 | 61.53 |
| ไขมัน | 1.20 | 14.04 |
| เถ้า | 0.88 | 10.32 |
| ความชื้น | 91.39 | 0 |
| คาร์โบไฮเดรต | 1.21 | 14.02 |
| ฟอสฟอรัส | 0.06 | - |
| พลังงาน | - | 495.51 |

ที่มา: อิทธิพร (2532)

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาชนิดของสารละลายที่เหมาะสมต่ออัตรารอดตายของหนอนแดงที่เก็บรักษา
2. เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่ออัตรารอดตายของหนอนแดงที่เก็บรักษา
3. เพื่อศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมต่ออัตรารอดตายของหนอนแดงที่เก็บรักษา

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. นำองค์ความรู้ที่ได้มาใช้ในการศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตรารอดตายของการเก็บรักษาหนอนแดง
2. เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลทางวิชาการในการส่งเสริมความรู้แก่เกษตรกร สถาบันการศึกษา และบุคคลทั่วไปที่สนใจ
3. เพื่อเป็นแนวทางในการประกอบอาชีพแก่เกษตรกร หรือเป็นการหารายได้เสริม

# การตรวจเอกสาร

## 1. ชีววิทยาของหนอนแดง

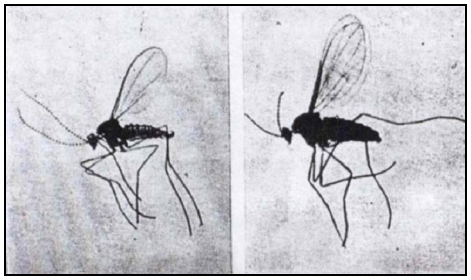
หนอนแดงเป็นตัวอ่อน (larvae) ของริ้นน้ำจืด (Midge) จัดจำแนกตามหลักอนุกรมวิธานได้ดังนี้ (Borror and DeLong, 1964; Bland and Jaques, 1978; Daly *et al*., 1978; Lehmkuhl, 1979; Mamaer and Krivosheina, 1993; Romoser and Stoffolano,1994; Stevens, 2000; Epler, 2001)

Phylum Arthopoda
Subphylum Uniramia
Superclass Hexapoda
Class Insecta
Subclass Pterygota
Infraclass Neoptera
Superorder Mecopteroidea
Order Diptera
Suborder Nematocera
Superfamily Culicoidea
Family Chironomidae
Genus *Chironomus*

ริ้นน้ำจืดอยู่ในอันดับเดียวกันกับยุงและแมลงวัน ริ้นน้ำจืดมีหลายชนิด เช่น *Chironomus plumosus. C. attenuatus. C. tentans. C. riparius. C. plumatisetigerus.* (Bland and Jaques,1978; เฉลียว, 2537) ได้มีการจำแนกชนิดของริ้นน้ำจืดโดยการใช้เทคนิคอิเล็คโตรโฟเรซิสในการตรวจสอบฮีโมโกลบินจากหนอนแดง (Shobanov, 1990) ริ้นน้ำจืด (ภาพ 1) มีรูปร่างคล้ายยุงแต่ไม่มีปากที่ยื่นยาวออกมาเหมือนยุงจึงไม่กินเลือด (Bland and Jaques, 1978) แต่จะกินน้ำหวาน และเกสรดอกไม้ ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์นอกจากทำให้เกิดความรำคาญ และเป็นปัญหาแก่ผู้ที่มีอาการแพ้ริ้นน้ำจืด (Robinson, 1996) ตัวผู้มีหนวดแบบพู่ขนนก (Plumose) ส่วนหัวเล็กชอบหดเข้าไปอยู่ในส่วนอกขากรรไกรไม่เจริญ ตัวยาว 8 - 10 มิลลิเมตร มักอยู่เป็นฝูงใกล้ผิวน้ำ และใกล้แสงสว่าง ตัวเมียชอบวางไข่ในที่ลมสงบ เฉลี่ยตัวละ 500 - 2,300 ฟอง (Wirth and Stone, 1956) ไข่จะลอยเป็นแพบนผิวน้ำ

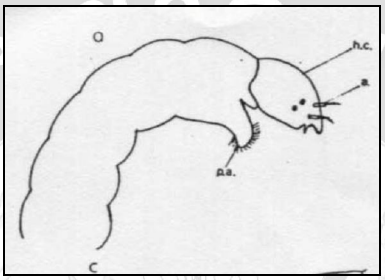
มีลักษณะเป็นเส้นหรือแท่งมีวุ้นหุ้มมีจุดประสีดำ ๆ มองเห็นด้วยตาเปล่า ไข่จะฟักเป็นตัวหนอนภายในเวลา 3 - 4 วัน หนอนแดงลำตัว ยาว 3 - 18 มิลลิเมตร (Gullan and Cranston, 1994) มีสีแดงเพราะมีสารฮีโมโกลบิน (haemoglobin) อยู่ในเลือด (Thompson and English, 1966; Price, 1975; Samways, 1994) ลักษณะของหนอนแดงแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนหัว ส่วนอก และส่วนลำตัว ส่วนหัวของหนอนแดงแบ่งแยกจากลำตัวเห็นได้ชัด หัวหนอนแดงค่อนข้างเล็ก และมีเปลือกแข็งหุ้ม มีตาเป็นจุดสีดำเล็ก 1 คู่ มีขนเล็ก ๆ สำหรับทำหน้าที่กวาดอาหารเข้าสู่ปาก มีฟันหรือกรามที่แข็งแรงทำหน้าที่บดอาหาร ส่วนอกจะขยายใหญ่ มีอวัยวะหายใจยื่นยาวออกมาเป็นท่อเล็ก ๆ 1 คู่ บางชนิดจะมีลักษณะเป็นสายยาว (Barnes, 1949; Johannsen and Thomsen, 1937) (ภาพ 2) ด้านบนของกะโหลกส่วนหัวประกอบด้วยแผ่นแข็ง 3 แผ่น คือ แผ่นกลาง 1 แผ่น และแผ่นข้าง 2 แผ่น แผ่นกลางเรียกว่า clypeus (ภาพ 3) มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมสีดำหรือสีน้ำตาลที่มีความเข้มต่างกัน ลักษณะและสีของ clypeus เป็นลักษณะเฉพาะของหนอนแดงแต่ละชนิด clypeus ของหนอนแดงชนิด *C. plumatisetigerus* มีสีน้ำตาลความเข้มปานกลาง ตรงด้านปลายของ clypeus มีริมฝีปากบน (labrum) ที่ยื่นออกและหดเข้าได้ บนขอบริมฝีปากล่าง (labium) มีฟันสีดำ 15 ซี่เรียงกันเป็นแถว (ภาพ 5) ฟันบริเวณตรงกลางจะมีลักษณะแหลมคม ส่วนแผ่นทางด้านข้างของส่วนหัว 2 แผ่นนั้น มีตา 2 คู่ หนวด 1 คู่ และขากรรไกร 1 คู่ ขากรรไกรของหนอนแดงค่อนข้างแข็งเคลื่อนไหวได้ และมีฟันแหลม 4 ซี่เรียงกัน (ภาพ 6) หนวดของหนอนแดงค่อนข้างเล็กประกอบด้วย 5 ปล้องต่อกัน (ภาพ 7) ลำตัวของหนอนแดงมีลักษณะยาวเรียวเป็นปล้องมีทั้งหมด 12 ปล้อง ปล้องลำตัว 3 ปล้องแรกที่ถัดจากส่วนหัวลงมาจะตรงกับบริเวณที่เป็นส่วนอกของตัวเต็มวัย เรียกว่า Cephalothorax (Elzinga, 1997; Hirons, 1966) ในบางชนิดปล้องสุดท้ายของลำตัวจะมีรยางค์คล้ายขาเทียม 1 คู่ (Ross, 1965) อวัยวะสืบพันธุ์อยู่ทางด้านล่างของปล้องสุดท้าย นอกจากนี้ยังมี blood gill ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการหายใจอยู่ตรงปล้องลำตัวส่วนท้าย หนอนแดงมี blood gill 2 ชนิด คือ ventral blood gill (ventral tubule) 2 คู่ ซึ่งเป็นเส้นยาวและอ่อนงอพับได้อยู่ทางด้านล่างของปล้องที่ 11 และ anal blood gill (anal tubule) ซึ่งเป็นเส้นสั้น ๆ 2 คู่ อยู่ตรงปลายของปล้องที่ 12 (ภาพ 4) นอกจากนั้นตรงบริเวณรอยต่อระหว่างปล้องที่ 10 และ 11 แต่ละข้างมีเส้นเล็กสั้นยื่นออกมาเรียกว่า lateral projection ซึ่งหนอนแดงบางชนิดจะไม่มีเส้นคู่นี้ หนอนแดงเคลื่อนที่ได้โดยการสะบัดลำตัว (Borror and DeLong, 1964) ขณะที่เฉลียว (2537) รายงานว่า หนอนแดงเคลื่อนที่ได้โดยการใช้รยางค์ตอนต้นของอก (prothoracic appendage) และ เท้าที่ส่วนก้น (anal feet) ซึ่ง รยางค์ตอนต้นของอก คือส่วนที่ยื่นออกมาทางด้านล่างของปล้องอกปล้องแรก (ภาพ 2) บริเวณส่วนปลายของ รยางค์ตอนต้นของอก ประกอบด้วยเส้นเล็ก ๆ ที่ยื่นออกมาเป็นจำนวนมากและมีลักษณะคล้ายขอ ดังนั้นนอกจาก รยางค์ตอนต้นของอก จะมีหน้าที่ช่วยในการเคลื่อนที่ของหนอนแดงแล้วยังมีหน้าที่จับอาหาร และยึดเกาะด้วย ส่วนเท้าที่ส่วน

ก้น อยู่เป็นคู่ทางด้านล่างของปล้องสุดท้ายของลำตัวค่อนข้างแข็งและตรงปลายมีเส้นที่มีลักษณะคล้ายหนามโค้งยื่นออกมา (ภาพ 4) เท้าที่ส่วนก้น มีหน้าที่ยึดเกาะและช่วยในการเคลื่อนที่ของหนอนแดงเช่นกัน สีของหนอนแดงอาจมีความแตกต่างกัน เช่น สีแดงเข้ม เหลือง หรือจางจนไม่มีสี โดยเฉพาะหนอนแดงที่อาศัยอยู่ตามใบไม้ใบหญ้าจะมีสีจางหรือไม่มีสี หนอนแดงส่วนใหญ่จะมีสีแดง (Borror and White, 1970) ส่วนที่อาศัยอยู่ตามพื้นโคลนมักจะมีสีแดงเข้ม ตัวที่อาศัยในที่ที่มีปริมาณออกซิเจนน้อยจะมีสีแดงเข้มมากกว่าในที่ที่มีปริมาณออกซิเจนมากกว่า เนื่องจากการปรับตัวของปริมาณเม็ดเลือดซึ่งมีสารฮีโมโกลบิน และเป็นตัวที่สามารถดึงดูดและแลกเปลี่ยนออกซิเจนจากน้ำ ตัวอ่อนเมื่ออายุได้ 10 -12 วัน จะสร้างปลอก (tube) หุ้มตัวโดยใช้โคลนตม และเศษอินทรียวัตถุที่เน่าสลายในน้ำ พฤติกรรมการสร้างปลอกของหนอนแดงมีความสำคัญ และจำเป็นต่ออัตราการรอดตายของหนอนแดง (Nath *et al*., 1998) ปลอกจะช่วยยึดส่วนอกและขาเทียม 2 คู่ที่อยู่บริเวณท้องช่วยงึลำตัวและป้องกันไม่ให้กระแสน้ำผ่านเข้าออก และเป็นทางรับปริมาณออกซิเจน หนอนแดงจะอาศัยอยู่ในปลอกนี้เป็นระยะเวลานาน 6 - 8 วัน บางชนิดสามารถสร้างปลอกหุ้มตัวซึ่งปลอกนี้จะฝังตัวอยู่ในโคลนหรือยึดติดกับของแข็งต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำ เช่น หิน และ กิ่งไม้ ปลอกของหนอนแดงสร้างมาจากเศษวัสดุที่อยู่ตามแหล่งน้ำ เช่น ดิน ทราย และเศษอินทรียวัตถุต่าง ๆ เศษวัสดุเหล่านี้จะถูกสานให้ยึดติดกันด้วยเส้นใยที่หลั่งมาจากต่อมน้ำลาย (Walshe, 1951) และจากการศึกษาลักษณะการชักใยสร้างปลอกของหนอนแดงโดยการส่องดูพื้นผิวของปลอกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน พบว่ามีลักษณะเป็นตาข่ายที่สานกันหลายชั้นมีช่องว่างขนาดตั้งแต่ 0.01 - 0.7 ไมโครเมตร (Leuchs and Neumann, 1990) หนอนแดงต่างชนิดกันหรือแม้แต่ชนิดเดียวกันอาจสร้างปลอกหุ้มตัวที่มีรูปร่างแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้สร้างและสภาวะแวดล้อมที่มันอาศัยอยู่ (Jonasson and Kristiansen, 1967) ถ้าแหล่งน้ำที่หนอนแดงอาศัยมีอากาศเพียงพอและถ่ายเทได้ดีพร้อมทั้งมีอาหารอุดมสมบูรณ์ หนอนแดงจะอาศัยอยู่ในปลอกตลอดเวลา อาหารของหนอนแดงคือแพลงก์ตอนพืช สัตว์ตัวเล็ก ๆ และเศษอินทรียวัตถุต่าง ๆ (เฉลียว, 2537) ระยะที่อยู่ในปลอกนี้เรียกว่า ระยะก่อนเข้าดักแด้ (prepupa) เมื่อครบกำหนดหนอนแดงจะสลัดปลอกทิ้ง เข้าสู่ระยะดักแด้ (pupa) ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับลูกน้ำยุงที่ชาวบ้านเรียกว่า ไอ้โม่ง แต่มีสีแดงคล้ำ หนอนแดงจะอยู่ในระยะนี้ประมาณ 1 - 2 วัน โดยจะชอบลอยตัวในแนวดิ่งตั้งฉากกับผิวน้ำ หลังจากนั้นจึงลอกคราบเปลี่ยนเป็นตัวเต็มวัยที่เรียกว่า ริ้นน้ำจืด



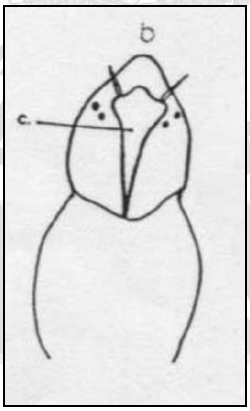
**ภาพ 1** ริ้นน้ำจืด ตัวผู้ (ซ้าย) และ ตัวเมีย (ขวา)

ที่มา: Hirons (1966)



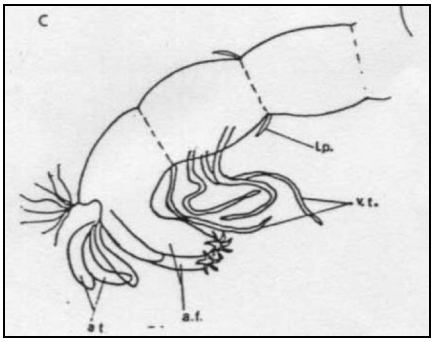

**ภาพ 2** แสดงส่วนหัวและห้าปล้องแรกของหนอนแดง *C. plumatisetigerus*

ที่มา: เฉลียว (2537)

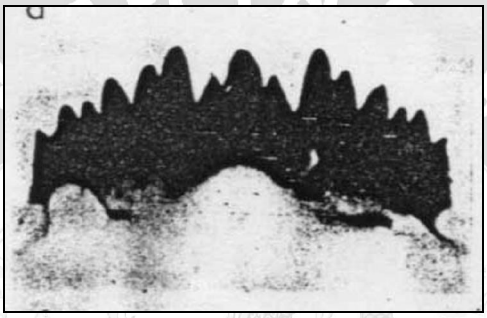



**ภาพ 3** แสดงส่วนกะโหลกหัวของหนอนแดง *C. plumatisetigerus*

ที่มา: เฉลียว (2537)

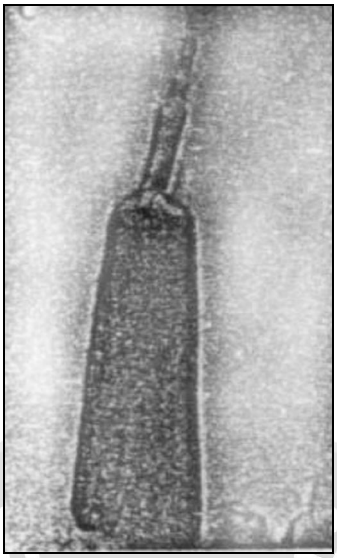



**ภาพ 4** แสดงส่วนปล้องสามปล้องสุดท้ายของหนอนแดง *C. plumatisetigerus*
ที่มา: เฉลียว (2537)




**ภาพ 5** ลักษณะฟันที่ริมฝีปากล่างของหนอนแดง *C. plumatisetigerus*
ที่มา: เฉลียว (2537)

**ภาพ 6** ลักษณะฟันที่ขากรรไกรของหนอนแดง *C. plumatisetigerus*
ที่มา: เฉลียว (2537)



**ภาพ 7** ลักษณะหนวดของหนอนแดง *C. plumatisetigerus*
ที่มา: เฉลียว (2537)

**2. วงจรชีวิตของหนอนแดง**

วงจรชีวิตของแมลงชนิดนี้จะนานประมาณ 21-28 วัน (สำรวย, 2532ก) ริ้นน้ำจืดในประเทศเขตร้อนจะมีวงจรชีวิตสั้นกว่าในประเทศเขตหนาว (สำรวย, 2533) ในขณะที่ เฉลียว (2537) รายงานว่า วงจรชีวิตของริ้นน้ำจืด ชนิด *C. plumatisetigerus* ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ตัวผู้มีวงจรชีวิตประมาณ 25 วัน ในขณะที่ตัวเมียมีวงจรชีวิตประมาณ 27 วัน วงจรชีวิตแบ่งเป็น 4 ระยะ คือ ระยะไข่ ระยะตัวอ่อน ระยะดักแด้ และตัวเต็มวัย (ภาพ 8)

**1. ระยะไข่** ไข่มีลักษณะเป็นรูปยาวรี และโปร่งใสเรียงกันเป็นแถววกกลับไปกลับมาภายในวุ้นเหนียวซึ่งหุ้มไข่ทั้งหมดไว้ทำให้ไข่อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม แต่ละกลุ่มมีขนาดต่างกัน ปลายทั้งสองของกลุ่มไข่จะโค้งงอเข้าหากันทำให้กลุ่มไข่มีรูปร่างคล้ายเกือกม้า ปลายข้างหนึ่งของกลุ่มไข่มีเส้นวุ้นยาวยื่นออกมาเพื่อเป็นที่ยึดกับของแข็งในน้ำ เช่น กิ่งไม้ และใบไม้ ในช่วงที่ตัวเมียกำลังวางไข่ เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้กลุ่มไข่ลอยไปตามน้ำ หลังจากที่ตัวเมียวางไข่วันแรกไข่ที่ถูกผสมจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเจริญเป็นตัวอ่อนอย่างรวดเร็ว วันที่ 3 จะเริ่มฟักเป็นตัว และจะฟักเป็นตัวทั้งหมดภายในวันที่ 4 ตัวอ่อนที่ฟักออกจากไข่ใหม่ ๆ จะเกาะอยู่บนวุ้นที่หุ้มไข่ และกินวุ้นเป็นอาหาร

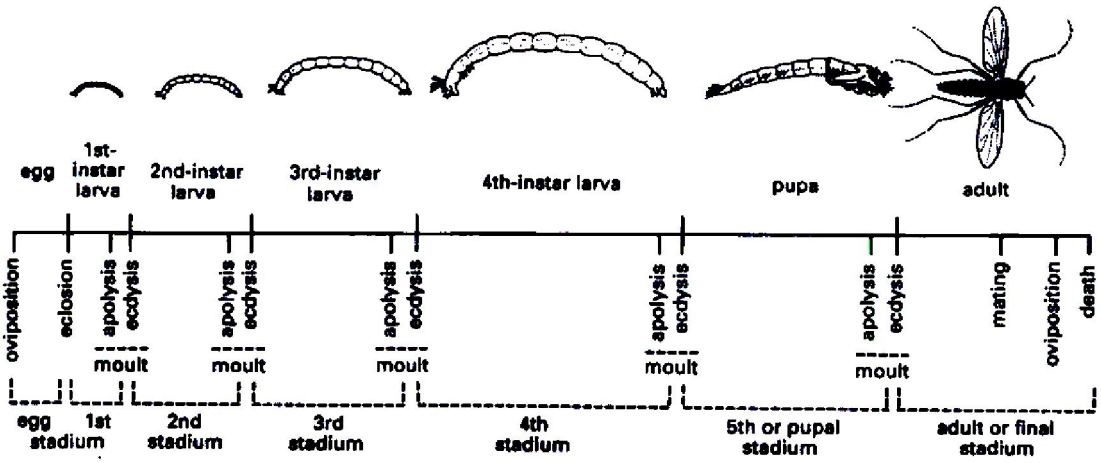
**2. ระยะตัวอ่อน** แบ่งเป็น 4 วัย คือ วัยแรก สอง สาม และ สี่ ซึ่งจะมีการลอกคราบก่อนเปลี่ยนวัยทุกครั้ง วัย 11 แรก ใช้เวลา 2 - 3 วัน ตัวอ่อนระยะนี้มีความรู้สึกไวต่อแสงมาก ตัวยังไม่มีสี

แดง ตัวอ่อนวัยที่สองใช้เวลาประมาณ 2 วัน ตัวอ่อนเริ่มมีสีแดง ตัวอ่อนวัยที่ 3 ใช้เวลาประมาณ 2 วัน เริ่มเห็นอวัยวะสืบพันธุ์เป็นตุ่มเล็ก ๆ แต่ยังแยกเพศไม่ได้ ตัวอ่อนวัยที่สี่ เพศผู้ใช้เวลา 7 - 8 วัน เพศเมียใช้เวลา 9 - 10 วัน ดังนั้นเพศผู้จะเจริญเป็นดักแด้ก่อนเพศเมียประมาณ 2 วัน วัยนี้อวัยวะสืบพันธุ์เจริญอย่างรวดเร็วและเจริญเต็มที่ตอนช่วงปลายระยะทำให้สามารถแยกเพศได้

**3. ระยะดักแด้** ระยะนี้ใช้เวลาเพียง 1 วันเท่านั้น ตัวอ่อนที่เริ่มเข้าระยะดักแด้ใหม่ ๆ จะจมอยู่พื้นน้ำ พอเริ่มจะลอกคราบเป็นตัวเต็มวัยจะลอยขึ้นมาอยู่ผิวน้ำ ต่อมาเปลือกหุ้มส่วนอกด้านบนของดักแด้จะแยกออกจากกันซึ่งเป็นทางออกของตัวเต็มวัย

**4. ระยะตัวเต็มวัย** ใช้เวลาประมาณ 7 - 8 วัน อย่างไรก็ตามการเลี้ยงหนอนแดงเพื่อให้ได้ตัวเต็มวัยใช้ในการทดลองควรเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่ถ้าต้องการหนอนแดงเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำควรเลี้ยงที่อุณหภูมิ 17.5 องศาเซลเซียส เพราะว่าอุณหภูมิที่ต่ำจะช่วยยืดระยะตัวอ่อนของหนอนแดง (Stevens, 1993) อุณหภูมิ และความลึกของแหล่งน้ำมีความสัมพันธ์ต่ออัตราการหายใจของหนอนแดงโดยอุณหภูมิสูงอัตราการหายใจของหนอนแดงจะสูงขึ้น และที่ความลึกมากอัตราการหายใจของหนอนแดงจะลดลง (Bairlein, 1989)

หนอนแดง พบได้ตามแหล่งน้ำทั่วๆไปทั้งในเขตหนาว เขตอบอุ่น และเขตร้อน (Oliver, 1971) โดยจะฝังตัวอยู่ในโคลนหรือเศษใบไม้ที่ทับถมกันตามพื้นก้นแหล่งน้ำที่มีระดับแตกต่างกัน เช่น คู หนอง ลำคลอง ทะเลสาบ และบางทีอาจพบในน้ำเค็มด้วย (Miall and Hammond, 1900) บางชนิดสามารถปรับตัวอยู่ได้ในความเค็มสูงถึง 40 ppt หลายชนิดสามารถดำรงชีวิตได้ในพื้นน้ำที่มีความลึกมาก (Richards and Davies, 1970) หนอนแดงชนิดที่อาศัยในน้ำพบตามแหล่งน้ำทั่วไป รวมถึงทะเลสาบน้ำเค็มและทะเลสาบเปิด ส่วนหนอนแดงชนิดที่ไม่ได้อาศัยในน้ำพบได้ตาม มูลสัตว์ เชื้อรา มอส และซากผุพังของพืช (Chu and Cutkomp, 1992) ในธรรมชาติสามารถพบเห็นหนอนแดงได้ในแหล่งน้ำที่มีอินทรียวัตถุปะปนอยู่มาก ๆ ซึ่งน้ำนั้นจะเน่าเสียส่งกลิ่นเหม็น (อิทธิพร, 2532)




**ภาพ 8** แสดงวงจรชีวิตของหนอนแดง (Gullan and Cranston, 1994)

**3. การผลิตหนอนแดง**

การเพาะเลี้ยงหนอนแดงมีมากมายหลายวิธี ปัจจัยสำคัญในการเพาะเลี้ยงหนอนแดงคือการเลือกอินทรียวัตถุที่เน่าสลายแล้วและสามารถส่งกลิ่นดึงดูดริ้นน้ำจืดให้มาวางไข่โดยจะต้องมีอินทรียวัตถุในปริมาณที่เพียงพอตลอดเวลา และการไหลเวียนของน้ำเพื่อลดผลเสียจากความหนาแน่น อย่างไรก็ตาม สำรวย (2532ก) กล่าวว่า การเพาะเลี้ยงหนอนแดงสามารถทำได้ทั้งในบ่อคอนกรีตและบ่อดิน ซึ่งถูกประยุกต์ให้ง่ายและเลียนแบบธรรมชาติด้วยหลักการดังนี้

**1. อาหารอุดมสมบูรณ์** นั่นคือ อุดมด้วยอินทรียวัตถุที่เน่าสลายแล้ว อินทรียวัตถุที่เน่าสลายนี้จะส่งกลิ่นเรียกริ้นน้ำจืดให้มาวางไข่และเป็นวัตถุดิบในการสร้างปลอกของหนอนแดงด้วย

**2. สภาวะแวดล้อมเหมาะสม** ริ้นน้ำจืดชอบวางไข่ในที่ลมสงบ และมีแสงแดดส่องถึง (อิทธิพร, 2532) บ่อผลิตหนอนแดงจึงต้องสร้างสภาวะแวดล้อมที่เลียนแบบธรรมชาติให้เกิดบริเวณลมสงบโดยการทำที่กำบังลม

**3. ปราศจากศัตรู** เนื่องจากหนอนแดงเป็นอาหารธรรมชาติที่ดีมาก จึงมีสัตว์หลายชนิดที่ชอบกินหนอนแดง เช่น ตัวอ่อนแมลงปอ ลูกกบ ลูกเขียด ลูกปลา เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องมีการป้องกันและกำจัดศัตรูหนอนแดงทั้งก่อนและในระหว่างการผลิต

เสน่ห์ (2550) ได้กล่าวถึงการเพาะเลี้ยงหนอนแดงในบ่อซีเมนต์ว่า บ่อที่ใช้เพาะหนอนแดงแดงนั้น จะเป็นบ่อขนาดเล็ก เช่นขอบบ่อซีเมนต์ขนาดต่างๆ เช่น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร 100 เซนติเมตร 120 เซนติเมตร 150 เซนติเมตร 165 เซนติเมตร 200 เซนติเมตร และ 300 เซนติเมตร ซึ่งมีความสูงอยู่ 2 ระดับ คือ 30 เซนติเมตร และ 35 เซนติเมตร ยกเว้นขนาด 300 เซนติเมตร จะมีความสูง 35 เซนติเมตร ส่วนบ่อซีเมนต์ขนาดใหญ่ เช่น ขนาด 50 × 10 × 1 เมตร

และที่มีขนาดรองลงมา เช่น 4 × 8 × 1 เมตร หรือขนาด 3 × 5 × 1 เมตร เหมาะสำหรับผู้ที่มีความชำนาญในการเพาะ หรือเพาะเพื่อใช้ในฟาร์มและเพื่อจำหน่าย เพราะหนอนแดงมีราคาสูงถึงกิโลกรัมละ 200 บาท และสามารถประกอบเป็นอาชีพได้ นอกจากนี้บ่อขนาดใหญ่จะให้ผลผลิตต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร สูงกว่าบ่อขนาดเล็กอีกด้วย

จันทร์พิมพ์ และคณะ (2549) ได้วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงและใช้ประโยชน์หนอนแดง โดยการศึกษาอิทธิพลของชนิดแสง และความเข้มข้นของแสงแดดต่อความชุกชุม ปริมาณอาหาร วิธีให้อาหาร และการเปลี่ยนถ่ายน้ำต่อผลผลิตเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนแดงแต่ละตัว ดำเนินการทดลองระหว่างเดือน ตุลาคม 2548 - เดือนกันยายน 2550 พบว่าความชุกชุมเฉลี่ย (ตัว/ตร.ม.) ของหนอนแดงที่เลี้ยงภายใต้แสงแบล็คไลท์ ฟลูออเรสเซ็นต์ และแสงแดด ทั้งในสภาพแสงแดดจัด แสงแดดปานกลาง และแสงสลัว ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) และพบความชุกชุมเฉลี่ยสูงที่สุดในเดือนมิถุนายนคือ 75,299.33 ตัว/ตร.ม. ผลผลิตเฉลี่ยของหนอนแดงที่เลี้ยงด้วยอาหาร 2,000, 2,500, 3,000, และ 3,500 กรัม/บ่อ (8 ตร.ม.) มีความแตกต่างกันคือ 62.01, 89.18, 135.13, และ101.87 กรัม/ตร.ม. การเปลี่ยนถ่ายน้ำที่ระดับ 0%, 25%, และ50% ส่งผลให้หนอนแดงแต่ละตัวมีน้ำหนักเฉลี่ยแตกต่างกัน คือ 0.0043, 0.0046 และ0.0053 กรัม (P>0.05) การให้อาหาร 3,000 กรัม/บ่อ แก่หนอนแดงที่เลี้ยงนาน 24 วัน โดยวิธีให้เพียง 1 ครั้ง, 2 ครั้ง และ3ครั้ง ไม่ทำให้ผลิตรวมและน้ำหนักเฉลี่ยของหนอนแดงแตกต่างกัน (P>0.05) การใช้ผลิตภัณฑ์หนอนแดงที่ผลิตขึ้น 5 รูปแบบ เปรียบเทียบกับหนอนแดงสด และอาหารสำเร็จรูปให้ผลการเลี้ยงปลาคาร์ฟที่แตกต่างกันทั้งน้ำหนักเพิ่มโดยรวม อัตราการแลกเนื้อ และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน โดยหนอนแดงอบที่ 60 $^{0}$ซ ให้น้ำหนักเพิ่มโดยรวมสูงสุด หนอนแดงอบที่ 70 $^{0}$ซ ให้อัตราการแลกเนื้อต่ำสุด (ดีที่สุด) และให้อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันสูงสุด (P>0.05)

เฉลียว (2537) ศึกษาวงจรชีวิตและวิธีเพาะเลี้ยงหนอนแดง *Chironomus plumayisetigerus* ว่าสามารถผสมและเพาะเลี้ยงในห้องทดลองได้ติดต่อกันจนถึงลูกรุ่นที่ 9 โดยทำการทดลองผสมพันธุ์ในกรงขนาดต่างๆ กัน ดังนี้คือ ขนาด 37 × 37 × 37 ลูกบาศก์เซนติเมตร 30.5 × 30.5 × 30.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร 20.5 × 20.5 × 20.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร และ 10.5 × 10.5 × 10.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร จาการทดลองพบว่าแมลงหนอนแดงจะผสมและวางไข่อย่างสม่ำเสมอในกรงขนาดเล็ก (10.5 × 10.5 × 10.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ได้ดีกว่ากรงขนาดใหญ่ นอกจากนี้จำนวนตัวผู้ในกรงยังมีผลต่อความสำเร็จของการผสมพันธุ์ด้วย ในการผสมรุ่นพ่อแม่ (P) และรุ่นลูกที่ 1 ($F_1$) ด้วยกันเองจะต้องใช้ตัวผู้อย่างน้อยที่สุด 25 ตัว แต่ในการผสมรุ่นลูกที่ 2 ($F_2$) และรุ่นถัดไปใช้ตัวผู้เพียง 10 ตัวเท่านั้น เมื่อศึกษาเปอร์เซ็นต์ของไข่ที่ถูกผสมและออกเป็นตัวของลูกแต่ละรุ่นพบว่ามีเปอร์เซ็นต์

ค่อนข้างสูง (>93%) และไม่แตกต่างกันมาก จึงดูเหมือนว่าสภาวะของห้องทดลองไม่มีผลต่อกลไกการผสมพันธุ์และเพาะพันธุ์ของแมลงหนอนแดง *Chironomus plumayisetigerus*

รัตนสุดา และคณะ (มปป.) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิผลต่อผลผลิตของหนอนแดง ทำการทดลองเพาะเลี้ยงหนอนแดงในบ่อคอนกรีตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เมตร ทำการทดลองแบบสุ่มตลอด จำนวน 3 ซ้ำ การทดลองที่ 1 ผลของระดับโปรตีนในอาหารที่มีต่อผลผลิตของหนอนแดง โดยใช้อาหารเม็ดที่มีโปรตีน 4 ระดับ คือ 25, 30, 35 และ 40 % พบว่าระดับโปรตีนในอาหารมีผลต่อผลผลิตของหนอนแดงไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยได้ผลผลิตเฉลี่ย 16.64 $\pm$ 0.97 กรัม การทดลองที่ 2 ผลของปริมาณอาหารที่มีผลผลิตของหนอนแดง โดยใช้อาหารระดับโปรตีน 25 % ในปริมาณที่ต่างกัน 4 ระดับ คือ 50, 100, 150 และ 200 กรัม/ตร.ม. พบว่า ปริมาณอาหารที่แตกต่างกันมีผลทำให้ผลผลิตของหนอนแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลผลิตหนอนแดงเฉลี่ย 5.74 $\pm$ 0.57, 14.58 $\pm$ 0.49, 12.94 $\pm$ 0.49 และ 4.54 $\pm$ 0.24 กรัมตามลำดับ

นิทัศน์ และคณะ (2551) ศึกษาการเลี้ยงหนอนแดง *Chironomus* sp. ด้วยหนาแน่นต่างกันเพื่อเป็นพ่อแมพันธุ์ การเลี้ยงหนอนแดง *Chironomus* sp. ด้วยความหนาแน่น 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.5 ตัวต่อตารางเซนติเมตรเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกใหญ่ ป่นละเอียดอัตรา 0.04 กรัมต่อตัว ทุกๆ วัน ตลอดการทดลองไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ทดลองภายใต้สภาวะแสงธรรมชาติ อุณหภูมิอากาศ 25+1 องศาเซลเซียส ดำเนินการทดลองที่สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด จ. พระนครศรีอยุธยา ในระหว่างเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม 2551 ผลการศึกษาพบว่าอัตราความหนาแน่นมีผลต่ออัตรารอด ($P<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อสัดส่วนเพศ การเจริญเติบโตในรูปความยาวปีก ความดกของไข่ และเวลาที่ใช้ในพัฒนาการ ($P>0.05$) จากการศึกษาในครั้งนี้สรุปว่าความหนาแน่น 1 ตัวต่อตารางเซนติเมตร เหมาะสมต่อการเลี้ยงริ้นน้ำจืดชนิดนี้เพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์

Habib *et al*. (1997) ศึกษาคุณค่าทางสารอาหารของหนอนแดงที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และหนอนแดงที่เจริญเติบโตในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย โดยทำการเลี้ยงหนอนแดงในถังขนาด 70 ลิตร 9 ถัง ซึ่งประกอบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม (POME) และในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเป็นการเพาะเชื้อ *chlorella vulgaris* Beijerinck บริสุทธิ์จำนวน 200 มิลลิลิตร เริ่มแรก ในน้ำประปา 20 ลิตร ประกอบด้วยปุ๋ย N:P:K (1:0.2:0.2) ในแต่ละทรีตเมนต์ทำเหมือนกัน 3 ซ้ำ การเพาะเลี้ยงสิ้นสุดลงหลังจาก 25 วัน และได้ข้อสรุปผลผลิตของหนอนแดงในถัง POME (580 g/ POME 20 ลิตร ) สูงกว่าในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย (35 g/การเพาะเลี้ยงสาหร่าย 20ลิตร)อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) น้ำทิ้งจากการสกัดน้ำมันปาล์มดิบประกอบด้วย arginine, methionine, isoleucine และ phenylalanine สูงกว่าสาหร่ายที่เจริญเติบโตในปุ๋ย อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กรดอะมิโนจำเป็นของหนอนแดงที่เจริญเติบโตใน POME เช่น histidine,

arginine. methionine, isoleucine, phenylalanine และ lysine สูงกว่าหนอนแดงที่เจริญเติบโตในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย อย่างมีนัยสำคัญ polyunsaturated fatty acids (PUFA) กับข้อยกเว้นของ γ – linolenic acid (18:3n-6) หนอนแดงที่เจริญเติบโตใน POME สูงกว่าที่เจริญเติบโตในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย แร่ธาตุ 27 ชนิด ถูกพบโดย electron microscope แต่แร่ธาตุ 23 ชนิด ที่วิเคราะห์ และกำหนดปริมาณใน POME สาหร่าย และหนอนแดงที่เจริญเติบโตใน POME และการเพาะเลี้ยงสาหร่าย ปริมาณกำมะถันใน POME สูงกว่าในสาหร่าย อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งอาจจะนำไปสู่การวิเคราะห์ methionine สารประกอบ S ของกรดอะมิโนจำเป็นในการเพาะเลี้ยงหนอนแดงใน POME การทดลองแสดงให้เห็นว่า POME ไม่เพียงนำไปสู่ผลผลิตหนอนแดงที่สูงเท่านั้น แต่ยังเป็นผลผลิตอาหารมีชีวิตคุณภาพสูงแก่อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอีกด้วย

**4. การเก็บรักษาหนอนแดง**

การเก็บรักษาหนอนแดงทำได้ 5 วิธี คือ

1. การเก็บสดจะเก็บหรือเลี้ยงหนอนแดงในภาชนะ เช่นกะละมังขนาดใหญ่ ให้อากาศเช่นเดียวกับการเลี้ยงปลา แล้วใช้อาหารผงที่ใช้สำหรับอนุบาลลูกปลาดุกเป็นอาหารเลี้ยงหนอนแดง จะเลี้ยงหนอนแดง ถึงแม้หนอนแดงบางส่วนจะลอกคราบ กลายเป็นหัวโม่ง เพื่อจะลอกคราบอีกครั้งแล้วกลายเป็นตัวเต็มวัยหนอนแดงที่กลายเป็นหัวโม่งสามารถช้อนไปเป็นอาหารปลาได้ดี เพราะในระยะที่เป็นหัวโม่งหนอนแดงจะชอบอยู่ที่ผิวน้ำ ทำให้ช้อนได้ง่ายและปลาชอบกินด้วย

2. การเก็บแห้ง ใช้ผ้าขาวบางชุบน้ำให้ชุ่มแล้วห่อหนอนแดงไว้ จากนั้นเอาใส่ภาชนะเก็บไว้ในตู้เย็นหรือถังโฟม ให้มีอุณหภูมิประมาณ 10 - 15 องศาเซลเซียส จะเก็บไว้ได้ 3 – 5 วันโดยที่หนอนแดงยังมีชีวิตอยู่

3. การเก็บแช่แข็ง จะเก็บหนอนแดงโดยการรวบรวมใส่ถุงพลาสติกหรือใส่กล่องพลาสติกแล้วนำไปแช่แข็ง วิธีนี้หนอนแดงจะตายหมด แต่ยังสดและมีคุณค่าทางอาหารดีอยู่เมื่อนำไปเลี้ยงปลาก็ยังชอบกินเช่นเดิม

4. การแช่แข็งแบบพิเศษ เป็นการเก็บรักษาหนอนแดงเพื่อการส่งออก โดยการแช่แข็งด้วยไนโตรเจนเหลววิธีนี้หนอนแดงจะฟื้นประมาณ 40% แต่จะไม่แข็งแรงเพียงแต่มีการเคลื่อนไหวทำให้ปลาชอบกิน

5. การอบแห้ง เป็นการเก็บหนอนแดงโดยการอบแห้งแล้วบรรจุกระป๋องสุญญากาศ เป็นวิธีการที่นิยมทำเป็นการค้าในปัจจุบัน หนอนแดงที่ผ่านการอบแห้งแล้วนี้ปลายังชอบกินเช่นกัน

รัตนสุดา และวิรัช (2548) ได้ศึกษาผลของสารละลายที่ใช้ในการเก็บรักษาต่ออัตรารอดตายของหนอนแดง ที่มีสารละลายที่ต่างกัน คือ น้ำกลั่น สารละลายเกลือ 0.9% และสารละลายกลูโคส 2% เก็บข้อมูลอัตรารอดตาย ในระยะเวลา 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 และ96 ชั่วโมง พบ ที่เวลา 96 ชั่วโมง สารละลายต่างกันมีผลทำให้อัตราการรอดตายของหนอนแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยหนอนแดงมีอัตราการรอดตายเฉลี่ย $17.6 \pm 2.66$, $60.3 \pm 1.45$ และ $66.0 \pm 0.57\%$ ตามลำดับ การศึกษาอิทธิพลของออกซิเจนต่ออัตราการรอดตายของการเก็บรักษาหนอนแดง ใช้สารละลายกลูโคส 2% เปรียบเทียบระหว่าง 2 ชุดการทดลอง คือ ไม่มีการเติมออกซิเจน และมีการเติมออกซิเจนโดยใช้โซเดียมเปอร์คาร์บอเนตพบว่า การเติมออกซิเจนไม่มีผลทำให้อัตราการรอดตายและคุณค่าทางโภชนาการของหนอนแดงแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่เวลา 96 ชั่วโมง หนอนแดงมีอัตราการรอดตายเฉลี่ย $64.66 \pm 0.66$ และ $67.33 \pm 1.2$ % ตามลำดับ

จันทร์เพ็ญ (2547) ศึกษาอุณหภูมิและอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเก็บรักษาหนอนแดงเพื่อนำมาใช้เป็นหัวเชื้อในการผลิตหนอนแดง โดยใช้หนอนแดงซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกันในอัตราความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 ตัวต่อปริมาณน้ำ 1 มิลลิลิตร จำนวน 25, 50, 75, และ 100 ตัว ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร ที่มีปริมาณน้ำ 50 มิลลิลิตร และทดลองที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน ได้แก่ 8, 12, และอุณหภูมิห้อง (31 องศาเซลเซียส) ตามลำดับ เพื่อสังเกตการเคลื่อนไหว และอัตรารอดของหนอนแดง โดยหนอนแดงที่แข็งแรงจะมีการเคลื่อนไหวรวดเร็วและม้วนตัวเป็นก้อนกลม ลำตัวสีแดงสด การเคลื่อนไหวของหนอนแดง ณ ชั่วโมงที่ 24 และ 48 เมื่อเก็บรักษาที่อัตราความหนาแน่นแตกต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง การเคลื่อนไหวของหนอนแดงมีค่าเฉลี่ย คะแนนประเมินสูงกว่าอุณหภูมิ 8 และ12 องศาเซลเซียส ซึ่งอิทธิพลร่วมไม่มีผลเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว พบว่า หลังจากทำการทดลองผ่านไป 48 ชั่วโมง แล้วคุณภาพน้ำที่ใช้ในการทดลองมีค่าออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 2.61-7.82 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 7.6-8.14 ซึ่งอัตรารอดตายของหนอนแดงที่เก็บรักษาในอัตราความหนาแน่น 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 ตัว/มิลลิลิตร มีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ส่วนอุณหภูมิที่มีผลทำให้อัตรารอดของหนอนแดงสูงสุดคือ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่ 8 องศาเซลเซียส มีอัตรารอดรองลงมา การเก็บรักษาหนอนแดงที่อุณหภูมิห้อง ทำให้หนอนแดงมีอัตรารอดตายต่ำสุด โดยอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและอัตราความหนาแน่น ไม่มีผลต่อการเคลื่อนไหวและอัตรารอดของหนอนแดง

ดังนั้น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาหนอนแดง คือ 12 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาในอัตราความหนาแน่น 0.5-2.0 ตัว/มิลลิลิตร เป็นเวลาไม่เกิน 48 ชั่วโมง

ชัชวาลย์ (2546) ศึกษาอัตราการรอดตายของหนอนแดง ที่เก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 12 องศาเซลเซียสในสารละลายเกลือแร่ ORS ที่ระดับความเข้มข้น 5 ระดับ คือ 0 ppt, 25 ppt, 50 ppt, 75 ppt, และ100 ppt เป็นระยะเวลา 60 ชั่วโมง พบว่าอัตราการรอดตายของหนอนแดงเฉลี่ย 17, 57, 85, 63 และ 44.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการรอดตายพบว่าอัตราการรอดตายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

เมื่อทำการทดสอบด้วย Post Hoc Test (Duncan new Multiple Range test) พบว่าระดับความเข้มข้นของเกลือแร่ ORS พบว่าอัตราการรอดตายของหนอนแดงในทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$)

นั่นคือ ที่ระดับความเข้มข้นของเกลือ ORS 50 ppt จะให้อัตรารอดของหนอนแดงสูงสุด และการใช้เกลือแร่ ORS ในทุกระดับให้อัตรารอดสูงกว่าการไม่ใช้เกลือแร่ ORS อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

**5. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการรอดตาย และระดับความเป็นพิษที่มีต่อหนอนแดง**

ตาราง 2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่ออัตราการรอดตาย และระดับความเป็นพิษต่อหนอนแดง

| ปัจจัย | ระดับ | ผลกระทบต่อหนอนแดง |
|---|---|---|
| สภาพกรดหรือด่าง (pH) | 2 | อัตราการฟักไข่ลดลง |
| | 3 | อัตราการรอดตายลดลง |
| 3, 4-dichloroaniline | 0.76 mg DCA / | เป็นพิษ |
| (DCA) | ลิตร | ลดอัตราการเจริญเติบโต |
| 2,4,5-trichlorophenol | 100 ไมโครโมล/ | อัตราการตายเพิ่มขึ้น |
| | ดิน1 กก. | |
| อุณหภูมิ | - | การพัฒนาของตัวอ่อน |
| แสง | - | การพัฒนาของตัวอ่อน |
| Organophosphorus | - | เป็นพิษต่อตัวอ่อนระยะที่ 4 |
| insecticides | | |
| Cadmium | - | เป็นพิษต่อหนอนแดง |
| Permethrin | - | เป็นพิษต่อหนอนแดง |
| Phenyl parazole | - | เป็นพิษต่อหนอนแดง |
| insecticide | | |
| Fipronil | - | เป็นพิษต่อหนอนแดง |
| NPAHs | - | เป็นพิษต่อหนอนแดง |
| Cu2+, Cu+ , Mn2+, | - | เป็นพิษต่อหนอนแดง |
| Mo6+, Ni2+, V5+ | | |
| Chlorella density | - | อัตราการเจริญเติบโตลดลงเมื่อเพิ่มความ |
| | | หนาแน่นของ *Chlorella* sp. |
| Copper sulfate และ | 0.5 มก./ลิตร | ใช้ลดปริมาณหนอนแดงในแหล่งน้ำ |
| chloramine | | |
| $Cu^{2+}$ | 0.02 - 0.2 มก./ | มีผลต่อการทำงานของยีนบนโครโมโซม |
| | ลิตร | ต่อมน้ำลาย |
| 4-nonylphenol | - | เป็นพิษต่อวงจรชีวิตของหนอนแดง |

**6. ผลผลิตของหนอนแดง**

จากการเลี้ยงหนอนแดงในประเทศไทยมีรูปแบบที่แตกต่างกัน ทั้งในแง่ของอุปกรณ์ที่เลี้ยง อาหารที่ใช้เลี้ยง ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งทำให้ผลผลิตแตกต่างกัน ดังสรุปไว้ในตารางที่ 3 นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มปริมาณอาหารที่มีชีวิตในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยการใส่ปุ๋ยคอก ทำให้ได้ผลผลิตของแพลงก์ตอนสัตว์ หนอนแดง และแบคทีเรีย โดยปุ๋ยคอกที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็น มูลสัตว์ปีก ซึ่งใช้ในปริมาณประมาณ 400 กก./เฮกตาร์ ในทุก 2 สัปดาห์ ทำให้มีปริมาณของอาหารธรรมชาติเพิ่มขึ้นแต่มีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง (Hepher and Pruginin, 1981) จากการศึกษาของ Schroeder (1975) อ้างโดย Hepher and Pruginin (1981) รายงานว่า ผลของปุ๋ยคอกต่อปริมาณอาหารธรรมชาติและผลผลิตของปลา พบว่าปลาคาร์ปในบ่อที่มีการเติมปุ๋ยคอกมีผลผลิตและอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าในบ่อที่ไม่มีการเติมปุ๋ยคอก

**ตาราง 3** ผลผลิตของหนอนแดงที่ได้จากวิธีการเลี้ยง และอาหารต่าง ๆ

| รูปแบบการผลิต | อาหารที่ใช้ | ผลผลิต | เอกสารอ้างอิง |
|---|---|---|---|
| บ่อคอนกรีตขนาด 10 ตร.ม. | กากถั่วลิสงหรืออาหารเม็ด | 30 - 40 กรัม/ตร.ม./วัน | สำรวย (2532ข) |
| บ่อคอนกรีตขนาด 50 ตร.ม. | กากถั่วลิสงหรืออาหารเม็ด | 40 - 60 กรัม/ตร.ม./วัน | สำรวย (2532ข) |
| บ่อคอนกรีตที่มีน้ำไหลในปริมาณที่เหมาะสม | - | 176,000 ตัว/ตร.ม. (422.4กรัม/ตร.ม.) | วนิช (2523) |
| ถังซีเมนต์กลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร มีดินรองพื้น | ปุ๋ยคอก มูลไก่หรือปลาป่น | 63,700 - 127,400 ตัว/ตร.ม. | สันทนา (2523) |
| ถังซีเมนต์ขนาด 0.45 ตร.ม. มีดินรองพื้น | มูลไก่ 500 กรัม/ตร.ม. | 262 ตัว/ตร.ม. | สำรวยและคณะ (2532) |
| | มูลไก่ 300 กรัม/ตร.ม. | 1,613 ตัว/ตร.ม. | |
| | อาหารปลากินพืช 150 กรัม/ตร.ม. | 1,611 ตัว/ตร.ม. | |

**ตาราง 3** (ต่อ)

| รูปแบบการผลิต | อาหารที่ใช้ | ผลผลิต | เอกสารอ้างอิง |
|---|---|---|---|
| | อาหารปลากินพืช100 กรัม/ตร.ม. | 2,560 ตัว/ตร.ม. | |
| | กากถั่วลิสงป่น 150 กรัม/ตร.ม. | 3,133 ตัว/ตร.ม. | |
| | กากถั่วลิสงป่น 100 กรัม/ตร.ม. | 2,924 ตัว/ตร.ม. | |
| | อาหารผสม 250 กรัม/ตร.ม. | 1,820 ตัว/ตร.ม. | |
| | อาหารผสม 160 กรัม/ตร.ม. | 669 ตัว/ตร.ม. | |
| บ่อดินที่ใช้เลี้ยงปลา | ปุ๋ยคอก | 100 - 400 ตัว/ตร.ม. | Hepher and Pruginin (1981) |
| บ่อดินที่ไม่ใช้เลี้ยงปลา | ปุ๋ยคอก | 7,900 - 21,500 ตัว/ตรม. | |

**7. ประโยชน์ของหนอนแดง**

สุรศักดิ์ (2545) รายงานว่า การสร้างหนอนแดงและใช้ประโยชน์หนอนแดงเพื่อเป็นตัวเร่งในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 เดือนแรก พบว่าประโยชน์ของหนอนแดงต่อการเลี้ยงกุ้งระยะ 1 เดือนแรก คือ

1. หนอนแดงมีคุณค่าทางอาหารสูงเหมาะสมแก่การเป็นแหล่งอาหารแก่การเลี้ยงกุ้งระยะ 1 เดือนแรก โดยเฉพาะการเป็นตัวเร่งให้แก่กุ้งระยะ 3-14 วันแรก ทำให้ลูกกุ้งโตเร็ว ไซซ์เสมอ อัตรารอดสูง สามารถเลี้ยงต่อเนื่องได้ง่าย และหากปรับการให้อาหารระยะก่อนเช็กยอได้ดี พื้นบ่อจะอยู่ในสภาพดี การเลี้ยงต่อเนื่องจะได้ผลดีมาก

2. การเตรียมอาหารธรรมชาติโดยเน้นหนอนแดงเป็นหลักนี้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทั่วไปสามารถทำได้ไม่ยากและต้นทุนต่ำ

3. การเตรียมห่วงโซ่อาหารธรรมชาติในระยะเตรียมน้ำ แม้จะเน้นให้มีหนอนแดงเป็นหลักก็ไม่ประกันว่าจะได้หนอนแดงมากทุกบ่อ แต่หากใช้แนวการเลี้ยงตากหลักการทางชีวภาพอย่าง

ต่อเนื่อง ห่วงโซ่อาหารธรรมชาติที่มักพบมาก คือ แพลงก์ตอนพืช (ไม่ใช้อาหารหลักของกุ้งกุลาดำในบ่อดิน) และสัตว์หน้าดินต่างๆ ซึ่งอาหารธรรมชาติเหล่านี้ล้วนมีประโยชน์ต่อลูกกุ้งทั้งสิ้น ปรากฏผลการเลี้ยงชัดเจนว่าโตเร็วได้ขายกุ้งไซซ์ใหญ่ ไซซ์เสมอได้กุ้งมาก อัตราแลกเนื้อต่ำ และหากมีหนอนแดงมากๆ ผลจะยิ่งเด่นชัด

อาภรณ์ และสิริวรรณ (2550) การทดลองอาหาร 3 ชนิด ได้แก่ ปลาหลังเขียวบด อาร์ทีเมียเต็มวัยแช่แข็ง และหนอนแดงแช่แข็งในการอนุบาลลูกปูทะเล ระยะเมกาโลปา ซึ่งใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) ที่มีจำนวน 3 ซ้ำ ในระบบการทดลอง ใช้น้ำที่มีความเค็ม 30$\pm$1 ppt และมีการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 30$\pm$1 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลแตกต่างโดยตัวแปรอัตรารอดตายและเปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นลูกปูคราบแรก ระหว่างช่วงเวลาการเจริญเติบโตในระยะเมกาโลปา ใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อมีการวัดซ้ำ (repeated measurements or spit-plot liked analysis) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญระหว่างชนิดอาหาร แต่มีอิทธิพลร่วมของชนิดอาหารกับช่วงเวลา (food x time interaction) ในทั้งสองตัวแปร

การพัฒนาเป็นลูกปูคราบแรกเริ่มเกิดขึ้นในวันที่ 4 และมีต่อเนื่องไปจนถึงวันที่ 7 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการทดลองในช่วงการเจริญเติบโตระยะเมกาโลปา และพบว่าเมกาโลปาที่ไม่พัฒนาเป็นลูกปูคราบแรกในวันสุดท้ายตายลงทั้งหมด การวิเคราะห์ข้อมูลของวันที่ 4 พบว่า อาหารหนอนแดงแช่แข็ง ปลาหลังเขียวบด และอาร์ทีเมียเต็มวัยแช่แข็ง มีอัตรารอดตาย เท่ากับ 95.2$\pm$2.92% 88.45$\pm$5.01% 86.1$\pm$3.19% โดยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ขณะที่เปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นลูกปูคราบแรก เท่ากับ 60.3$\pm$8.52 58.2$\pm$4.29 40.9$\pm$3.71 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยอาหารหนอนแดงแช่แข็งและปลาหลังเขียวบดให้ผลเทียบเท่ากับ และทั้งสองชนิดนี้ให้ผลที่ดีกว่าอาร์ทีเมียเต็มวัยแช่แข็ง สำหรับด้านการผลิตลูกปูคราบแรก ควรพิจารณาถึงผลในระยะสั้นเป็นสำคัญ เพราะสามารถลดต้นทุนการดำเนินงานลงได้จาก 7 วันเป็น 4 วัน

พงษ์ศิริ (2548) ศึกษาการเจริญเติบโตของปลาฟลาวร์ฮอร์น โดยการให้ไรแดง ไส้เดือนน้ำ และหนอนแดงเป็นอาหาร เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาฟลาวร์ฮอร์น พบว่า ในการให้ไรแดง ไส้เดือนน้ำ และหนอนแดง เป็นอาหารปลา ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีน้ำหนักค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.59, 2.97 และ2.66 กรัมตามลำดับ และมีความยาวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 5.27, 5.41 และ5.28 เซนติเมตรตามลำดับ ส่วนต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงปลาตลอดการทดลองสูงสุดคือไรแดง โดยมีต้นทุนค่าอาหาร 80 บาท ส่วนไส้เดือนน้ำและหนอนแดงมีต้นทุนค่าอาหารเท่ากันคือ 60 บาท ดังนั้นในการศึกษาจึงควรเลือกใช้ ไส้เดือนน้ำ หรือหนอนแดง เนื่องจากมีต้นทุนค่าอาหารน้อยกว่าไรแดง และสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานในรูปแบบอาหารมีชีวิต

# อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

## 1. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.1 ด้านการเพาะเลี้ยงหนอนแดง

- บ่อซีเมนต์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร
- โรงเรือนเพาะหนอนแดง
- อาหารปลาดุก
- มูลไก่
- มูลวัว
- เครื่องชั่งน้ำหนัก
- สวิงตัก
- กะละมังใส
- ถาดอลูมิเนียม
- ท่อสำหรับดูดน้ำในบ่อ

1.2 ด้านการเก็บรักษาหนอนแดง

- ตู้เย็น
- หนอนแดง
- ขวดขนาด 10 มิลลิลิตร
- น้ำกลั่น
- glucose
- Hank’s balanced salt solution (HBSS)
- Calcium Free Hank’s balanced salt solution (Ca-F HBSS)
- น้ำเกลือ

**2. วิธีการวิจัย และวิธีดำเนินการ**

ในการดำเนินการทดลองและวิจัยได้แบ่งการศึกษาเป็น 3 ระดับ คือ ระดับที่ 1 เป็นการศึกษาการเก็บรักษาหนอนแดงในสารรักษาสภาพต่างกันโดยโดยให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อในใช้ในการทดลองต่อไป ระดับที่ 2 ศึกษาสารที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บรักษาหนอนแดง ที่อุณหภูมิ 12 °C ระดับที่ 3 ศึกษาความหนาแน่น และอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บรักษา โดยใช้สารที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองที่ 1 โดย นำหนอนแดงจากการเพาะเลี้ยงที่มีอายุประมาณ 10 วัน นับจากวันที่วางไข่ เก็บในขวดพลาสติกขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.92 เซนติเมตร ขนาดบรรจุ 10 มิลลิลิตร ที่มีสารละลายปริมาณ 5 มิลลิลิตร โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาเบื้องต้นของผลอุณหภูมิและสารรักษาหนอนแดงเพื่อเก็บรักษาหนอนแดงมีชีวิต โดยทำการทดลอง 3 ชุด การทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ มีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

1. นำหลอดกาแฟ 108 หลอดเติมน้ำสะอาดลงไป 5 มิลลิลิตร
2. นำหนอนแดงใส่ลงไปในหลอดกาแฟที่เตรียมไว้หลอดละ 50 ตัว
3. นำไปเก็บรักษาในสภาพต่างกันคือ
   - ชุดการทดลองที่ 1 วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง ( 25 องศาเซลเซียส)
   - ชุดการทดลองที่ 2 เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
   - ชุดการทดลองที่ 3 เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส
4. ชุดการทดลองแต่ละชุดจะเก็บรักษาที่เวลา 24,48,72ชั่วโมงตามลำดับ และแต่ละช่วงเวลาจะใช้สารรักษาหนอนแดงคือ น้ำกลั่น น้ำ+ไข่ขาว(1:1) น้ำเชื่อม(50มก./น้ำ 100 มิลลิลิตร)
5. เมื่อครบช่วงเวลาที่กำหนด นำมานับจำนวนหนอนแดงที่ยังมีชีวิตอยู่

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าทางสถิติ Analysis of variance : ANOVA

การทดลองที่ 2. ศึกษาสารที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บรักษาหนอนแดง ที่อุณหภูมิ 12 °C ในสารแต่ละชนิด เก็บในขวดพลาสติก ที่มีสารละลาย 5 มิลลิลิตร โดยแบ่งเป็น 5 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 100 ตัว คือ

ชุดการทดลองที่ 1 น้ำกลั่น

ชุดการทดลองที่ 2 Hank's balanced salt solution (HBSS)

ชุดการทดลองที่ 3 Calcium Free Hank's balanced salt solution (Ca-F HBSS)

ชุดการทดลองที่ 4 สารละลายกลูโคส ความเข้มข้น 2%

ชุดการทดลองที่ 5 น้ำเกลือ ความเข้มข้น 0.9%

ตรวจสอบอัตรารอดตายของหนอนแดงแต่ละสารละลาย ทุก 24 ชั่วโมง

การทดลองที่ 3. ศึกษาความหนาแน่น และอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บรักษา โดยใช้สารที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองที่ 1(สารละลายกลูโคส 2%) เก็บรักษาหนอนแดงที่อุณหภูมิ 4 ,12 และ 27 °C ในความหนาแน่นแตกต่างกัน คือ

ชุดการทดลองที่ 1 หนอนแดง 20 ตัว / มิลลิลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 หนอนแดง 40 ตัว / มิลลิลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 หนอนแดง 60 ตัว / มิลลิลิตร

ชุดการทดลองที่ 4 หนอนแดง 80 ตัว / มิลลิลิตร

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ตรวจสอบอัตรารอดตายของหนอนแดง ที่ระยะเวลา 3 และ 6 วัน

**การวิเคราะห์ทางสถิติ**

นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลอง จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลอง โดยวิธีของ Duncan 's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

**สถานที่ทำการวิจัย**

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

**ผลและวิจารณ์ผล**

การทดลองเก็บรักษาหนอนแดงในสารรักษาสภาพ คือ น้ำกลั่น, น้ำ+ไข่ขาว, น้ำเชื่อมและไอศกรีม โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน คือ 0, 4 และ 25 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเก็บรักษา 24 , 48 และ 72 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบอัตราการรอดตายของหนอนแดงที่เหลืออยู่ โดยการทดลองจำนวนหนอนแดงเริ่มต้นที่ 50 ตัว ได้ผลการทดลองดังนี้

**ตารางที่ 4** เปอร์เซ็นต์การรอดตายในเวลา 24 ชั่วโมงโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิและสารรักษาสภาพที่ต่างกัน

| สารรักษาสภาพ | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | | |
|---|---|---|---|
| | 0 | 4 | 25 |
| น้ำกลั่น | 28 | 55.33 | 21.33 |
| น้ำ + ไข่ขาว (1:1) | 21.33 | 46 | 2.67 |
| น้ำเชื่อม (50mg/100ml) | 0 | 0 | 0 |
| ไอศกรีม | 0 | 0 | 0 |

จากตารางที่ 4 จำนวนหนอนแดงที่รอดตายในเวลา 24 ชั่วโมงพบว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสหนอนแดงรอดตายมากที่สุดโดยมีหนอนแดงรอดตายในน้ำกลั่นและน้ำ + ไข่ขาวแต่ในน้ำเชื่อมและไอศกรีมไม่มีหนอนแดงที่รอดตาย โดยในสารรักษาสภาพที่เป็นน้ำกลั่นและน้ำ + ไข่ขาวหนอนแดงมีอัตราการรอดตายที่ 53.33 และ 46 เปอร์เซ็นต์ รองมาคือหนอนแดงที่เก็บรักษาที่ 0 องศาเซลเซียสมีหนอนแดงรอดตาย 28 และ 21.33 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสหนอนแดงรอดตายน้อยสุดที่ 21.33 และ 2.67 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในทางสถิติพบว่าเปอร์เซ็นต์การรอดตายของหนอนแดงในทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกันในทางสถิติ ($p<0.05$)

**ตารางที่ 5** เปอร์เซ็นต์การรอดตายในเวลา 48 ชั่วโมงโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิและสารรักษาสภาพที่ต่างกัน

| สารรักษาสภาพ | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | | |
|---|---|---|---|
| | 0 | 4 | 25 |
| น้ำกลั่น | 15.33 | 25.33 | 11.33 |
| น้ำ + ไข่ขาว (1:1) | 2 | 8 | 0 |
| น้ำเชื่อม (50mg/100ml) | 0 | 0 | 0 |
| ไอศกรีม | 0 | 0 | 0 |

การเก็บรักษาหนอนแดงที่ 48 ชั่วโมง (ตารางที่ 5) โดยใช้สารรักษาสภาพและอุณหภูมิต่างกัน พบว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสหนอนแดงยังคงให้อัตราการรอดตายที่ดีกว่าอุณหภูมิ 0 และ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งหนอนแดงที่เก็บรักษาในน้ำกลั่นให้อัตราการอดตายสูงสุด คือ 25.33 % รองมาคือ หนอนแดงที่เก็บในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสให้อัตราการรอดตาย 15.33 % และพบว่าหนอนแดงที่เก็บในน้ำเชื่อมและไอศกรีมที่อุณหภูมิต่างๆ ไม่มีหนอนแดงที่รอดตาย เมื่อนำค่าเฉลี่ยไปเปรียบเทียบในทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

**ตารางที่ 6** เปอร์เซ็นต์การรอดตายในเวลา 72 ชั่วโมงโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิและสารรักษาสภาพที่ต่างกัน

| สารรักษาสภาพ | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | | |
|---|---|---|---|
| | 0 | 4 | 25 |
| น้ำกลั่น | 0 | 16 | 0 |
| น้ำ + ไข่ขาว (1:1) | 0 | 4 | 0 |
| น้ำเชื่อม (50mg/100ml) | 0 | 0 | 0 |
| ไอศกรีม | 0 | 0 | 0 |

จากตารางที่ 6 จำนวนหนอนแดงที่รอดตายพบเฉพาะที่เก็บในน้ำกลั่นและน้ำ+ไข่ขาว ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเท่านั้นส่วนที่เหลือไม่พบอัตราการรอดตายของหนอนแดง โดยอัตราการรอดตายน้ำกลั่นเท่ากับ 16% และในไข่ขาว + น้ำ เท่ากับ 4 % เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

**ภาพ 9** หลอดกาแฟที่ใช้ในการทดลอง

**ภาพ 10** หนอนแดงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

**ภาพ 11** หนอนแดงที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

**2. การศึกษาสารละลายต่างชนิดกันต่ออัตรารอดตายของหนอนแดง**

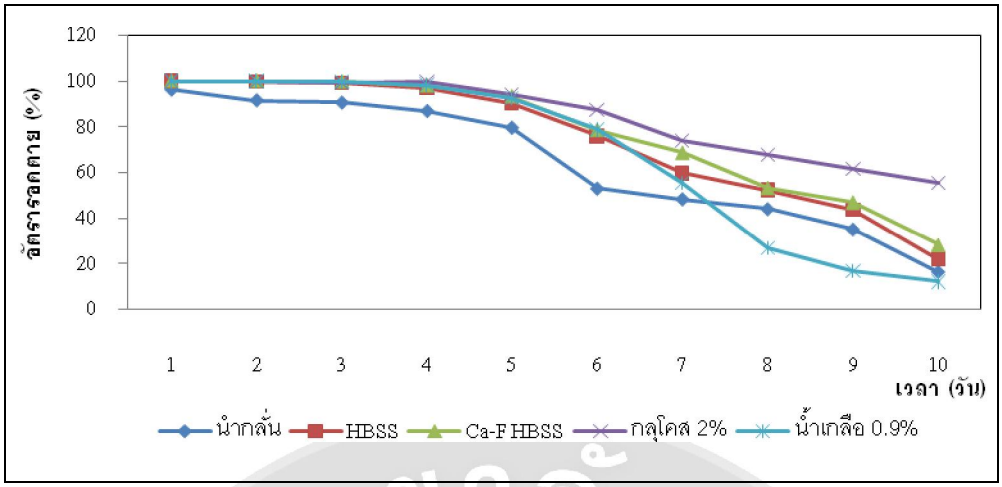
การเก็บรักษาหนอนแดงมีชีวิตที่อุณหภูมิ 12 °C ในสารต่างกันมีผลทำให้อัตรารอดตายของหนอนแดง แตกต่างกัน (ตารางที่ 1และ ภาพที่ 1) โดยในระยะเวลา 10 วัน มีผลต่ออัตรารอดตายของหนอนแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) หนอนแดงที่เก็บรักษาในน้ำกลั่น, HBSS, Ca-F HBSS, สารละลายกลูโคส 2% และน้ำเกลือ 0.9% ที่เวลา 10 วัน อัตรารอดตายเฉลี่ย $16.3 \pm 3.21$, $22 \pm 2.00$, $28.3 \pm 6.80$, $55.3 \pm 6.92$ และ $12 \pm 1.73$% ตามลำดับ โดยอัตรารอดตายมีความแตกต่างกัน หนอนแดงที่เก็บรักษาในสารละลายกลูโคส 2% มีอัตรารอดตายสูงสุดซึ่งมีความ

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สอดคล้องกับ รัตนสุดา (2546) ที่ชี้ว่าสารละลายต่างกันมีผลทำให้อัตรารอดตายของหนอนแดงแตกต่างกัน และสารละลายกลูโคส 2% มีผลทำให้อัตรารอดตายของหนอนแดงสูงขึ้น เนื่องจากสารละลายกลูโคสเป็นสารที่ให้พลังงานสามารถแพร่ผ่านเซลล์เข้าสู่ร่างกายหนอนแดงได้ ทำให้หนอนแดงรักษาพลังงานและคงคุณค่าทางโภชนาการได้ ซึ่งต่างจากการศึกษาของ Nithas *et al*. (2010) ศึกษาการใช้ Protective Media ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาหนอนแดง พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 $^{o}$C สารละลาย embryonic สามารถเก็บได้ดีที่สุดเป็นเวลา 96 ชม. อัตรารอดตาย 10.33% ตามด้วย trehalose 1% อัตรารอดตาย 1.67% โดยการเก็บรักษาใน NaCl 0.9%, Modified Fish Ringer Solution และ glucose 2% หนอนแดงตายภายในเวลา 72 ชม. ซึ่งการเก็บรักษาสิ่งมีชีวิตโดยการแช่แข็ง ได้มีการศึกษากันมากในน้ำเชื้อ เช่น Changjiang *et al*.(2003) ศึกษาผลของ croyoprotectant และอัตราความเย็นที่ใช้เก็บรักษาน้ำเชื้อ (*Xiphophorus couchianus*) พบว่าการเก็บรักษาน้ำเชื้อแบบแช่แข็งสามารถเก็บรักษาได้ใน glycerol 14% พบอัตราการเคลื่อนไหวดีที่สุดเนื่องจาก glycerol เป็นสารที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบสามารถป้องกันเซลล์ได้ และการใช้ HBSS ร่วมกับ glycerol 14% ที่การลดอุณหภูมิ 25 $^{o}$C/min มีอัตราการเคลื่อนไหวดีที่สุด ดังนั้น จึงใช้สารละลายกลูโคส 2% ในการทดลองที่ 2 ต่อไป

ตารางที่ 7 อัตรารอดตายเฉลี่ย (%) ของหนอนแดงที่เก็บรักษาใน น้ำกลั่น, HBSS, Ca-F HBSS, สารละลายกลูโคส ที่ความเข้มข้น 2% และน้ำเกลือ ที่ความเข้มข้น 0.9% (Mean ± SE)

| สารละลาย | ระยะเวลา (วัน) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **น้ำกลั่น** | 96.3 ± 3.78$^{b}$ | 91.6 ± 6.80$^{b}$ | 90.6 ± 6.11$^{b}$ | 87 ± 6.08$^{b}$ | 79.6 ± 5.85$^{b}$ | 53 ± 3.00$^{c}$ | 48.3 ± 1.73$^{c}$ | 44 ± 1.15$^{b}$ | 35 ± 5.00$^{c}$ | 16.3 ± 3.21$^{cd}$ |
| **HBSS** | 100 ± 0.00$^{a}$ | 99.6 ± 0.57$^{a}$ | 99.3 ± 0.57$^{a}$ | 97 ± 1.73$^{a}$ | 90.3 ± 4.50$^{a}$ | 76 ± 1.00$^{b}$ | 59.6 ± 1.52$^{b}$ | 52.3 ± 2.51$^{b}$ | 43.6 ± 2.08$^{b}$ | 22 ± 2.00$^{bc}$ |
| **Ca-F HBSS** | 100 ± 0.00$^{a}$ | 100 ± 0.00$^{a}$ | 99.6 ± 0.57$^{a}$ | 98 ± 1.73$^{a}$ | 93.3 ± 2.08$^{a}$ | 78.6 ± 6.65$^{ab}$ | 68.6 ± 4.72$^{a}$ | 53.3 ± 10.4$^{b}$ | 47 ± 3.60$^{b}$ | 28.3 ± 6.80$^{b}$ |
| **กลูโคส2 %** | 100 ± 0.00$^{a}$ | 99.6 ± 0.57$^{a}$ | 99.3 ± 1.15$^{a}$ | 99.6 ± 1.73$^{a}$ | 94.3 ± 3.78$^{a}$ | 87.3 ± 1.00$^{a}$ | 74 ± 1.00$^{a}$ | 67.6 ± 4.93$^{a}$ | 61.6 ± 2.88$^{a}$ | 55.3 ± 6.92$^{a}$ |
| **น้ำเกลือ 0.9 %** | 100 ± 0.00$^{a}$ | 100 ± 0.00$^{a}$ | 99.6 ± 0.57$^{a}$ | 98.3 ± 0.57$^{a}$ | 92.6 ± 5.13$^{a}$ | 78.3 ± 13.7$^{ab}$ | 55.3 ± 9.23$^{c}$ | 26.6 ± 12.7$^{c}$ | 16.6 ± 3.78$^{d}$ | 12 ± 1.73$^{d}$ |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)




**ภาพ 12** อัตรารอดตายเฉลี่ยของหนอนแดงที่เก็บในสารละลายต่างชนิดกันนาน 0-10 วัน

**3. การศึกษาอัตรารอดตายของหนอนแดงที่ความหนาแน่น และอุณหภูมิแตกต่างกัน**

จากการศึกษา ความหนาแน่น และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาหนอนแดง พบว่า การเก็บรักษาหนอนแดงที่ใช้สารละลายกลูโคส 2% ที่อุณหภูมิ 4,12 และ 27 °C ในวันที่ 3

ที่อุณหภูมิ 4 °C อัตราความหนาแน่น 20, 40, 60 และ 80 ตัว/มล. มีอัตรารอดตายเฉลี่ย 81.67 ± 2.52, 81.67 ± 5.97, 56.77 ± 3.10 และ 53.00 ± 2.63% ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อัตราความหนาแน่น 20 และ 40 ตัว/มล. อัตรารอดตายเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) และอัตราความหนาแน่น 60 และ 80 ตัว/มล.อัตรารอดตายเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยหนอนแดงที่ความหนาแน่น 20 และ 40 ตัว/มล. มีอัตรารอดตายสูงที่สุด

ที่อุณหภูมิ 12 °C อัตราความหนาแน่น 20, 40, 60 และ 80 ตัว/มล. มีอัตรารอดตายเฉลี่ย 99.67 ± 0.58, 99.50 ± 0.50, 91.22 ± 8.30 และ 93.75 ± 1.50% ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยหนอนแดงที่ความหนาแน่น 20 ตัว/มล. มีอัตรารอดตายสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ จันทร์เพ็ญ (2547) ศึกษาความหนาแน่นในการเก็บรักษาหนอนแดง พบว่าความหนาแน่น 0.5,1,1.5 และ 2 ตัว/มล.อัตรารอดไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ที่อุณหภูมิ 27 °C อัตราความหนาแน่น 20, 40, 60 และ 80 ตัว/มล. ไม่พบอัตรารอดตายของหนอนแดง

ตารางที่ 8 อัตรารอดตายเฉลี่ย (%) ของหนอนแดงที่ความหนาแน่น และอุณหภูมิแตกต่างกัน ที่ระยะเวลา 3 วัน

| อุณหภูมิ | ความหนาแน่น | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 20ตัว/มล | 40ตัว/มล | 60ตัว/มล | 80ตัว/มล |
| 4 องศาเซลเซียส | $81.67 \pm 2.52^{ab}$ | $81.67 \pm 5.97^{ab}$ | $56.77 \pm 3.10^{bb}$ | $53.00 \pm 2.63^{bb}$ |
| 12 องศาเซลเซียส | $99.67 \pm 0.58^{aa}$ | $99.50 \pm 0.50^{aa}$ | $91.22 \pm 8.30^{aa}$ | $93.75 \pm 1.50^{aa}$ |
| 27 องศาเซลเซียส | 0 | 0 | 0 | 0 |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ ($P< 0.05$)

จากการศึกษา ความหนาแน่น และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาหนอนแดง พบว่า การเก็บรักษาหนอนแดงที่ใช้สารละลายกลูโคส 2% ที่อุณหภูมิ 4,12 และ 27 $^{o}$C ในวันที่ 6

ที่อุณหภูมิ 12 $^{o}$C ในอัตราความหนาแน่น 20, 40, 60 และ 80 ตัว/มล. มีอัตรารอดตายเฉลี่ย $90 \pm 3.60, 73.17 \pm 1.76, 18.22 \pm 2.37$ และ $10.42 \pm 1.04$% ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) โดยหนอนแดงที่อัตราความหนาแน่น 20 ตัว/มล. มีอัตรารอดตายสูงสุดซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$)

ที่อุณหภูมิ 4 และ 27 $^{o}$C อัตราความหนาแน่น 20, 40, 60 และ 80 ตัว/มล. ไม่พบอัตรารอดตายของหนอนแดง อัตรารอดตายของหนอนแดงที่อุณหภูมิต่างกัน มีค่าเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) โดยอัตรารอดตายของหนอนแดงที่อุณหภูมิ 12 $^{o}$C มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ $47.95 \pm 39.56$% ส่วนที่อุณหภูมิ 4 และ 27 $^{o}$C ไม่พบอัตรารอดตายของหนอนแดง สอดคล้องกับจันทร์เพ็ญ (2547) ศึกษาอุณหภูมิในการเก็บรักษาหนอนแดงพบว่า ที่อุณหภูมิ 12 $^{o}$C มีอัตรารอดตายของหนอนแดงสูงสุด

ตารางที่ 9 อัตรารอดตายเฉลี่ย (%) ของหนอนแดงที่ความหนาแน่น และอุณหภูมิแตกต่างกัน ที่ระยะเวลา 6 วัน

| อุณหภูมิ | ความหนาแน่น | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 20ตัว/มล | 40ตัว/มล | 60ตัว/มล | 80ตัว/มล |
| 4 องศาเซลเซียส | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 องศาเซลเซียส | $90.00 \pm 3.60^{a}$ | $73.17 \pm 1.76^{b}$ | $18.22 \pm 2.37^{c}$ | $10.42 \pm 1.04^{d}$ |
| 27 องศาเซลเซียส | 0 | 0 | 0 | 0 |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ ($P< 0.05$)

## สรุปผลการทดลอง

การเก็บรักษาหนอนแดงมีชีวิตที่อุณหภูมิ 12 °C ในสารต่างกันมีผลทำให้อัตรารอดตายของหนอนแดง แตกต่างกัน (ตารางที่ 1และ ภาพที่ 1) โดยในระยะเวลา 10 วัน มีผลต่ออัตรารอดตายของหนอนแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) หนอนแดงที่เก็บรักษาในน้ำกลั่น, HBSS, Ca-F HBSS, สารละลายกลูโคส 2% และน้ำเกลือ 0.9% ที่เวลา 10 วัน อัตรารอดตายเฉลี่ย $16.3 \pm 3.21$, $22 \pm 2.00$, $28.3 \pm 6.80$, $55.3 \pm 6.92$ และ $12 \pm 1.73$% ตามลำดับ โดยอัตรารอดตายมีความแตกต่างกัน หนอนแดงที่เก็บรักษาในสารละลายกลูโคส 2% มีอัตรารอดตายสูงสุดซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สอดคล้องกับ รัตนสุดา (2546) ที่ชี้ว่าสารละลายต่างกันมีผลทำให้อัตรารอดตายของหนอนแดงแตกต่างกัน และสารละลายกลูโคส 2% มีผลทำให้อัตรารอดตายของหนอนแดงสูงขึ้น เนื่องจากสารละลายกลูโคสเป็นสารที่ให้พลังงานสามารถแพร่ผ่านเซลล์เข้าสู่ร่างกายหนอนแดงได้ ทำให้หนอนแดงรักษาพลังงานและคงคุณค่าทางโภชนาการได้ การเก็บรักษาหนอนแดงที่เหมาะสม คือ ใช้สารละลายกลูโคส 2% เก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ความหนาแน่น 20 ตัว/มิลลิลิตร นานที่สุด 6 วัน

## การศึกษาเพิ่มเติม

ในการดำเนินการวิจัยในปีงบประมาณ 2553 จะดำเนินการศึกษาวิธีการเก็บรักษาหนอนแดงโดยใช้ Cryoprotectants และ Extender ที่เหมาะสมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาหนอนแดงแบบมีชีวิตให้ได้ระยะเวลาที่ยาวนานมากกว่าการทดลองส่วนที่ 1 ในปีงบประมาณ 2552 และยังจำเป็นต้องศึกษาผลของสภาวะแวดล้อมและฤดูกาลต่ออายุการเก็บรักษาหนอนแดงแบบมีชีวิตเพื่อปรับให้เหมาะสมเพื่อการพัฒนาสู่การผลิตเชิงการค้าต่อไป

# บรรณานุกรม


จันทร์พิมพ์ กังพานิช และคณะ. 2549. **การวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงและใช้ประโยชน์หนอนแดง.** รายงานการวิจัย สาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

จันทร์เพ็ญ นาคน้อย. 2547. **อุณหภูมิและอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเก็บรักษาหนอนแดง (*Chironomus* sp.).** ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏเพชรบุรี.

เฉลียว กุวังคะดิลก. 2537. วงจรชีวิตและวิธีเพาะเลี้ยงหนอนแดง. **วารสารเกษตรศาสตร์(วิทย.)**. 28 (4) : 535 - 544.

ชัชวาล สังข์สินธุ์. 2546. **ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของเกลือแร่ ORS ในการเก็บรักษาหนอนแดง.** ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏเพชรบุรี.

นิทัศน์ ทิพย์กองลาศ และคณะ. 2551. **การเลี้ยงหนอนแดง *Chironomus* sp. ด้วยความหนาแน่นต่างกันเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์.** การประชุมวิชาการประมง. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

พรพล รมย์นุกูล. 2545. **การถนอมอาหาร**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

พีระพล ม่วงแสงธรรม. 2532. อาชีพเลี้ยงยุงไว้เพาะลูกน้ำขาย. **อาชีพชาวเกษตร.** 9(101): 20-22.

พงษ์ศิริ สืบเนียม. 2548 **ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของปลาฟลาวเวอร์ฮอร์นโดยใช้ไรแดง ไส้เดือนน้ำและหนอนแดง**. ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏเพชรบุรี.

รัตนสุดา ไชยเชษฐ์. 2546. **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของหนอนแดง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น. 70 หน้า.

วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. **อาหารปลา.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2542. **โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สัมฤทธิ์ สิงห์อาษา. 2537. **กีฏวิทยา-อะคาโรวิทยา การแพทย์และสัตว์แพทย์.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 543น.

สำรวย เสรี่จกิจ. 2532ก. การผลิตหนอนแดงในบ่อซีเมนต์. **วารสารเคหการเกษตร** 13(5): 81- 84.

สำรวย เสรี่จกิจ. 2532ข. การผลิตหนอนแดงในบ่อซีเมนต์. **วารสารเคหการเกษตร** 13(6): 82 -85.

สำรวย เสร็จกิจ. 2533. **การผลิตหนอนแดงในบ่อซีเมนต์.** เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 19สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด บางเขน,กรุงเทพฯ.14 หน้า.

สำรวย เสร็จกิจ. 2545. การผลิตหนอนแดงในบ่อซีเมนต์ (ตอนที่ 1). **วารสารเพื่อนชาวกุ้ง** (ก.ย. 2545): 65-68.

สุรศักดิ์ ดิลกเกียรติ. 2545. การสร้างและใช้ประโยชน์หนอนแดงเพื่อเป็นตัวแร่งในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 เดือนแรก.**วารสารสัตว์น้ำ.** 13(155):37-42.

เสน่ห์ ผลประสิทธิ์. 2550. การเพาะหนอนแดงในบ่อซีเมนต์. **เทคโนโลยีชาวบ้าน**. 19: 398 ,102-103.

อาคม สังข์วรานนท์. 2538. **กีฏวิทยาทางสัตวแพทย์.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์รั้วเขียว. 968 น.

อิทธิพร จันทร์เพ็ญ. 2532. **อาหารและการให้อาหารปลา, กุ้ง.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ช่อนนทรี. 108น.

Bairlein, F. 1989. The respiration of *Chironomus* larvae (Diptera) from deep and shallow waters under environmental hypoxia and at different temperatures. **Archiv Fur Hydrobiologie** 115(4): 523 - 536.

Barnes, H. F. 1949. Gall Midges of Economic Importance : Parts 1 - 6. London.

Bland, R. G. and H. E. Jaques. 1978. How to Know the Insect. Wm. C. Brown Company Publishers.

Borror, J. D. and D. M. DeLong. 1964. An Introduction to the Study of Insects. Holt Rinehart and Winston, Inc. อ้างโดย รัตนาสุดา ไชยเชษฐ์. 2546.

Borror, J. D. and R. E. White. 1970. A Field Guide to the Insects of America North of Mexico. Houghton Mifflin Company Boston, USA. 404 pp.

Changjiang Huang, Qiaoxiang Dong and Terrence R. Tiersch. 2004. **Sperm cryopreservation of a live-bearing fish,the platyfish *Xiphophorus couchianus*.** Theriogenology 62: 971–989

Chu, H. F. and L. K. Cutkomp. 1992. How to Know the Immature Insects. Wn. C. Brown Communications INC, USA. 345 pp.

Daly, H. V., J. T. Doyen and P. R. Ehrlich. 1978. Introduction to Insect Biology and Diversity. McGraw Hill Kogakwsha, LTD.

Elzinga, R. J. 1997. Fundamentals of Entomology. 4th ed. Prentice Hall Upper Saddle River, New Jersey. 475 pp.

Epler, J. H. 2001. Identification Manual for the Larval Chironomidae (Diptera) of Northand South Carolina. North Carolina Department of Environment and Natural Resources Division of Water Quality.

Gullan, P. J. and P. S. Cranston. 1994. The Insects : An Outline of Entomology. 5th ed. Chapman and Hall. 491 pp.

Hepher, B. and Y. Pruginin. 1981. Commercial Fish Farming: With Special Reference to Fish Culture in Israel. John Wiley and Sons, Inc. 261 pp.

Hirons, M. J. D. 1966. Insect Life of Farm and Garden. 5th Published. Bland Ford Press. 89 pp.

Johannsen, O. A. and L. C. Thomsen. 1937. Aquatic Diptera : Part 4 - 5. Mem Cornell Agric Exp. Sta. 210. 80 pp.

Jonasson, P. M. and J. Kristiansen. 1967. Primary and secondary production in Lake Esrom growth of *Chironomus onthraccinus* in relation to seasonal cycles of phytoplankton and dissolved oxygen. Int. Revue Ges. Hydrobiol 52 :163 - 217.

Lehmkuhl, D. M. 1979. How to Know the Aquatic Insects. Wm. C. Brown Company Publishers Dubuque, Iowa.

Leuchs, H. and D. Neumann. 1990. Tube texture, spinning and feeding behaviour of *Chironomus* larvae. Zoologische Jahrbucher Abteilung Fur Systematik Okologie and Geographie Der Tiere 117(1) :31-40.

M.A.B. Habib , F.M. Yusoff , S.M. Phag , K.J. Ang ,S. Mohamed.1997. Nutritional values of chironomid larvae grown in palm oil mill effluent and algal culture. **Aquaculture** 158 (1997) 95-105.

Mamaer, B. M. and N. P. Krivosheina. 1993. The Larvae of the Gall Midges (Diptera,Cecidomyiidae). A. A. Balkema Publishers, Old Post Road Brookfield, USA.

Miall,L.C. and A.R. Hammond. 1990. **The structure and life-history of the harlequin fly (Chironomus).** Clarendon Press,Oxford.

Nath, B. B., R. Neelam and N. Raut. 1998. Behavioural studies on tube recognition ability of *Chironomus* larvae. **Indian Journal of Experimental Biology** 36 (8) :826 - 828.

Nithas Thipkonglars, Wara Taparrhudee, Methee Kaewnern and Khamchai Lawonyawut. 2010. **Cold Preservation of Chironomid Larvulae (*Chironomus fuscipes* Yamamoto,1990): Nutritional Value and Potential for Climbing Perch (*Anabas testudineaus* Bloch, 1792) Larval Nursing.** Kasetsart University Fisheries Research Bulletin. 34(2):1-13.

Oliver, D. R. 1971. **Life history of the chironomidae**. Ann. Rev. Entomol 16 :211–230.

Richards, O. W. and R. G. Davies. 1970. **A General Textbook of Entomology**. London: Methuen and CO. LTD. New York : E.P. Dutton and CO.INC. 886 pp.

Robinson, W. H. 1996. **Urban Entomology**. Chapman and Hall, New York. 430 pp.

Romoser, W. S. and J. G. Stoffolano. 1994. The Science of Entomology. Wm. C.Communication, Inc.

Ross, H. H. 1965. **A Textbook of Entomology**.John Wiley and Sons INC, New York. 539 pp.

Shobanov, N. A. 1990. Disk electrophoresis of hemoglobins in the study of *Chironomus* species of the plumosus group (Diptera, Chironomidae) and the sample preparation technique. **Zoologicheskii Zhurnal** 69(2) :122 - 125.

Stevens, M. M. 1993. Larval development in *Chironomidae tepperi* (Diptera : Chironomidae) under laboratory conditions. **Environmental Entomology** 22 (4) :776 – 780.

Stevens, M.M. 2000. Bloodworm and earthworm control in rice. A Report for the Rural Indrustries Research and Department Corporation.

Thompson, P. E. and D. S. English. 1966. Multiplication of hemoglobin of the genus *Chironomus* (Tendipes).**Science** 152 :75 - 76.

Walshe, B. M. 1951. **The feeding habits of the certain chironomid larvae (subfamily Tendipedinae).** Proc. Zool. Soc. London 121 :63 - 76.

Wirth, W. W. and A. Stone. 1956. A Aquatic Diptera *in* Usinger, R. L. 1956. **Aquatic Insects of California**. Berkeley CA. Univ. California, Press 372 - 482 p.

# ภาคผนวก

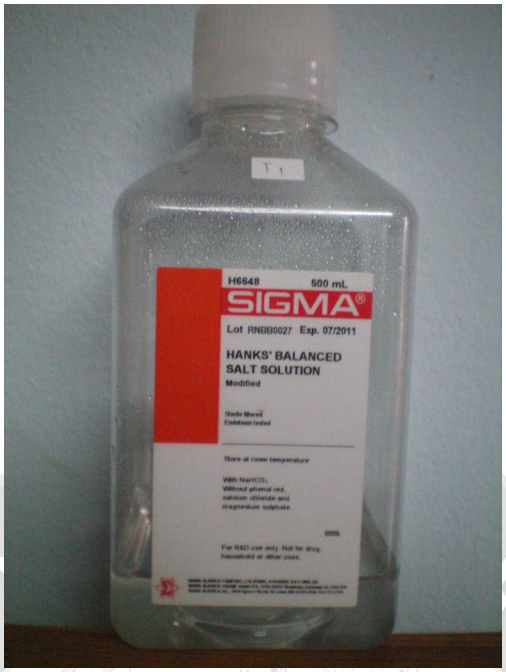
**ภาพ 13** บ่อเพาะเลี้ยงหนอนแดง

**ภาพ 14** ผลผลิตหนอนแดง

**ภาพ 15** ริ้นน้ำจืดเพศผู้

**ภาพ 16** ริ้นน้ำจืดเพศเมีย

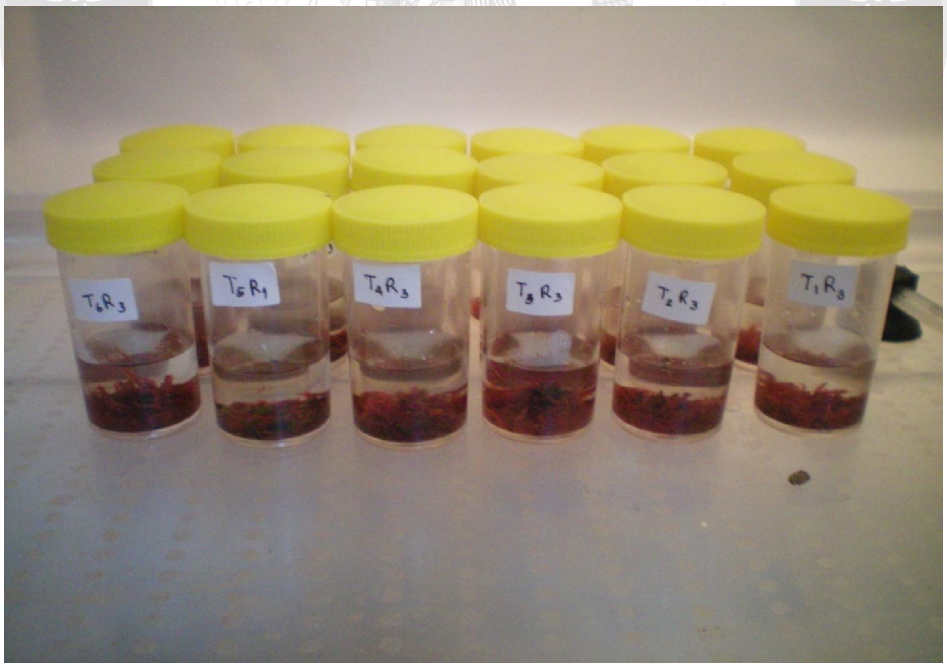
**ภาพ 17** ลักษณะไข่หนอนแดง



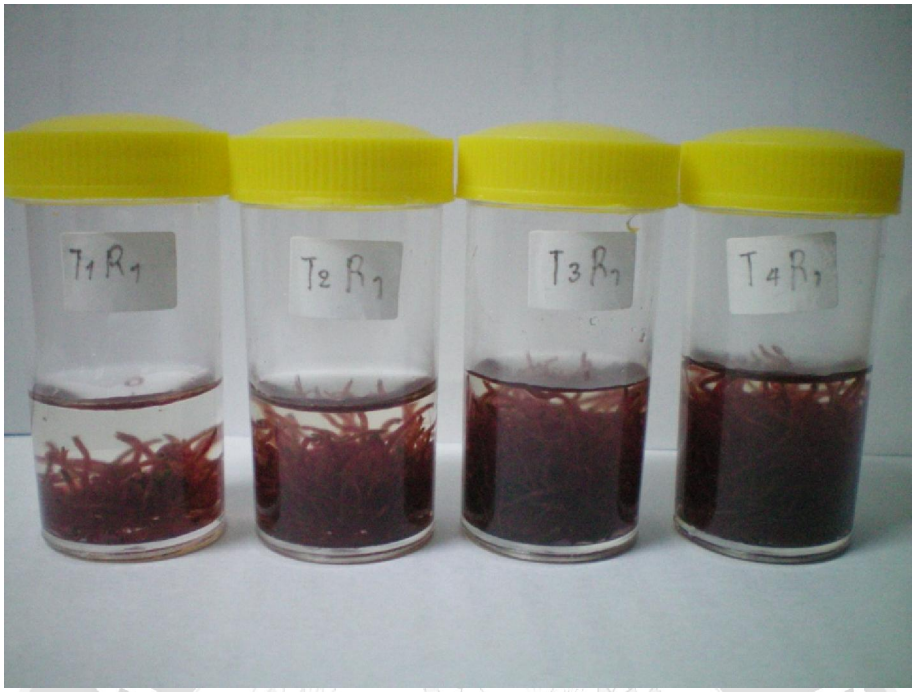

**ภาพ 18** Hank's balanced salt solution (HBSS)

**ภาพ 19** Calcium Free Hank's balanced salt solution (Ca-F HBSS)

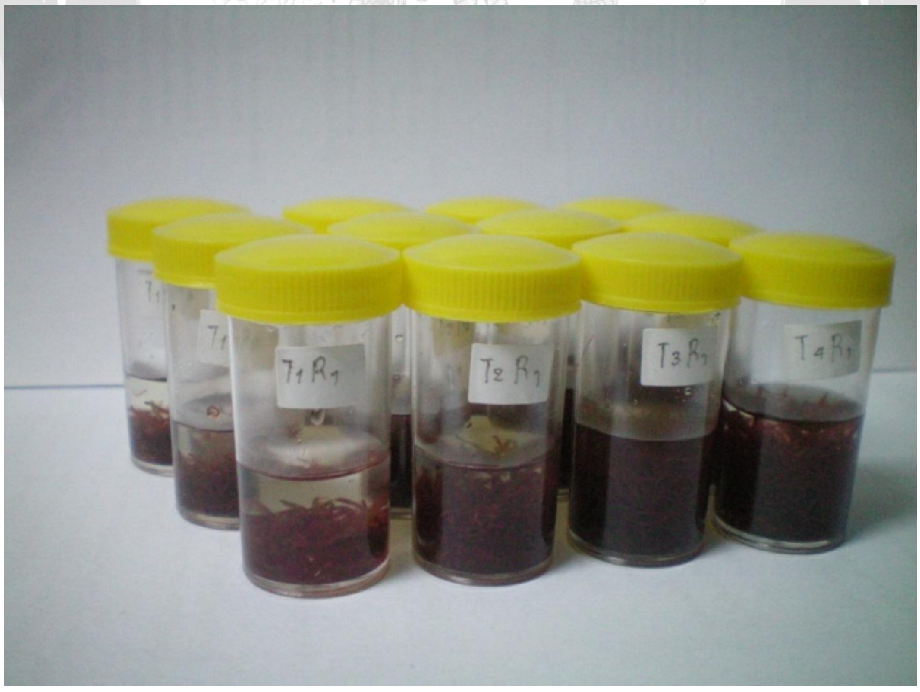
**ภาพ 20** หนอนแดง




**ภาพ** 21 การเก็บรักษาหนอนแดงในสารละลายต่างกัน




**ภาพ 22** การเก็บรักษาหนอนแดงที่ความหนาแน่น 20 40 60 และ 80 ตัว/มิลลิลิตร




**ภาพ 23** การเก็บรักษาหนอนแดงในความหนาแน่นต่างกัน

**ภาพ 24** อาหารเพาะหนอนแดง (มูลไก่)

**ภาพ 25** อาหารเพาะหนอนแดง (มูลวัว)

**ภาพ 26** อาหารเพาะหนอนแดง (อาหารปลาดุกบดละเอียด)