

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๖๖/๒๕๕๑



Technical Paper No. 66/2008

ความหนาแน่นที่เหมาะสมในการอนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบปิด  
**Optimum Density for Nursing Giant Freshwater Prawn *Macrobrachium***  
***rosenbergii* (de Man, 1879) Larvae in Closed System**

สุรังษี ทัพพะรังสี Surangsee Tapparangsee

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด  
กรมประมง  
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Inland Fisheries Research and Development Bureau  
Department of Fisheries  
Ministry of Agriculture and Cooperatives

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๖๖/๒๕๕๑



Technical Paper No. 66/2008

ความหนาแน่นที่เหมาะสมในการอนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบปิด  
**Optimum Density for Nursing Giant Freshwater Prawn *Macrobrachium***  
***rosenbergii* (de Man, 1879) Larvae in Closed System**

สุรังษี ทัพพะรังสี Surangsee Tapparangsee

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุพรรณบุรี

Suphanburi Inland Fisheries Research and  
Development Center

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

Inland Fisheries Research and Development Bureau

กรมประมง

Department of Fisheries

๒๕๕๑

2008

รหัสทะเบียนวิจัย 50-0569-50042-002

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	5
วิธีดำเนินการ	5
1. การวางแผนการทดลอง	5
2. วิธีการทดลอง	5
3. การวิเคราะห์ข้อมูล	9
ผลการทดลอง	10
1. อัตราการรอดตาย	10
2. อัตราการคว่ำ	10
3. คุณสมบัติของน้ำ	11
4. ผลผลิต ต้นทุน และผลตอบแทน	14
สรุปและวิจารณ์ผล	17
ข้อเสนอแนะ	19
เอกสารอ้างอิง	20

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดตายและอัตราการคว่ำของกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนที่อนุบาลในระบบปิดที่ความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ	10
2 ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติของน้ำในบ่ออนุบาลและบ่อพักน้ำของกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนที่อนุบาลในระบบปิดที่ความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ	12
3 รายละเอียดเงินลงทุนและสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของต้นทุน และผลตอบแทนต่อการลงทุนของการผลิตกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบปิดที่ความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ	15

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 บ่ออนุบาลสวมกรวยกรองบริเวณท่อน้ำออก	6
2 วัสดุในบ่อบำบัด bioball และเปลือกหอย	6
3 บ่ออนุบาล บ่อพักน้ำ และบ่อบำบัด	7
4 แผนผังการหมุนเวียนน้ำระบบปิด	7
5 ปริมาณแอมโมเนียรวมในบ่อพักน้ำ 2 และบ่ออนุบาลกึ่งก้ำมกรวยอ่อนในระบบปิดที่ความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ	13
6 ปริมาณไนไตรท์ในบ่อพักน้ำ 2 และบ่ออนุบาลกึ่งก้ำมกรวยอ่อนในระบบปิดที่ความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ	13

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

# ความหนาแน่นที่เหมาะสมในการอนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบปิด

สุรังณี ทัพพะรังสี

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุพรรณบุรี

## บทคัดย่อ

การศึกษาผลการอนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบปิดด้วยความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 40, 80 และ 120 ตัวต่อลิตร ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุพรรณบุรี ระหว่างเดือนธันวาคม 2549 ถึง พฤศจิกายน 2550 โดยอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามอายุ 10 วัน จนมีอายุ 30 วันในระบบปิด พบว่าที่ระดับความหนาแน่น 40 ตัวต่อลิตร มีอัตราการรอดตายและอัตราการคว่ำเฉลี่ย ( $21.71 \pm 1.00$ ,  $16.02 \pm 0.91$  เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าที่ระดับความหนาแน่น 80 ตัวต่อลิตร ( $11.97 \pm 1.18$ ,  $7.94 \pm 0.96$  เปอร์เซ็นต์) และระดับความหนาแน่น 120 ตัวต่อลิตร ( $7.66 \pm 1.16$ ,  $4.16 \pm 0.89$  เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) คุณสมบัติของน้ำในทุกชุดการทดลองอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยมีต้นทุนการผลิต 0.14, 0.23 และ 0.43 บาทต่อตัวตามลำดับ การอนุบาลในระบบปิดสามารถลดปริมาณการใช้น้ำได้ 73.3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับระบบเปิดเมื่อพิจารณาจากอัตราการรอดตาย อัตราการคว่ำ และต้นทุนการผลิตของลูกกุ้งก้ามกรามในการทดลองนี้สรุปได้ว่าความหนาแน่น 40 ตัวต่อลิตร เป็นความหนาแน่นที่เหมาะสมในการอนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบปิด

**คำสำคัญ :** กุ้งก้ามกราม ความหนาแน่น ระบบปิด

ผู้รับผิดชอบ: ส.ม. ๕ ถ.มาลัยแมน ต.คอนโพธิ์ทอง อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี ๗๒๐๐๐ โทร ๐ ๓๕๔๔ ๑๐๓๒

e-mail: surang78@yahoo.com

**Optimum Density for Nursing Giant Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man, 1879) Larvae in Closed System**

**Surangsee Tapparangsee**

Suphanburi Inland Fisheries Research and Development Center

**Abstract**

Study on the nursing of the Giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man, 1879) larvae in closed system with different 3 levels of density: 40, 80 and 120 larvae/liter was carried out at Suphanburi Inland Fisheries Research and Development Center during December 2006 to November 2007. The experiment was started when the larvae were 10 day-old until 30 day-old. It was found that the survival and metamorphosed rates of 40 larvae/liter ( $21.71 \pm 1.00$ ,  $16.02 \pm 0.91\%$ ), were higher than the densities of 80 larvae/liter ( $11.97 \pm 1.18$ ,  $7.94 \pm 0.96\%$ ) and 120 larvae/liter ( $7.66 \pm 1.16$ ,  $4.16 \pm 0.89\%$ ) ( $p < 0.05$ ). The water qualities in the tanks were in the optimal range for aquaculture. The production costs were 0.14, 0.23 and 0.43 baht/larvae, respectively. The water in closed system was decreased to 73.3 % when compared with the normal system. The conclusion of the optimum density of the Giant freshwater prawn larvae nursing in closed system was 40 larvae/liter when the survival rates, metamorphosed rates and production costs were considered.

**Key words:** *Macrobrachium rosenbergii*, stocking densities, closed system

Corresponding author: 8 Moo 5 Malaiman Road, Donpothong, Mueang, Suphanburi 72000

Tel. 0 3544 1032 e-mail: surang78@yahoo.com

## คำนำ

กุ้งก้ามกรามเป็นสัตว์น้ำที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจและบริโภคอย่างแพร่หลายภายในประเทศ จากข้อมูลสถิติการประมงปี 2547 ผลผลิตกุ้งก้ามกรามในประเทศไทยมีปริมาณ 33,000 ตัน โดยมีมูลค่าผลผลิต การเลี้ยงกุ้งก้ามกราม 3,898.70 ล้านบาท (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, 2549) และมีแนวโน้มที่จะ เป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญในอนาคต จากสถานการณ์ในปัจจุบันพบว่า การเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีแนวโน้มที่จะ ประสบปัญหาเพิ่มมากขึ้น ทั้งจากปัญหาการระบาดของโรคไวรัส *Macrobrachium rosenbergii* Nodavirus (MrNV) และ Extra small virus (XSV) และปัญหาการขาดแคลนพ่อแม่พันธุ์ปลอดโรค ซึ่งส่งผลกระทบต่ออย่าง รุนแรงกับโรงเพาะฟักในปี 2548-2549 อีกทั้งปัญหาสารตกค้างในเนื้อกุ้งและปัญหาความเสื่อมโทรมของ แหล่งน้ำธรรมชาติ ทำให้ผลผลิตกุ้งก้ามกรามลดเหลือ 28,739.90 ตันในปี 2548 (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติ การประมง, 2550)

โรงเพาะฟักกุ้งก้ามกรามในปัจจุบันเป็นการเพาะพันธุ์ในระบบเปิด ซึ่งมีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่ แหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรงทำให้ปริมาณน้ำเค็ม สารอินทรีย์ ยา และสารเคมีที่ใช้ในระหว่างการเพาะพันธุ์ ไหลลงสู่แหล่งน้ำทำให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเกิดปัญหาการแพร่ระบาดของโรค ในปัจจุบัน ผู้บริโภคมีความต้องการสินค้าสัตว์น้ำที่มีคุณภาพ มีความปลอดภัย สามารถตรวจสอบแหล่งที่มาของสัตว์น้ำ ได้ รวมทั้งมีการเลี้ยงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ถ้าไม่มีการจัดการระบบการเพาะเลี้ยงและคุณภาพน้ำทิ้งที่ เหมาะสมก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จะทำให้เกิดผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อความยั่งยืนใน การใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำและการผลิตกุ้งก้ามกราม

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำระบบปิด (closed system) เป็นระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อให้ สามารถหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ได้อีกโดยมีกระบวนการกำจัดสารต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำ 4 กระบวนการ ใหญ่ คือ กระบวนการทางกายภาพ (physical unit processes) กระบวนการทางเคมี (chemical unit processes) กระบวนการทางกายภาพ-เคมี (physicochemical unit processes) และกระบวนการทางชีวภาพ (biological unit processes) (ชญญา, 2541) การบำบัดน้ำแบบชีวภาพ (biological water treatment) เป็นการบำบัดน้ำแบบ หนึ่งซึ่งสามารถลดปริมาณธาตุอาหารและสารอินทรีย์ที่เกิดจากการเพาะเลี้ยง โดยอาศัยหลักการให้แบคทีเรีย เกาะอยู่ตามผิววัสดุตัวกลางและอาศัยออกซิเจนจากอากาศหรือจากเครื่องเติมอากาศ รวมตัวกับน้ำก่อนไหล ผ่านผิววัสดุตัวกลางที่มีแบคทีเรียซึ่งมีลักษณะเป็นเมือกหนาเกาะอยู่ โดยปริมาณออกซิเจนต้องพอเพียงที่จะ แทรกซึมเข้าไปเพื่อให้แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ โยชิโอะ และคณะ (2536, อ้างตามกอบศักดิ์ และคณะ, 2548) ได้นำแนวทางการกำจัดของเสียในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเล ด้วยแบคทีเรียธรรมชาติซึ่งเกาะอยู่บน เปลือกหอยนางรม ใช้ในการกำจัดแอมโมเนียรวม โดยมีแบคทีเรียในกลุ่มไนโตรฟายอิงแบคทีเรีย (nitrifying bacteria) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีความสามารถในการเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์และไนเตรทด้วย กระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) ซึ่งไนเตรทเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ น้อยที่สุด ทั้งนี้ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์และไนเตรทได้มากหรือน้อยขึ้นกับ



ปริมาณแบคทีเรียที่เกิดขึ้นในระบบ กอบสัคค์ และคณะ (2548) ได้ทำการทดลองกระตุ้นประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทะเลของระบบกรองโดยการเติมแอมโมเนียมซัลเฟตให้ได้ความเข้มข้นของแอมโมเนีย 2 ระดับ คือ 1 ส่วนในล้านส่วน และ 2 ส่วนในล้านส่วน เพื่อกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณแบคทีเรีย พบว่าชุดการทดลองที่เติมแอมโมเนียมซัลเฟตสามารถบำบัดไนโตรเจนรวมได้ 25.75 และ 26.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างเมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่เติมแอมโมเนียมซัลเฟต ที่สามารถบำบัดไนโตรเจนได้เพียง 7.86 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่คณิต และยงยุทธ (2549) ใช้แอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 3 ส่วนในล้านส่วนในการกระตุ้นระบบหมุนเวียน

การทดลองอนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบปิดครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงรูปแบบการบำบัดและความเหมาะสมของความหนาแน่นของการอนุบาลลูกกุ้งในระบบปิดในบ่อทดลอง เพื่อหาวิธีการผลิตกุ้งก้ามกรามซึ่งช่วยลดปริมาณน้ำที่ใช้ในการเปลี่ยนถ่าย ลดปริมาณน้ำทิ้งจากการเพาะและอนุบาลลูกกุ้งลงสู่แหล่งน้ำ ลดความเสี่ยงของการผันแปรด้านคุณภาพน้ำในแต่ละฤดูกาลของแหล่งน้ำที่นำน้ำมาใช้ในการเพาะเลี้ยง และช่วยบำบัดคุณภาพน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ เพื่อให้ผู้เลี้ยงสามารถผลิตกุ้งและใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำได้อย่างยั่งยืน ลดปริมาณมลภาวะป้องกันไม่ให้เกิดการระบาดของโรคและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

## วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมในการอนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบปิด โดยพิจารณาจาก อัตราการรอดตาย อัตราการคว่ำ คุณภาพน้ำ และต้นทุนการผลิต

## วิธีดำเนินการ

### 1. การวางแผนการทดลอง

#### 1.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design ; CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุด ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

- |                  |   |                |
|------------------|---|----------------|
| ชุดการทดลองที่ 1 | อนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนที่ความหนาแน่น | 40 ตัวต่อลิตร  |
| ชุดการทดลองที่ 2 | อนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนที่ความหนาแน่น | 80 ตัวต่อลิตร  |
| ชุดการทดลองที่ 3 | อนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนที่ความหนาแน่น | 120 ตัวต่อลิตร |

#### 1.2 สถานที่ และระยะเวลาดำเนินการ

ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุพรรณบุรี ระหว่างเดือนธันวาคม 2549 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2550

### 2. วิธีการทดลอง

#### 2.1 การเตรียมการทดลอง

##### 2.1.1 การเตรียมบ่อทดลองและระบบน้ำ

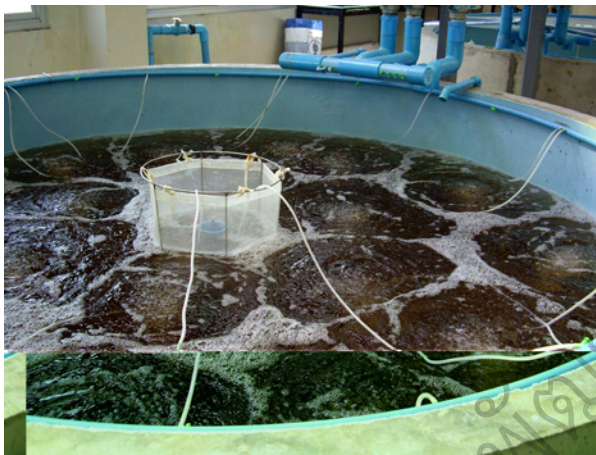
บ่อทดลอง ใช้บ่อซีเมนต์เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.50 เมตร จำนวน 14 บ่อ โดยแบ่งเป็น

- บ่ออนุบาล จำนวน 9 บ่อ
- บ่อพักน้ำ จำนวน 2 บ่อ
- บ่อบำบัดน้ำ จำนวน 3 บ่อ

การเตรียมน้ำ ความเค็ม 12 ส่วนในพันส่วนที่ใช้ในการอนุบาล โดยเตรียมจากน้ำทะเลเข้มข้นจากนาเกลือที่มีความเค็ม 120 ส่วนในพันส่วน ฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนผงเข้มข้น 30 ส่วนในล้านส่วน ให้อากาศ 3-5 วัน ตรวจสอบจนไม่พบคลอรีนแล้วจึงนำมาใช้

การอนุบาลระบบปิดประกอบด้วย บ่ออนุบาลลูกกุ้งใส่น้ำที่ระดับ 60 เซนติเมตร ปริมาตรน้ำ 3,000 ลิตร จำนวน 9 บ่อ สวมกรวยผ้าตาข่ายขนาดตา 500 ไมครอน ที่บริเวณท่อน้ำออกเพื่อกันลูกกุ้งหลุด

นอกจากบ่ออนุบาล ให้อากาศอย่างทั่วถึงเพื่อรักษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำให้มีค่าไม่ต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 1) บ่อพักน้ำจำนวน 2 บ่อ และบ่อบำบัดน้ำจำนวน 3 บ่อ โดยบ่อบำบัดบ่อที่ 1, 2 ใส่ bioball จำนวน 150 กิโลกรัม และบ่อที่ 3 ใส่เปลือกหอยนางรมจำนวน 100 กิโลกรัม (ภาพที่ 2) เพื่อเป็นวัสดุยึดเกาะของแบคทีเรียในขบวนการไนตริฟิเคชัน ซึ่งทำหน้าที่ในการย่อยสลายแอมโมเนีย ไนไตรท์ ให้เป็นไนเตรทในระบบบำบัด ทำการกระตุ้นการสร้างมวลทางชีวภาพในระบบ โดยเติมสารแอมโมเนียมคลอไรด์ ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) ความเข้มข้น 10 ส่วนในล้านส่วนในบ่อพักน้ำและบ่อบำบัด ตรวจวัดค่าแอมโมเนียในบ่อบำบัดทุกวันเมื่อปริมาณแอมโมเนียรวมในระบบลดลง 80 เปอร์เซ็นต์ ทำการกระตุ้นด้วยการเติมสารแอมโมเนียมคลอไรด์ซ้ำจนกระทั่งตรวจวัดค่าแอมโมเนียรวมในระบบลดลง 80 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 24 ชั่วโมง จึงนำไปใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 1 บ่ออนุบาลสวมกรวยกรองบริเวณท่อน้ำออก

ภาพที่ 2 วัสดุในบ่อบำบัด bioball และเปลือกหอย

### 2.1.2 การเตรียมกึ่งทดลอง

คัดแม่กุ้งที่มีไข่แก่สีเทาจำนวน 50 กิโลกรัม ปล่อยลงในบ่อพักซึ่งเป็นบ่อซีเมนต์กลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2.50 เมตร ใส่น้ำจืดสูง 50 เซนติเมตร กัดเป็นปริมาตร 2.5 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 2 บ่อ บ่อละ 25 กิโลกรัม ใส่ฟอร์มาลินความเข้มข้น 100 ส่วนในล้านส่วน เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจติดมากับแม่กุ้ง ถายน้ำออกแล้วเติมน้ำที่มีความเค็ม 12 ส่วนในพันส่วน คัดแยกลูกกุ้งที่ฟักออกเป็นตัวภายในวันเดียวกันนำไปปล่อยในบ่ออนุบาลลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่นตามแผนการทดลองที่กำหนดไว้

## 2.2 การจัดการทดลอง

### 2.2.1 การให้อาหาร

เริ่มให้อาร์ทีเมียแรกฟักเป็นอาหารตั้งแต่ลูกกุ้งอายุ 2 วัน จนลูกกุ้งอายุ 10 วันจึงเริ่มให้กินไข่อุ่น สลับกับการให้อาร์ทีเมีย โดยให้อาหารวันละ 5 ครั้ง เวลา 7.00, 9.00, 12.00, 15.00 และ 18.00 น. ดังรายละเอียดที่แสดง โดยให้ในปริมาณที่มากพอจนกุ้งอึด

- อาร์ทีเมีย ให้เวลา 7.00 และ 15.00 น.
- ไข่อุ่น ให้เวลา 9.00, 12.00 และ 18.00 น.

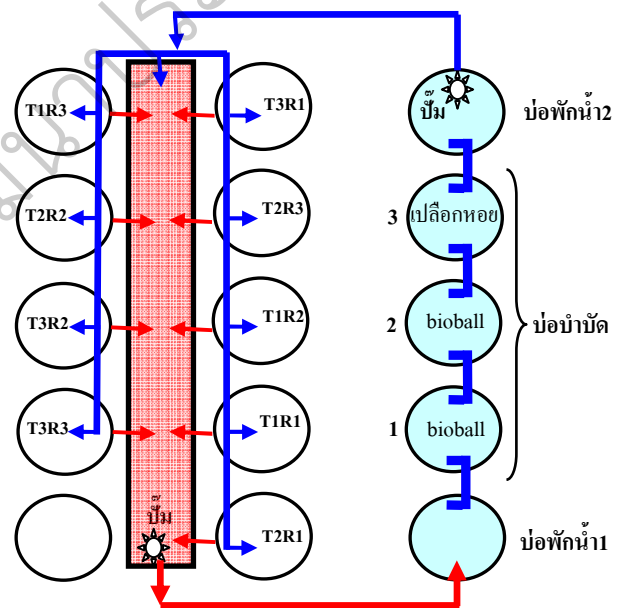
### 2.2.2 การจัดการระบบปิด

เมื่อลูกกุ้งมีอายุ 10 วัน (เริ่มกินไข่ตุ๋น) จึงเริ่มเปิดน้ำจากระบบบำบัดน้ำเข้าสู่บ่ออนุบาลในช่วงเวลาตั้งแต่ 19.00-07.00 น. หลังจากนั้นหยุดน้ำจากระบบบำบัด เพื่อให้ลูกกุ้งได้กินอาหาร และลดปัญหาเรื่องการตกค้างของอาร์ทีเมียในบ่อบำบัดกรณีถ้าลูกกุ้งกินอาร์ทีเมียไม่หมด

การทำงานของระบบปิดเริ่มต้นโดยนำน้ำจากบ่อพักน้ำ 2 เข้าสู่บ่ออนุบาลทางท่อน้ำพีวีซีด้วยปั๊มน้ำขนาด 1.5 นิ้วที่อยู่ในบ่อ ใส่วาล์วที่ท่อน้ำเข้าสู่บ่ออนุบาลเพื่อควบคุมอัตราการไหลของน้ำในแต่ละบ่อให้เท่ากันโดยมีอัตราการไหลเท่ากับ 6 ลิตรต่อนาที น้ำจากบ่ออนุบาลจะไหลลงสู่รางน้ำทางท่อกกลางบ่อซึ่งมีกรวยกรองสวมกันลูกกุ้งออกจากบ่อ (ภาพที่ 1) และน้ำในรางจะไหลกลับเข้าสู่บ่อพักน้ำ 1 ทางท่อน้ำพีวีซีด้วยปั๊มน้ำขนาด 1.5 นิ้วที่อยู่ในราง น้ำจากบ่อพักน้ำ 1 จะเชื่อมต่อกลับมายังบ่อบำบัดที่ 1, 2, 3 ด้วยระบบกัลกน้ำด้วยท่อพีวีซีขนาด 4 นิ้ว แล้วจึงหมุนเวียนกลับไปสู่บ่ออนุบาลด้วยปั๊มน้ำที่อยู่ในบ่อพักน้ำ 2 ต่อไปในเวลา 07.00-19.00 น. ปิดวาล์วที่ท่อน้ำเข้าสู่บ่ออนุบาล และปล่อยน้ำระบายลงสู่รางน้ำแล้วปั๊มน้ำจากรางน้ำกลับเข้าสู่บ่อพักน้ำที่ 1 เพื่อให้การทำงานของระบบหมุนเวียนทำงานอย่างต่อเนื่อง (ภาพที่ 3 และ 4) ตรวจสอบระดับน้ำในระบบปิด ถ้าระดับน้ำลดลงให้เติมน้ำให้เท่าระดับเดิม



ภาพที่ 3 บ่ออนุบาล บ่อพักน้ำ และบ่อบำบัด



ภาพที่ 4 แผนผังการหมุนเวียนน้ำระบบปิด

### 2.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ

ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำในบ่ออนุบาลและบ่อพักน้ำทุกวัน เวลา 08.00 น. โดยมีดัชนีที่ตรวจวัดดังนี้

- ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง โดยใช้ pH meter ยี่ห้อ Ecoscan รุ่น pH5
- ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยใช้ DO meter ยี่ห้อ YSI รุ่น 52
- อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) โดยใช้ thermometer

- ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน) โดยใช้ salinometer ยี่ห้อ Atago
- ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตรของ  $\text{CaCO}_3$ ) โดยวิธี titrimetric method ตามวิธีที่กล่าวอ้างโดย จารุวรรณ (2550)
- ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตรของ  $\text{CaCO}_3$ ) โดยวิธี titrimetric method ตามวิธีที่กล่าวอ้างโดย จารุวรรณ (2550)
- ปริมาณแอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยเครื่อง spectrophotometer (HACH DR/4000) โดยวิธี alternative method ตามวิธีที่กล่าวอ้างโดย จารุวรรณ (2550)
- ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยเครื่อง spectrophotometer (HACH DR/4000) โดยวิธี colorimetric method ตามวิธีที่กล่าวอ้างโดย วิรัช (2544)
- ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยเครื่อง spectrophotometer (HACH DR/4000) โดยวิธี brucine method ตามวิธีที่กล่าวอ้างโดย มั่นสิน (2546)

#### 2.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

สิ้นสุดการทดลองเมื่อลูกกุ้งอายุ 30 วัน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลของการอนุบาล กุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบปิดด้วยความหนาแน่นต่างกันดังนี้

##### 2.4.1 อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{จำนวนลูกกุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนลูกกุ้งเริ่มต้น}} \times 100$$

##### 2.4.2 อัตราการคว่ำ (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{จำนวนลูกกุ้งที่พัฒนาเป็นกุ้งคว่ำ}}{\text{จำนวนลูกกุ้งเริ่มต้น}} \times 100$$

##### 2.4.3 ต้นทุนการผลิต

นำข้อมูลต้นทุนการผลิตกุ้งก้ามกรามในระบบปิดด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกันมา วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ตามวิธีของ สมศักดิ์ (2530) ดังนี้

$$\text{ต้นทุนทั้งหมด} = \text{ต้นทุนคงที่} + \text{ต้นทุนผันแปร}$$

$$\text{ต้นทุนคงที่} = \text{ค่าเสื่อมราคาบ่อและโรงเรือน} + \text{ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์} + \text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน}$$

$$\text{ต้นทุนผันแปร} = \text{ค่าพันธุ์กุ้ง} + \text{ค่าน้ำเค็ม} + \text{ค่าอาหาร} + \text{ค่าสารเคมี} + \text{ค่าแรงงาน} + \text{ค่าไฟฟ้า} + \text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน}$$

ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	= ค่าที่คำนวณจากอัตราดอกเบี้ยของเงินฝากประจำ 12 เดือน ร้อยละ 2.75 ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ปี 2550 ของเงินลงทุนทุกประเภท (อ้างตาม <a href="http://www.baac.or.th">http://www.baac.or.th</a> )
ค่าเสื่อมราคา	= คิดโดยวิธีเส้นตรงโดยกำหนดมูลค่าซากเป็นศูนย์เมื่อหมดอายุการใช้งาน
รายได้ทั้งหมด	= จำนวนผลผลิต (ตัว) x ราคาผลผลิตที่จำหน่ายได้ (บาท)
กำไรสุทธิ	= รายได้ทั้งหมด - ต้นทุนทั้งหมด
ต้นทุนการผลิต	= $\frac{\text{ต้นทุนทั้งหมด (บาท)}}{\text{จำนวนกึ่งกว่าที่ได้ทั้งหมด (ตัว)}}$

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลอัตราการคว่ำและอัตราการรอดตายของลูกกุ้งวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี one way analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ หากข้อมูลมีการกระจายแบบไม่ปกติให้แปลงข้อมูลแบบ arcsine transformation การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

## ผลการทดลอง

การศึกษาเปรียบเทียบการอนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบปิด ด้วยอัตราความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 40, 80 และ 120 ตัวต่อลิตร จนลูกกุ้งมีอายุ 30 วัน พบว่า

### 1. อัตราการรอดตาย

อัตราการรอดตายของลูกกุ้งก้ามกรามที่อนุบาลในระบบปิดมีค่าเท่ากับ  $21.71 \pm 1.00$ ,  $11.97 \pm 1.18$  และ  $7.66 \pm 1.16$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่าอัตราการรอดตายเฉลี่ยของทั้ง 3 ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชุดที่อนุบาลด้วยความหนาแน่น 40 ตัวต่อลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยดีที่สุด (ตารางที่ 1)

### 2. อัตราการคว่ำ

อัตราการคว่ำของลูกกุ้งก้ามกรามที่อนุบาลในระบบปิดมีค่าเท่ากับ  $16.02 \pm 0.91$ ,  $7.94 \pm 0.96$  และ  $4.16 \pm 0.89$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่าอัตราการคว่ำเฉลี่ยของทั้ง 3 ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชุดที่อนุบาลด้วยความหนาแน่น 40 ตัวต่อลิตร มีอัตราการคว่ำเฉลี่ยดีที่สุด (ตารางที่ 1)

**ตารางที่ 1** ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดตายและอัตราการคว่ำของกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนที่อนุบาลในระบบปิดที่ความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ

ชุดการทดลอง	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการคว่ำ (เปอร์เซ็นต์)
40 ตัวต่อลิตร	$21.71 \pm 1.00^a$	$16.02 \pm 0.91^a$
80 ตัวต่อลิตร	$11.97 \pm 1.18^b$	$7.94 \pm 0.96^b$
120 ตัวต่อลิตร	$7.66 \pm 1.16^c$	$4.16 \pm 0.89^c$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $\alpha = 0.05$ )

### 3. คุณสมบัติของน้ำ

กระบวนการสร้างมวลทางชีวภาพในระบบ โดยเติมสารแอมโมเนียมคลอไรด์ ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) ความเข้มข้น 10 ส่วนในล้านส่วนในบ่อพักน้ำและบ่อบำบัดเป็นเวลา 20 วัน จำนวน 4 ครั้ง ในวันที่ 1, 9, 16 และ 19 วันที่ 20 ตรวจวัดค่าแอมโมเนียรวมในระบบลดลง 80 เปอร์เซ็นต์ จึงเริ่มเปิดน้ำจากระบบบำบัดน้ำเข้าสู่บ่ออนุบาล

คุณสมบัติของน้ำในบ่ออนุบาลกึ่งก้ำมกรวมวัยอ่อนในระบบปิดที่ระดับความหนาแน่น 40, 80 และ 120 ตัวต่อลิตร อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยมีค่า  $29.63 \pm 0.50$ ,  $29.74 \pm 0.48$  และ  $29.77 \pm 0.46$  องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยมีค่า  $8.27 \pm 0.13$ ,  $8.25 \pm 0.13$  และ  $8.22 \pm 0.14$  มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยมีค่า  $6.85 \pm 0.57$ ,  $6.88 \pm 0.58$  และ  $6.87 \pm 0.58$  มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่างเฉลี่ยมีค่า  $99.90 \pm 10.76$ ,  $99.81 \pm 9.99$  และ  $99.71 \pm 10.94$  มิลลิกรัมต่อลิตร ความกระด้างเฉลี่ยมีค่า  $2,146.67 \pm 59.13$ ,  $2,158.10 \pm 57.57$  และ  $2,153.33 \pm 56.44$  มิลลิกรัมต่อลิตร ความเค็มเฉลี่ยมีค่า 12.00  $\pm$  0.00 ส่วนในพันส่วน ปริมาณแอมโมเนียรวมเฉลี่ยมีค่า  $0.50 \pm 0.33$ ,  $0.55 \pm 0.38$  และ  $0.62 \pm 0.42$  มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยมีค่า  $0.18 \pm 0.19$ ,  $0.20 \pm 0.20$  และ  $0.23 \pm 0.24$  มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณไนเตรทเฉลี่ยมีค่า  $19.08 \pm 3.48$ ,  $19.73 \pm 2.97$  และ  $19.60 \pm 2.60$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

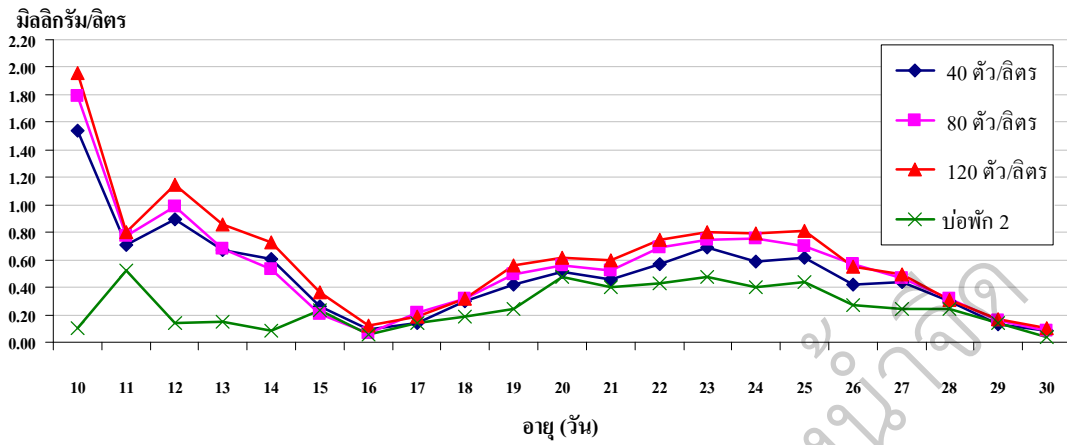
สำหรับคุณสมบัติของน้ำในบ่อบำบัดพบว่าน้ำที่เข้าและออกจากบ่อบำบัดมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย  $30.12 \pm 0.54$  และ  $30.05 \pm 0.57$  องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย  $8.18 \pm 0.20$  และ  $8.13 \pm 0.15$  ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย  $5.40 \pm 0.45$  และ  $4.97 \pm 0.93$  มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่างเฉลี่ย  $92.86 \pm 6.52$  และ  $94.57 \pm 7.81$  มิลลิกรัมต่อลิตร ความกระด้างเฉลี่ย  $2,082.86 \pm 127.76$  และ  $2,108.57 \pm 143.23$  มิลลิกรัมต่อลิตร ความเค็มเฉลี่ย 12.00  $\pm$  0.00 ส่วนในพันส่วน ปริมาณแอมโมเนียรวมเฉลี่ย  $0.29 \pm 0.18$  และ  $0.26 \pm 0.15$  มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย  $0.09 \pm 0.12$  และ  $0.09 \pm 0.14$  มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณไนเตรทเฉลี่ย  $17.60 \pm 4.97$  และ  $17.27 \pm 4.82$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2)



ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติของน้ำในบ่อนุบาลและบ่อพักน้ำของกึ่งก้ามกรามวัยอ่อนที่อนุบาลในระบบปิดที่ความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ

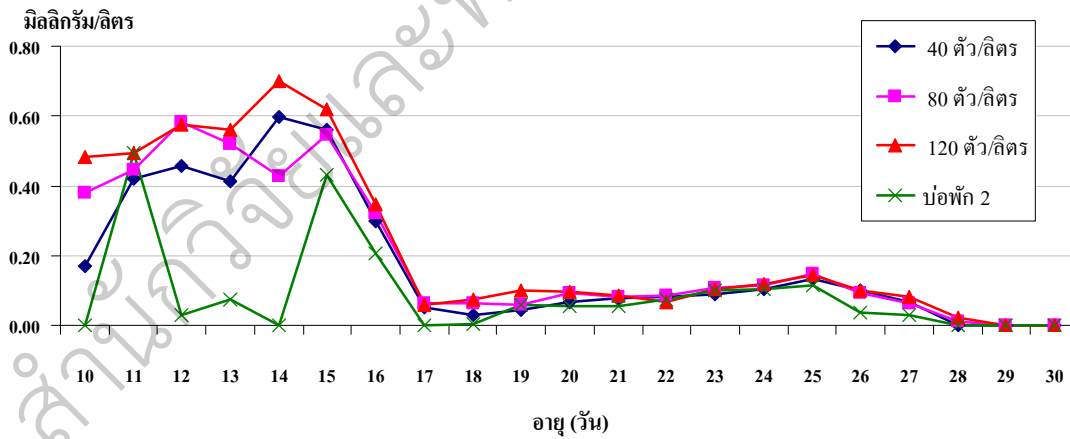
คุณสมบัติน้ำ	บ่อนุบาล			น้ำเข้า (บ่อพักน้ำ 1)	น้ำออก (บ่อพักน้ำ 2)
	อัตราความหนาแน่น (ตัวต่อลิตร)				
	40	80	120		
อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)	29.63±0.50	29.74±0.48	29.77±0.46	30.12±0.54	30.05±0.57
ความเป็นกรดเป็นด่าง	8.27±0.13	8.25±0.13	8.22±0.14	8.18±0.20	8.13±0.15
ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	6.85±0.57	6.88±0.58	6.87±0.58	5.40±0.45	4.97±0.93
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	99.90±10.76	99.81±9.99	99.71±10.94	92.86±6.52	94.57±7.81
ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2,146.67±59.13	2,158.10±57.57	2,153.33±56.44	2,082.86±127.76	2,108.57±143.23
ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	12.00±0.00	12.00±0.00	12.00±0.00	12.00±0.00	12.00±0.00
ปริมาณแอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.50±0.33	0.55±0.38	0.62±0.42	0.29±0.18	0.26±0.15
ปริมาณไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.18±0.19	0.20±0.20	0.23±0.24	0.09±0.12	0.09±0.14
ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	19.08±3.48	19.73±2.97	19.60±2.60	17.60±4.97	17.27±4.82

## ปริมาณแอมโมเนียรวม



ภาพที่ 5 ปริมาณแอมโมเนียรวมในบ่อพักน้ำ 2 และบ่ออนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบปิดที่ความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ

## ปริมาณไนไตรท์



ภาพที่ 6 ปริมาณไนไตรท์ในบ่อพักน้ำ 2 และบ่ออนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบปิดที่ความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ

#### 4. ผลผลิต ต้นทุน และผลตอบแทน

ผลการทดลองผลิตลูกกุ้งก้ามกราม จนอายุครบ 30 วัน พบว่าที่ระดับความหนาแน่น 40 ตัวต่อลิตร ได้ผลผลิตเฉลี่ยต่อบ่อ 19,224±1,090 ตัว ต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อบ่อ 2,773.34 บาท แยกเป็นต้นทุนผันแปร 2,605.83 บาท และต้นทุนคงที่ 167.51 บาท ที่ระดับความหนาแน่น 80 ตัวต่อลิตร ได้ผลผลิตเฉลี่ยต่อบ่อ 19,056±2,293 ตัว ต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อบ่อ 4,378.91 บาท แยกเป็นต้นทุนผันแปร 4,211.40 บาท และต้นทุนคงที่ 167.51 บาท และที่ระดับความหนาแน่น 120 ตัวต่อลิตร ได้ผลผลิตเฉลี่ยต่อบ่อ 14,976±3,196 ตัว ต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อบ่อ 6,402.91 บาท แยกเป็นต้นทุนผันแปร 6,235.40 บาท และต้นทุนคงที่ 167.51 บาท (ตารางที่ 3)

ผลตอบแทนหรือรายได้ทั้งหมด ที่ได้จากการผลิตลูกกุ้งก้ามกรามในระบบปิดที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ คือ 40, 80 และ 120 ตัวต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยต่อบ่อ 2,883.60, 2,858.40 และ 2,246.40 บาท ตามลำดับ โดยมีกำไรสุทธิเฉลี่ยต่อบ่อ 110.26, -1,520.51 และ -4,156.51 บาท และมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 0.14, 0.23 และ 0.43 บาทต่อตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 รายละเอียดเงินลงทุน สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของต้นทุน และผลตอบแทนต่อการลงทุนของการผลิต กุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบปิดที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ

ต้นทุนการผลิต	อัตราความหนาแน่น (ตัวต่อลิตร)					
	40		80		120	
	บาทต่อบ่อ	%	บาทต่อบ่อ	%	บาทต่อบ่อ	%
<b>1. ต้นทุนผันแปร</b>						
- ค่าแม่พันธุ์กุ้ง	444.44	16.03	888.89	20.30	1,333.33	20.82
- ค่าน้ำเค็ม	167.92	6.05	167.92	3.83	167.92	2.62
- ค่าอาหาร	1,550	55.89	2,707.5	61.83	4,282.5	66.88
- ค่าสารเคมี	116.11	4.19	116.11	2.65	116.11	1.81
- ค่าไฟฟ้า	189.00	6.81	189.00	4.32	189.00	2.95
- ค่าแรงงาน	132.53	4.78	132.53	3.03	132.53	2.07
- ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	5.82	0.21	9.45	0.22	14.01	0.22
<b>รวมต้นทุนผันแปร</b>	<b>2,605.83</b>	<b>93.96</b>	<b>4,211.40</b>	<b>96.17</b>	<b>6,235.40</b>	<b>97.38</b>
<b>2. ต้นทุนคงที่</b>						
- ค่าเสื่อมราคาบ่อ/โรงเรือน	148.40	5.35	148.40	3.39	148.40	2.32
- ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์	18.73	0.68	18.73	0.43	18.73	0.29
- ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	0.38	0.01	0.38	0.01	0.38	0.01
<b>รวมต้นทุนคงที่</b>	<b>167.51</b>	<b>6.04</b>	<b>167.51</b>	<b>3.83</b>	<b>167.51</b>	<b>2.62</b>
<b>รวมต้นทุนทั้งหมด</b>	<b>2,773.34</b>	<b>100.00</b>	<b>4,378.91</b>	<b>100.00</b>	<b>6,402.91</b>	<b>100.00</b>
<b>ผลผลิตลูกกุ้งก้ามกราม (ตัว/บ่อ)</b>	<b>19,224±1,090</b>		<b>19,056±2,293</b>		<b>14,976±3,196</b>	
<b>รายได้ทั้งหมด (บาท/บ่อ)**</b>	<b>2,883.60</b>		<b>2,858.40</b>		<b>2,246.40</b>	
<b>กำไรสุทธิ (บาท/บ่อ)</b>	<b>110.26</b>		<b>-1,520.51</b>		<b>-4,156.51</b>	
<b>ต้นทุนการผลิต (บาท/ตัว)</b>	<b>0.14</b>		<b>0.23</b>		<b>0.43</b>	

หมายเหตุ

1. ต้นทุนผันแปร

- ค่าแม่พันธุ์กุ้งก้ามกรามไปดำ ราคา กิโลกรัมละ 200 บาท
- ค่าน้ำเค็มความเค็ม 120 ส่วนในพันส่วนราคาตันรถละ 4,500 บาท (ปริมาตรน้ำ 12 ลูกบาศก์เมตรต่อคันรถ)

- ค่าอาหาร ได้แก่ ไข่ไก่ฟองละ 2.50 บาท ไข่อาร์ทีเมียโหลละ 4,500 บาท
  - ค่าไฟฟ้า คิดที่กำลังไฟ (kw) ของบิ๊มน้ำ 2 ตัว ซุปเปอร์ชาร์ต 1 ตัว ใช้วันละ 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 30 วัน ราคาหน่วยละ 3 บาท
  - ค่าแรงงานคิดจากอัตราค่าจ้างขั้นต่ำของจังหวัดสุพรรณบุรี อัตราวันละ 159 บาท (ทำงาน 8 ชั่วโมง) คิดทำงานวันละ 2 ชั่วโมง ชั่วโมงละ 19.88 บาท
2. ต้นทุนคงที่
- ค่าเสื่อมราคาบ่อ/โรงเรือน คิดค่าเสื่อม 20 ปี ระยะเวลาเลี้ยง 30 วัน
  - ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์
    - ซุปเปอร์ชาร์ต คิดค่าเสื่อม 10 ปี ระยะเวลาเลี้ยง 30 วัน
    - บิ๊มน้ำ เป็ดอกหอย และ bioball คิดค่าเสื่อม 5 ปี ระยะเวลา 30 วัน
3. ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน คำนวณจากอัตราดอกเบี้ยของเงินฝากประจำ 12 เดือน ร้อยละ 2.75 ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ปี 2550
- \*\* ราคาจำหน่ายลูกกุ้งก้ามกราม ขนาด 1-1.5 ซม. ตัวละ 0.15 บาท ตามราคามาตรฐานของกรมประมง

## สรุปและวิจารณ์ผล

จากการทดลองอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบปิดด้วยความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 40, 80 และ 120 ตัวต่อลิตร พบว่าที่ระดับความหนาแน่น 40 ตัวต่อลิตร มีอัตราการรอดตายและอัตราการคว่ำสูงสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับที่ระดับความหนาแน่น 80 และ 120 ตัวต่อลิตร ( $p < 0.05$ ) โดยมีอัตราการรอดตายเฉลี่ย  $21.71 \pm 1.00$ ,  $11.97 \pm 1.18$  และ  $7.66 \pm 1.16$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราการคว่ำเฉลี่ย  $16.02 \pm 0.91$ ,  $7.94 \pm 0.96$  และ  $4.16 \pm 0.89$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกับการทดลองของ กระสินธุ์ และคณะ (2548) ที่ทดลองอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในระบบปิดซึ่งมีระบบกรองและบำบัดแอมโมเนียและไนโตรที่ในตู้ทดลอง โดยใช้น้ำเค็มที่เตรียมจากน้ำทะเลเทียมและน้ำเค็มที่เตรียมจากน้ำทะเลเข้มข้นที่ความหนาแน่น 80 ตัวต่อลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย  $11.26 \pm 7.78$  และ  $18.63 \pm 3.21$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

คุณภาพน้ำในการทดลองพบว่าอุณหภูมิ น้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนละลาย น้ำความเป็นด่าง ความกระด้าง และความเค็ม ในการอนุบาลระบบปิดทั้ง 3 ระดับความหนาแน่น มีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ (ยนต์, 2529, 2536) เมื่อพิจารณา ค่าแอมโมเนีย ไนโตรที่ และไนเตรท ซึ่งมีผลต่อความเป็นพิษต่อลูกกุ้ง พบว่าในการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนระบบปิดทั้ง 3 ระดับความหนาแน่น มีปริมาณแอมโมเนียและไนเตรทเฉลี่ยของน้ำในบ่ออนุบาลอยู่ในเกณฑ์ซึ่งไม่มีความเป็นพิษต่อลูกกุ้ง (สมพงษ์, 2546) โดยระบบปิดสามารถลดปริมาณแอมโมเนียรวมในบ่ออนุบาลเมื่อเริ่มต้นการทดลองจากค่า 1.54-1.95 มิลลิกรัมต่อลิตร จนเหลือ 0.08-0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 5) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง แต่ค่าไนโตรที่ในบ่ออนุบาลมีค่าค่อนข้างสูงในช่วงเมื่อเริ่มต้นการทดลองคือ 0.60-0.70 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 6) เนื่องจาก อาจมีการทำงานที่ไม่สมบูรณ์ในช่วงการกระตุ้นการสร้างมวลทางชีวภาพของแบคทีเรียในระบบก่อนเริ่มเปิดน้ำจากบ่อบำบัดน้ำเข้าสู่บ่ออนุบาล ทำให้มีปริมาณแบคทีเรียในบ่อบำบัดที่อาศัยอยู่บนผิววัสดุตัวกลางมีปริมาณน้อย เพราะโดยปกติแบคทีเรียที่จะออกซิไดซ์ไนโตรที่ไปเป็นไนเตรท (nitrobacter) จะถูกสร้างได้ช้ากว่าแบคทีเรียที่จะออกซิไดซ์แอมโมเนียไปเป็นไนโตรที่ (nitrosomonas) เนื่องจาก nitrobacter มีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้ากว่า จึงทำให้เกิดมีการสะสมของไนโตรที่ขึ้นในระบบในช่วงแรกของการทดลองและอาจมีผลกระทบต่ออัตราการรอดตายของลูกกุ้งตั้งแต่เริ่มต้นการทดลอง แต่เมื่อระบบสามารถทำงานได้ปกติปริมาณไนโตรที่ก็เริ่มลดลงจนอยู่ในเกณฑ์ปกติ และลดลงจนหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ทั้งนี้เมื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบปิดในบ่อขนาด 3 ตัน พบว่ามีปริมาณการใช้น้ำ 5,200 ลิตรต่อบ่อ เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่ใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งในระบบเปิดของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุพรรณบุรี ใช้น้ำทั้งหมด 19,500 ลิตรต่อบ่อ ดังนั้นการอนุบาลในระบบปิดสามารถลดปริมาณการใช้น้ำได้ 73.3 เปอร์เซ็นต์ (3.75 เท่า) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในตู้ทดลองของ กระสินธุ์ และคณะ (2548) พบว่าระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดสามารถลดอัตราการใช้น้ำเค็มที่ 15 ส่วนในพันส่วนได้ 6 เท่า คือ สามารถลดปริมาณการใช้น้ำเค็มจาก 300 ลิตรในการอนุบาลลูกกุ้งในระบบปกติที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เหลือปริมาณการใช้น้ำเพียง 50 ลิตร ในระบบหมุนเวียนแบบปิด

ด้านต้นทุนการผลิตกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบปิด พบว่าต้นทุนส่วนใหญ่ 93.96-97.38 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้นทุนผันแปร โดยเฉพาะค่าอาหารที่มีต้นทุนสูงถึง 55.89-66.88 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นต้นทุนการผลิตเท่ากับ 0.14, 0.23 และ 0.43 บาทต่อตัว ตามลำดับ เมื่อพิจารณาด้านผลตอบแทนหรือกำไรสุทธิ พบว่าการอนุบาลกุ้งก้ามกรามที่ระดับความหนาแน่น 40 ตัวต่อลิตร ให้ผลตอบแทนที่ดีที่สุดเป็นเงิน 110.26 บาทต่อบ่อ ส่วนที่ระดับความหนาแน่น 80 และ 120 ตัวต่อลิตร ขาดทุนอยู่ที่ 1,520.51 และ 4,156.51 บาทต่อบ่อ

เมื่อพิจารณาถึงอัตราการคว่ำ อัตราการรอดตาย คุณภาพน้ำ และต้นทุนการผลิตของกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนที่อนุบาลในระบบปิดพบว่า การอนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบปิดแม้ว่าจะให้ผลผลิตลูกกุ้งที่ไม่สูงมากนัก และค่อนข้างมีความยุ่งยากสิ้นเปลืองในการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำงานเมื่อเริ่มต้นวางระบบ แต่เมื่อระบบเริ่มทำงานได้เป็นปกติจะทำให้สามารถประหยัดต้นทุนน้ำทะเลลดต้นทุนด้านแรงงานและเวลาในการจัดการบ่อ ได้แก่ การเปลี่ยนถ่ายน้ำ ดูแลตะกอนและการย้ายบ่อได้เป็นอย่างมาก ซึ่งการอนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบปิดนี้ มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในการปฏิบัติและเป็นระบบซึ่งสามารถบำบัดคุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำให้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่ที่มีปัญหาเรื่องสถานะการผันแปรของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ และพื้นที่ห่างไกลจากแหล่งน้ำทะเล เช่น จังหวัดทางภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นต้น และสอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบันที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้ออกประกาศ เรื่อง การกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยกำหนดให้บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งได้ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 125 ตอนพิเศษ 21ง ลงวันที่ 30 มกราคม 2551

สรุปผลการอนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบปิดที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ คือ 40, 80 และ 120 ตัวต่อลิตร จนลูกกุ้งอายุ 30 วัน พบว่า อัตราความหนาแน่น 40 ตัวต่อลิตร เป็นอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการอนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบปิด เนื่องจากมีอัตราการรอดตายและอัตราการคว่ำสูงสุด มีต้นทุนการผลิตต่อตัวต่ำสุด มีรายได้สุทธิ ผลกำไรสุทธิ และผลตอบแทนต่อการลงทุนสูงกว่าการอนุบาลด้วยอัตราความหนาแน่น 80 และ 120 ตัวต่อลิตร

### ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการตรวจสอบบำรุงรักษา และทดสอบการทำงานของปั้มน้ำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับการทำงานของระบบกรณีปั้มน้ำหยุดทำงาน
2. ควรหลีกเลี่ยงการใช้ยาหรือสารเคมีซึ่งจะส่งผลกระทบต่อแบคทีเรียในระบบ ถ้ามีความจำเป็นต้องใช้ควรปิดระบบก่อนที่จะใช้ยาหรือสารเคมี
3. ควรมีการตรวจโรคไวรัส MNV และ XSV ในลูกกุ้งก่อนนำเข้าอนุบาลในระบบ เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของโรคเข้าสู่ระบบ
4. ศึกษาถึงระยะเวลาการจัดการที่เหมาะสมในการกระตุ้นการทำงานของแบคทีเรียในระบบ ก่อนเริ่มการทดลองเพื่อให้การทำงานของระบบมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ระยะเวลาในการรองรับการทำงานของระบบ และแนวโน้มการพัฒนาให้ต้นทุนต่ำลง เพื่อการปรับปรุงนำไปใช้ในการบำบัดน้ำของระบบที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อให้เกิดการจัดการระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด



## เอกสารอ้างอิง

- กระสินธุ์ หังสพฤกษ์, เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์, ประจวบ ฉายบุญ, นิวุฒิ หวังชัย และ สุภัทรา อุไรวรรณ.
2548. การผลิตและอนุบาลลูกกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) ในเขตภาคเหนือด้วยน้ำเค็มระบบปิดเพื่อลดต้นทุนในการผลิตกุ้งก้ามกรามในเขตภาคเหนือ. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 15 หน้า.
- กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. 2549. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2547. เอกสารฉบับที่ 7/2549. ศูนย์สารสนเทศ, กรมประมง. 91 หน้า.
- กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. 2550. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2548. เอกสารฉบับที่ 8/2550. ศูนย์สารสนเทศ, กรมประมง. 65 หน้า.
- กอบศักดิ์ เกตุเหมือน, พุทธ ส่องแสงจินดา, สถาพร ดิเรกบุษราคม และ ปิติวงษ์ ตันติโชค. 2548. ผลของแอมโมเนียมซัลเฟตต่อการกระตุ้นประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทะเลของระบบกรองชีวะแบบจุ่ม. วารสารการประมง 58(4): 312-319.
- คณิต ไชยาคำ และ ชงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร. 2549. การเลี้ยงปลากระรังในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดโดยการบำบัดน้ำทางชีวภาพ 2 ระบบ. วารสารการประมง 59(5): 409-415.
- จารุวรรณ สมศิริ. 2550. วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำเพื่อการศึกษาด้านการประมง. สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด, สำนักวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 57 หน้า.
- ธัญญา พันธุ์ฤทธิ์ดำ. 2541. ระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด ที่มีระบบดีไนตริฟิเคชันสำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร. หน้า 6-10.
- มันสิน ตันกุลเวศม์. 2546. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. หน้า 20/3-20/16.
- ยนต์ มุสิก. 2529. การเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกราม. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 146 หน้า.
- ยนต์ มุสิก. 2536. คุณภาพน้ำกับกำลังผลิตของบ่อปลา. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 180 หน้า.
- วิรัช จิวแหยม. 2544. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 166 หน้า.
- สมพงษ์ สุวรรณทศ. 2546. กลวิธีการเพาะและอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามในประเทศไทย. เอกสารแนะนำ. กรมประมง. 47 หน้า.

สมศักดิ์ เพียบพร้อม. 2530. หลักและวิธีการจัดการธุรกิจฟาร์ม. โอ.เอส. พรินติ้งเฮาส์. กรุงเทพมหานคร.  
240 หน้า.

BAAC. <http://www.baac.or.th>.

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด