บทที่ 4

การวิจารณ์ผลการทดลอง

ก. <u>การศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน</u>

1. <u>ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแม่กุ้งและจำนวนตัวอ่อนที่ฟักเป็นตัวในห้องปฏิบัติการ</u>

โดยปกติการศึกษาเกี่ยวกับความดกของไข่ (fecundity) ของสัตว์น้ำนั้น เขามักศึกษาจากจำนวนไข่เป็นสำคัญ แต่การศึกษาครั้งนี้มุ่งศึกษาจากจำนวนตัวอ่อนที่เพิ่มฟักออกเป็นตัว เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการคาดคะเนจำนวนตัวอ่อนที่สามารถฟักเป็นตัวตามขนาดของแม่ที่ใช้ทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากในระหว่างการฟักตัวของไข่ (incubation) นั้นตัวอ่อนบางส่วนจะตายภายในไข่ (Reeve, 1969) อำพล และคณะ (2510) พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียด (มม.) ของแม่กุ้งก้ามกรามกับจำนวนไข่จะเป็นสมการ

$$\text{จำนวนไข่} = 0.00427957 \times (\text{ความยาว})^{3.1703} \quad \ldots\ldots\ldots(1)$$

แต่ในการทดลองครั้งนี้พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียด (ซม.) ของแม่กุ้งก้ามกรามกับจำนวนตัวอ่อนที่เพิ่งฟักเป็นตัวเป็นสมการ

$$\text{จำนวนตัวอ่อน} = 0.6193 \times (\text{ความยาว})^{3.9415} \quad \ldots\ldots\ldots(2)$$

จากสมการ (1) ถ้าความยาวเหยียดของแม่กุ้ง 200 มม. จะได้จำนวนไข่ 84,402 ฟอง และถ้าความยาวเหยียด 160 มม. จะให้จำนวนไข่ 41,603 ฟอง แต่จากสมการ (2) ถ้าแม่กุ้งมีขนาดเท่ากันจะได้จำนวนลูกกุ้ง 83,159 ตัว และ 34,510 ตัว ตามลำดับ ซึ่งให้ผลแตกต่างกัน 1.47% และ 17.05% ตามลำดับ หรือให้จำนวนน้อยกว่าโดยเฉลี่ย 9.26% อย่างไรก็ดีถ้าเทียบผลดังกล่าวนี้กับความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดกับจำนวน

ไข่ที่ Shafi และ Guddus (1975) ศึกษาไว้จะพบว่าจำนวนลูกกุ้งที่ฟักเป็นตัวจะน้อยกว่าจำนวนไข่ประมาณ 42.05%

Wickins และ Beard (1974) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความยาวเหยียดของแม่กุ้งกับจำนวนไข่ เทียบกับผลการศึกษาของ Rajyalakshmi (1961) พบว่าความดกของไข่ (fecundity) ที่ศึกษาจากตัวอ่อนกับการนับจำนวนไข่จะต่างกันประมาณ 31% ไพโรจน์และทรงชัย (2512) ศึกษาการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน พบว่าอัตราการฟักเป็นตัวของไข่กุ้งมีเพียง 25.77 – 75.4% หรือเฉลี่ย 58.27% เท่านั้น

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวของแม่กุ้ง (กรัม) กับจำนวนไข่ Shafi และ Guddus (1975) พบว่าเป็นดังสมการ

$$\text{จำนวนไข่} = 1922.65 \times (\text{น้ำหนักตัว})^{0.9537} \quad \ldots\ldots\ldots(3)$$

แต่ในการทดลองครั้งนี้จำนวนตัวอ่อนจะมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวของแม่กุ้ง ดังสมการ

$$\text{จำนวนตัวอ่อน} = 492.306 \times (\text{น้ำหนักตัว})^{1.1170} \quad \ldots\ldots\ldots(4)$$

จากสมการ (3) และ (4) ถ้าแม่กุ้งมีน้ำหนัก 100 กรัม และ 50 กรัม จะได้จำนวนไข่ 155 346 ฟอง และ 80.206 ฟอง ตามลำดับ สำหรับสมการ (3) และได้จำนวนตัวอ่อน 84.379 ตัว และ 38,903 ตัว ตามลำดับ สำหรับสมการ (4) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้จำนวนตัวอ่อนมาศึกษาเกี่ยวกับความดกนั้นจะได้ผลน้อยกว่าการศึกษาด้วยจำนวนไข่ประมาณ 47.66%

2. <u>การศึกษาการเพาะเลี้ยงลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน</u>

จากผลของการศึกษาการเพาะเลี้ยงลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนทั้ง 3 ระบบ พบว่าในระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 1 (ระบบ static) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของกุ้งวัยอ่อนเริ่มแรก (stocking density) 40.4 ตัว/ลิตร สามารถผลิตลูก

กุ้งที่คว่ำ (postlarvae) โดยเฉลี่ย 3.2 ตัว/ลิตร อัตราการรอดเฉลี่ย 10.7% และลูกกุ้งจะเริ่มคว่ำครั้งแรกประมาณอายุเฉลี่ย 25 วัน และคว่ำหมดอายุเฉลี่ย 45 วัน ในระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 2 (ระบบน้ำหมุนเวียนที่ระบบกรองและระบบบ่อเลี้ยงแยกจากกัน) มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของกุ้งวัยอ่อนเริ่มแรก 47.5 ตัว/ลิตร สามารถผลิตลูกกุ้งที่คว่ำได้เฉลี่ย 1.9 ตัว/ลิตร อัตราการรอดเฉลี่ย 8.5% และกุ้งจะเริ่มคว่ำครั้งแรกเมื่ออายุเฉลี่ย 25 วัน และคว่ำหมดอายุเฉลี่ย 43 วัน ในระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 3 (ระบบน้ำหมุนเวียนที่ระบบกรองและระบบเลี้ยงอยู่ภายในบ่อเดียวกัน) มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของกุ้งวัยอ่อนเริ่มแรก 20.1 ตัว/ลิตร สามารถผลิตลูกกุ้งที่คว่ำได้เฉลี่ย 2.9 ตัว/ลิตร อัตราการรอดเฉลี่ย 15.1% และกุ้งเริ่มคว่ำครั้งแรกเมื่ออายุเฉลี่ย 21 วัน และคว่ำหมดเมื่ออายุเฉลี่ย 40 วัน

จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย analysis of covariance ดังตารางที่ 37 และตารางที่ 38 แสดงให้เห็นว่าอัตราการรอดของลูกกุ้งวัยอ่อนที่เจริญเติบโตเป็นกุ้งคว่ำ (postlarvae) ในระบบการทดลองทั้ง 3 แบบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ความเชื่อมั่น 95% และ 99%) ส่วนผลผลิตของลูกกุ้งที่คว่ำต่อลิตรมีความแตกต่างกันที่ความเชื่อมั่น 95% แต่ที่ความเชื่อมั่นสูงกว่า 97.5% จะไม่แสดงความแตกต่างกันเลย

Manzi และ Maddox (1976) ได้ทดลองศึกษาการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบ static และระบบน้ำหมุนเวียน โดยใช้ algal supplement พบว่าผลการผลิตและอัตราการรอดของกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนที่เจริญเติบโตเป็นกุ้งคว่ำนั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นั้นย่อมยืนยันว่าการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนสามารถเลี้ยงได้ทั้งระบบ static และระบบน้ำหมุนเวียน โดยผลของการเลี้ยงไม่แตกต่างกัน

ไพโรจน์ (2519) ได้ทำการทดลองเพาะพันธุ์กุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบน้ำหมุนเวียนพบว่ากุ้งจะเจริญเติบโตเป็นกุ้งคว่ำ (postlarval stage) อย่าง

ตารางที่ 37 ตารางการวิเคราะห์ทางโคเวเรียนของอัตราการรอดของลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนของระบบการเพาะลูกกุ้งทั้ง 3 ระบบ

		d.f.	Σx^2	Σxy	Σy^2	Reg. coef.	Dev. From Regression d.f.	S.S.	M.S.
L	Within								
1	Static I	10	7914.64	-1199.86	1013.44	-0.1516	9	831.54	92.39
2	C.S. II	11	13429.31	-2601.12	846.40	-0.1937	10	342.59	34.26
3	C.S. III	2	29.66	-51.71	90.74	-1.7434	1	0.59	0.59
4							20	1174.72	58.74
5	Pool. W	23	21373.61	-3852.69	1950.58	-0.1803	22	1256.12	57.10
6	dif. of slopes						2	81.40	40.70

Comparison of slopes; F = 40.70/58.74

= 0.69 (d.f. = 2,20) N.S.

N.S. = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

x = ความหนาแน่นของกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน

y = อัตราการรอดของกุ้ง (%)

ตารางที่ 38 ตารางการวิเคราะห์ทางโคเวเรียนของผลผลิตลูกกุ้งคว่ำต่อลิตรของระบบการเพาะลูกกุ้งก้ามกรามทั้ง 3 ระบบ

		d.f.	Σx^2	Σxy	Σy^2	Reg. coef.	Dev. From Regression d.f.	S.S.	M.S.
L	Within								
1	Static I	10	7914.64	336.98	59.68	+0.0426	9	45.33	5.04
2	C.S. II	11	13429.31	-199.99	8.52	-0.0149	10	2.98	0.30
3	C.S. III	2	29.66	-6.21	1.45	-0.2094	1	0.15	0.15
4							20	48.46	2.42
5	Pool, W	23	21373.61	130.78	69.65	0.0093	22	68.85	3.13
6	dif. of slopes						2	20.39	10.20

Comparison of slopes; F = 10.20/2.42

= 4.21^{*} (d.f. = 2,20)

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

x = ความหนาแน่นของกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน

y = ผลผลิตลูกกุ้งคว่ำต่อลิตร

สมบูรณ์ในเวลา 35 – 38 วัน ซึ่งทำให้สามารถประหยัดเวลาในการเลี้ยงมากกว่าแบบ static (ซึ่งจะคว่ำอย่างสมบูรณ์ในเวลา 45 – 60 วัน) ในการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นผลที่ค่อนข้างจะสอดคล้องกัน คือ ระบบน้ำหมุนเวียนทั้ง 2 ระบบจะให้กุ้งคว่ำอย่างสมบูรณ์ในเวลาสั้นกว่าแบบ static และยังพบว่าระบบน้ำหมุนเวียนแบบที่ระบบกรองและระบบเลี้ยงอยู่ในบ่อเดียวกันจะสามารถเลี้ยงกุ้งวัยอ่อนให้เป็นกุ้งคว่ำได้ในเวลาสั้นที่สุด

Singholka และ Pawaputanon (1974) ทดลองเลี้ยงลูกกุ้งวัยอ่อนในระบบที่ความเค็มคงที่ พบว่ากุ้งสามารถเจริญเป็นกุ้งคว่ำในอัตราการรอดเฉลี่ย 16.1% ในมาเลเซีย, Fisheries, Division (1972) รายงานว่าสามารถผลิตกุ้งคว่ำได้ประมาณ 1.3 ตัว/ลิตร โดยมีอัตราการรอดเฉลี่ย 10% , Sukotjo, et al. (1975) ทดลองเพาะลูกกุ้งโดยวิธีการต่าง ๆ กันพบว่ามีอัตราการรอดตั้งแต่ 4 – 20% แต่ในระบบ partially renewed ซึ่งคล้ายกับระบบ static ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ให้อัตราการรอดเฉลี่ย 9.20% เท่านั้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาครั้งนี้จะพบว่าไม่แตกต่างกันมากนัก

สำหรับคุณภาพของน้ำที่ใช้ในการเพาะลูกกุ้งวัยอ่อนทั้ง 3 ระบบ ดังตารางที่ 7 พบว่าคุณภาพของน้ำที่ใช้เลี้ยงไม่แตกต่างกันมากนั้น อย่างไรก็ดีจะพบว่าในระบบ static นั้นปริมาณสารประกอบของแอมโมเนีย–ไนโตรเจนและไนไตรต์–ไนโตรเจน จะค่อนข้างสูงกว่าในระบบการเพาะเลี้ยงแบบน้ำหมุนเวียนทั้ง 2 แบบ แต่ปริมาณของสารประกอบทั้ง 2 ก็ยังต่ำกว่าความเข้มข้นที่อาจก่อให้เป็นอันตรายต่อลูกกุ้งทั้งผลแบบกระทันหันและแบบเรื้อรัง ซึ่ง Wickins (1976) และ Armstrong et. al. (1976) ได้เคยศึกษาไว้ในลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนและวัยรุ่น การที่ปริมาณสารประกอบแอมโมเนีย–ไนโตรเจนและไนไตรต์–ไนโตรเจน ต่ำในระบบการเพาะเลี้ยงแบบน้ำหมุนเวียน อาจเกิดเนื่องจากแพลงตอนพืชที่พบว่ามีความสมบูรณ์มากในระบบน้ำหมุนเวียนเป็นตัวการที่ช่วยกำจัดสารประกอบทั้ง 2 ตัว ดังกล่าวให้ลดลงก็ได้ (Cohen et. al., 1976)

สำหรับอุณหภูมิของระบบที่ทำการศึกษาทั้ง 3 นั้นจะพบว่าในระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 3 นั้น อุณหภูมิจะค่อนข้างสูงกว่าอีก 2 ระบบ ทั้งนี้เพราะในระบบที่ 3 เป็นระบบที่บ่ออยู่กลางแจ้งที่สามารถรับความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้โดยตรง นอกจากนั้นบ่อเลี้ยงในระบบนี้ยังฝังอยู่ในดินถึง 3 ใน 4 ส่วนของความลึก จึงทำให้บ่อเลี้ยงสามารถเก็บความร้อนได้ดีทำให้อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงมากนักแม้ในช่วงฤดูหนาว จึงทำให้สามารถใช้เลี้ยงกุ้งก้ามกรามได้ตลอดปี ซึ่งต่างกับ 2 ระบบแรกซึ่งในช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิภายในระบบจะลดต่ำลงกว่า 23 °ซ. ทำให้ไม่สามารถใช้เลี้ยงกุ้งวัยอ่อนได้ หรือถ้าจะเลี้ยงก็ต้องใช้แท่งความร้อนช่วย ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเพาะเลี้ยงเพิ่มขึ้น

นัยสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนกับอัตราการรอดในระบบเพาะเลี้ยงทั้ง 3 แบบ (ดังรูปที่ 10) แสดงให้เห็นว่าระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 2 มีนัยสำคัญสูงกว่าระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 1 และแบบที่ 3 นั้นย่อมแสดงให้เห็นได้ว่าการประเมินผลผลิตของกุ้งที่คว่ำในระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 2 สามารถทำได้ถูกต้องและแน่นอนกว่าในระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 1 และแบบที่ 3 แต่อย่างไรก็ดีสำหรับการเพาะเลี้ยงในระบบที่ 3 นั้น การที่ไม่สามารถหานัยสำคัญได้นั้นอาจเนื่องจากตัวอย่างที่ทำการศึกษายังน้อยไปก็ได้ ดังนั้นการสรุปดังกล่าวจึงอาจต้องมีการแก้ไขในเวลาข้างหน้า

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนกับอัตราการรอด ซึ่งแสดงออกในรูปของ exponential regression และความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนกับผลผลิตของกุ้งที่คว่ำต่อลิตร จากรูป 11 จะพบว่าในระบบการเลี้ยงแบบน้ำหมุนเวียนทั้ง 2 แบบ จะให้ผลผลิตของลูกกุ้งดีที่สุดเมื่อเลี้ยงลูกกุ้งที่ความหนาแน่นประมาณ 20 ตัว/ลิตร แต่ในระบบ static นั้น ผลผลิตของลูกกุ้งไม่สามารถสรุปได้ว่าความหนาแน่นใดดีที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อลองพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนกับอัตราการรอด จะพบว่าแนวโน้มของทุกระบบการทดลองจะมีอัตราการรอดของกุ้งวัยอ่อนเพิ่มอย่างรวดเร็ว เมื่อเลี้ยงที่ความหนาแน่นต่ำกว่า 20 ตัว/ลิตร ฉะนั้นจึงพอสรุปได้ว่าความสำเร็จในการเพาะเลี้ยงลูกกุ้ง

ก้ามกรามวัยอ่อนในระบบเลี้ยงทั้ง 3 ที่ดีที่สุดนั้นควรเลี้ยงที่ความหนาแน่นของกุ้ง 20 ตัว/ลิตร ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาในฟิลิปปินส์ (SEAFDEC, 1975) แต่ค่อนข้างต่ำกว่าที่ Sick และ Beaty (1974) ได้เคยรายงานไว้ว่าความหนาแน่นของกุ้งวัยอ่อน 40 ตัว/ลิตร เป็นความหนาแน่นที่ดีที่สุดเพราะอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดดีที่สุด

การพิจารณาเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายของระบบการเพาะเลี้ยงลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนทั้ง 3 แบบ แสดงให้เห็นว่าในระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 2 นั้น จะเป็นแบบที่ประหยัดน้ำทะเลได้มากที่สุด ทั้งนี้เพราะในระบบนี้จะใช้น้ำทะเลเพื่อผสมเป็นน้ำกร่อยสำหรับเลี้ยงตัวอ่อนเพียงครั้งแรกเท่านั้น และสามารถเลี้ยงกุ้งได้อีกหลายรุ่น โดยไม่ต้องมีการเปลี่ยนหรือเติมน้ำทะเลลงไปเพิ่มอีกเลย ไพโรจน์ (2519) เคยทดลองเลี้ยงในระบบนี้และกล่าวว่าจะสามารถประหยัดน้ำทะเลได้มากกว่า 80 – 90% ของน้ำทะเลที่ใช้ในระบบ static ซึ่งเขาทำการเปรียบเทียบเฉพาะการเพาะลูกกุ้งเพียงรุ่นเดียวเท่านั้น ฉะนั้นถ้าการเพาะกุ้งวัยอ่อนกระทำหลาย ๆ รุ่นก็ยอมทำให้การประหยัดน้ำทะเลได้มากกว่าที่กล่าวอีก เช่น ถ้าทำการเพาะลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน 2 รุ่นติดต่อกัน จะทำให้สามารถประหยัดน้ำทะเลได้ 93.7 – 98.8%

ระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 3 เป็นระบบที่ประหยัดน้ำทะเลมากเช่นกัน โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงครั้งแรกนั้นจะสามารถประหยัดน้ำทะเลได้พอ ๆ กับการเพาะเลี้ยงในระบบที่ 2 แต่เนื่องจากการค่อย ๆ ลดความเค็มตามขั้นตอนของการเจริญเติบโตของกุ้งจึงต้องเติมน้ำทะเลลงไปเพื่อเพิ่มความเค็มในการเลี้ยงลูกกุ้งรุ่นต่อไป ทำให้ต้องใช้น้ำทะเลมากกว่าระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 2 เล็กน้อย

ในระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 1 เป็นระบบที่มีการใช้น้ำทะเลมากที่สุด ฉะนั้นในระบบนี้จึงมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการขนน้ำทะเลมาก อย่างไรก็ดีการเลี้ยงในระบบนี้ก็ได้พยายามพัฒนาให้ประหยัดน้ำทะเล โดยการค่อย ๆ ลดความเค็มของน้ำตามขั้นตอนของการเจริญเติบโตของกุ้งวัยอ่อน จึงทำให้สามารถประหยัดน้ำทะเลได้ประมาณ 60% ของน้ำทะเล

ที่เลี้ยงในระบบ static ที่มีความเค็มคงที่ (ทั้งนี้เพราะในระบบ static ที่ความเค็มคงที่ ซึ่งมีการเปลี่ยนน้ำ 2 วันครั้ง ถ้าเลี้ยงในบ่อ 500 ลิตร จะต้องใช้น้ำทะเลอย่างน้อย 1,500 ลิตรต่อการเลี้ยงกุ้ง 1 รุ่น แต่ในระบบที่มีการลดความเค็มแบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 1 นั้น จะใช้น้ำทะเลประมาณ 500 ลิตรเท่านั้น)

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนแรงงานที่จะต้องใช้ในการเลี้ยงลูกกุ้งแต่ละรุ่น จะพบว่าการเพาะเลี้ยงกุ้งวัยอ่อนในระบบที่ 1 และระบบที่ 2 จะต้องใช้แรงงานมากกว่าการเพาะเลี้ยงกุ้งวัยอ่อนในระบบที่ 3 ทั้งนี้เพราะในระบบที่ 3 ไม่ต้องใช้แรงงานในการดูดตะกอนและเศษอาหารที่ตกค้างออก เนื่องจากเศษอาหารที่เหลือจะตกตะกอนลงบนทราย (filter bed) และถูกแบคเตอรีภายในชั้นทรายย่อยเปลี่ยนสภาพเป็นอนินทรีย์สารในที่สุด Fujimura (1974) รายงานว่าค่าใช้จ่ายที่แปรผันของการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนนั้นส่วนใหญ่จะใช้เป็นค่าแรงงานถึง 77% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด และแรงงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงก็มักจะเป็นการดูดเอาเศษอาหารออกจากบ่อเลี้ยง ดังนั้นระบบการเลี้ยงกุ้งวัยอ่อนแบบที่ 3 จึงเป็นระบบที่น่าให้ความสนใจมากที่สุดสำหรับการเพาะเลี้ยงในอนาคต

Fujimura และ Okamoto (1972) รายงานว่าขนาดของบ่อเลี้ยงลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนที่มีขนาดเพิ่มขึ้นจาก 1,000 ลิตร เป็น 18,000 ลิตร สามารถลดค่าใช้จ่ายในการผลิตลูกกุ้งวัยรุ่นได้ 71% Fisheries Division, Malaysia (1972) ได้ทำการศึกษาพบว่าขนาดของบ่อเพาะเลี้ยงลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนที่เหมาะสมที่สุดควรมีขนาด 30,000 ลิตร Fujimura (1974) กล่าวว่าการเพิ่มขนาดของบ่อเพาะเลี้ยงให้ใหญ่ขึ้นนั้นจะช่วยลดค่าแรงงานลง ดังนั้นระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 3 ซึ่งมีขนาดบรรจุน้ำ 8,000 ลิตร จึงควรจะเป็นระบบที่ประหยัดค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงกุ้งวัยอ่อนมากกว่าระบบการเลี้ยงแบบที่ 1 และแบบที่ 2 ซึ่งมีขนาดเพียง 500 และ 250 ลิตรเท่านั้น

อัตราค่าใช้จ่ายที่แปรผันของระบบการเพาะเลี้ยงทั้ง 3 แบบ ต่อผลผลิตกุ้งวัยรุ่น 1 ตัว ที่คำนวณจากค่าแรงงาน, ค่าอาหาร, ค่าน้ำและค่าไฟ (ตารางที่ 39) พบว่าใน

ระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 1 จะต้องลงทุนประมาณ 17 สตางค์ต่อกุ้งควำ 1 ตัว ระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 2 จะต้องลงทุนประมาณ 22 สตางค์ต่อกุ้งควำ 1 ตัว และระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 3 จะต้องลงทุนประมาณ 3.5 สตางค์ต่อกุ้งควำ 1 ตัว จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายของระบบการเลี้ยงที่มีขนาดใหญ่จะถูกกว่าระบบเล็ก และอัตราค่าใช้จ่ายในระบบเล็กส่วนใหญ่จะเป็นค่าแรงงานมากที่สุด

Uchida (1972) และ Fujimura (1974) รายงานว่าอัตราค่าใช้จ่ายของผลผลิตกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นในฮาวายปัจจุบันลดลงจากเดิมเหลือเพียง 40 บาทต่อ 1,000 ตัว Kloke และ Potaros (1975) ศึกษาราคาต้นทุนการผลิตลูกกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นของผู้เพาะเลี้ยงรายย่อยในประเทศไทย พบว่าอัตราค่าใช้จ่ายต่อตัวของกุ้งควำประมาณ 36 – 86 สตางค์ต่อตัว อย่างไรก็ดีถ้าความต้องการกุ้งวัยรุ่นมากขึ้น และมีการใช้อุปกรณ์การเพาะเลี้ยงที่มีทั้งหมดครบ 100 เปอร์เซนต์ ก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายลงเหลือเพียง 28 – 50 สตางค์ต่อตัว

จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนนั้นสามารถทำได้ในที่ห่างไกลจากทะเล หรือที่ซึ่งมีปัญหาเกี่ยวกับน้ำทะเล โดยการพัฒนาระบบน้ำหมุนเวียนขึ้นมาใช้ ซึ่งนอกจากสามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับน้ำทะเลแล้วยังเป็นระบบที่ค่อนข้างประหยัดแรงงานอีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบน้ำหมุนเวียนที่มีระบบกรองและระบบเลี้ยงอยู่ภายในบ่อเดียวกัน

ข. <u>การศึกษาการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยรุ่น (young prawn) และกุ้งก้ามกรามขนาดสูตลาด (marketable size)</u>

1. <u>ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดและน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกราม</u>

Rounsefell (1953) กล่าวว่าความสัมพันธ์ระหว่างความยาว (L) และน้ำหนักตัว (W) จะเป็นไปตามกฎกำลังสาม คือ

$W = c L^n$ เมื่อ c และ n เป็นค่าคงที่

ตารางที่ 39 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่แปรผัน (โดยประมาณ) ในระบบการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนทั้ง 3 แบบ

ค่าใช้จ่ายที่แปรผัน	ระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 1 (ระบบ static)		ระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 2 (ระบบน้ำหมุนเวียนที่ระบบกรองและระบบเลี้ยงแยกกัน)		ระบบการเพาะเลี้ยงแบบที่ 3 (ระบบน้ำหมุนเวียนที่ระบบกรองและระบบเลี้ยงอยู่ในบ่อเดียวกัน)	
	จำนวนเงิน (บาท)	คิดเป็น %	จำนวนเงิน (บาท)	คิดเป็น%	จำนวนเงิน (บาท)	คิดเป็น %
1. ค่าแรงงาน (คิดวันละ 28 บาท)	1350	43.34	675	55.10	280	12.08
2. ค่าไฟฟ้า (คิดหน่วยละ 1 บาท)	250	8.02	80	6.53	38	1.64
3. ค่าน้ำทะเล (คิดลูกบาศก์เมตรละ 50 บาท)	275	8.83	50	4.08	300	12.94
4. ค่าอาหารและอาซิเบีย	1240	39.81	420	34.29	1700	73.34
5. รวม	3115	100.00	1225	100.00	2318	100.00
6. คิดเป็นค่าใช้จ่าย/กุ้งคว่ำ 1 ตัว	0.171	–	0.218	–	0.035	–

อำพลและคณะ (2510) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียด (มม.) กับน้ำหนักตัว (กรัม) ของกุ้งก้ามกรามในธรรมชาติขนาด 90 – 280 มิลลิเมตร พบว่ามีค่าเป็น

$$W = 9.883 \times 10^{-7} \quad L^{3.4171} \qquad \text{(สำหรับกุ้งเพศผู้)}$$

$$W = 1.381 \times 10^{-6} \quad L^{3.3481} \qquad \text{(สำหรับกุ้งเพศเมีย)}$$

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียด (ซม.) และน้ำหนักตัวของกุ้งขนาดใหญ่ตั้งแต่ 2.50 – 21.00 เซนติเมตร ที่เลี้ยงโดยไม่แยกเพศเป็น

$$W = 0.003420 \; L^{3.4158}$$

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกำลังของความยาวกับกุ้งธรรมชาติจะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันน้อยมาก นั่นย่อมแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดและน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกรามขนาดใหญ่ที่เลี้ยงและกุ้งธรรมชาติไม่แตกต่างกัน

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียด (ซม.) และน้ำหนักตัว (กรัม) ของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นขนาด 0.75 – 11.10 เซนติเมตร ที่เลี้ยงโดยไม่แยกเพศเป็น

$$W = 0.008782 \; L^{2.9996}$$

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ากำลังของความยาวในกุ้งขนาดใหญ่ จะเห็นได้ว่ามีค่าน้อยกว่า แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงของความยาวเหยียดและน้ำหนักของกุ้งขนาดต่างกันไม่เหมือนกัน โดยกุ้งขนาดเล็กกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื่องจากความยาวน้อยกว่ากุ้งขนาดใหญ่

2. <u>การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโต</u>

2.1 <u>การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่น</u>

Ling (1969, b) กล่าวว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อเพียง

เดือนเดียวหลังคว่ำจะสามารถเจริญเติบโตเป็นกุ้งวัยรุ่นขนาดประมาณ 2.5 เซนติเมตรได้ แต่การศึกษาครั้งนี้พบว่ากุ้งหลังคว่ำ 1 เดือนที่เลี้ยงไว้ในกระชังภายในบ่อดิน, บ่อน้ำหมุนเวียน และบ่อซิเมนต์จะเจริญเติบโตเป็นกุ้งวัยรุ่นขนาดเฉลี่ยเพียง 2.03, 1.87 และ 1.63 เซนติเมตรตามลำดับเท่านั้น ไพโรจน์และทรงชัย (2511) และ Willis et al., (1976) พบว่ากุ้งก้ามกรามวัยรุ่นหลังคว่ำซึ่งเลี้ยงในบ่อซิเมนต์นั้นจะมีความยาวเพิ่มขึ้นโดยประมาณเดือนละ 1.00 เซนติเมตร นอกจากนั้น Willis et al., (1976) ยังกล่าวว่าการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามจะขึ้นกับอาหารด้วย โดยเขาพบว่าอาหารเนื้อปลาซึ่งมีโปรตีนประมาณ 40% จะให้อัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่ากุ้งก้ามกรามวัยรุ่นที่เลี้ยงได้ 3 เดือนหลังคว่ำในกระชังภายในบ่อดิน, บ่อน้ำหมุนเวียน และบ่อซิเมนต์นั้น จะมีขนาดเฉลี่ย 3.92, 3.26, และ 3.29 เซนติเมตรตามลำดับ โดยมีความยาวเพิ่มขึ้นต่อเดือนเท่ากับ 1.00, 0.92 และ 0.76 เซนติเมตร หรือมีอัตราการเจริญเติบโตเดือนละ 56.8, 46.2 และ 42.9% ตามลำดับ ซึ่งเมื่อลองเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Willis et al., (1976) และ Ling (1969, b) แล้วดูกุ้งที่เลี้ยงนี้ค่อนข้างเจริญเติบโตน้อยกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องจากการให้อาหารซึ่งช่วงแรกหลังคว่ำมักให้รำและปลายข้าวซึ่งมีโปรตีนเพียง 15% (ยุก, 2520) เป็นหลัก จึงทำให้การเจริญเติบโตไม่เป็นไปตามที่ผู้อื่นได้ศึกษาไว้

สำหรับการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งวัยรุ่นที่เลี้ยงไว้ทั้ง 3 ระบบนั้น จากข้อมูลของการเลี้ยงตลอด $3\frac{1}{2}$ เดือนนั้น พบว่ากุ้งวัยรุ่นที่เลี้ยงในกระชังภายในบ่อดินดูจะมีการเจริญเติบโตกว่าการเลี้ยงในบ่อน้ำหมุนเวียนและบ่อซิเมนต์ แต่จากการวิเคราะห์โดยสถิติของการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นที่เลี้ยงทั้งสามระบบ (ตารางที่ 10 และ 12) แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งวัยรุ่นทั้งสามระบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่ากุ้งก้ามกรามวัยรุ่นที่ต้องการการอนุบาลในที่ปลอดภัยนั้นสามารถเลี้ยงได้ทั้งในบ่อซิเมนต์, บ่อน้ำหมุนเวียน หรือกระชังภายในบ่อได้โดยการเจริญเติบโตและ

อัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ดี Sahavacharin และ Brohmonda (1974) พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งที่เลี้ยงในบ่อดินและบ่อซิเมนต์ดูจะมีความแตกต่างกัน

2.2 <u>การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามขนาดสูตลาด</u>

การเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามในธรรมชาติศึกษาโดยทรงชัยและประชิต (2517) พบว่าจะมีความยาวเพิ่มขึ้นประมาณเดือนละ 1.50 – 2.00 เซนติเมตร และมีค่าเฉลี่ย 1.16 เซนติเมตร หรือ 11.6 กรัมต่อเดือน ไพโรจน์และทรงชัย (2512 ก. ข.) พบว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในกระชังจะมีความยาวเพิ่มขึ้นต่อเดือนประมาณ 0.4 – 0.75 เซนติเมตร หรือมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเดือนละ 3.8 – 6.0 กรัม Ling (1969, a) กล่าวว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อซึ่งมีน้ำและอาหารดีจะมีอัตราการเจริญเติบโตเร็วมาก กล่าวคือ กุ้งขนาด 5.51 เซนติเมตร เมื่อเลี้ยงได้ 6 เดือนจะมีขนาด 22.5 เซนติเมตรและหนัก 125 กรัม

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำและร่องสวนผลไม้ เมื่อเลี้ยงได้ 6 เดือนจะมีขนาดความยาวเหยียดเฉลี่ย 15.42, 12.62 และ 13.02 เซนติเมตร หรือน้ำหนักตัวเฉลี่ย 47.76, 25.02 และ 26.32 กรัม ตามลำดับ มีการเพิ่มของความยาวเฉลี่ยเดือนละ 1.84, 1.29 และ 1.54 เซนติเมตร หรือมีอัตราการเจริญเติบโตสัมพันธ์เฉลี่ยต่อเดือนเป็นร้อยละ 25.44, 17.44 และ 23.47 ตามลำดับ และมีการเพิ่มของน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 7.82, 4.01 และ 4.30 กรัม หรืออัตราการเจริญเติบโตสัมพันธ์เฉลี่ยต่อเดือนเป็นร้อยละ 120.57, 78.18 และ 100.98 ตามลำดับ ซึ่งจากผลนี้จะเห็นว่าอัตราการเจริญเติบโตและการเพิ่มการเจริญเติบโตต่อเดือนของกุ้งที่เลี้ยงในบ่อดินจะให้ผลดีที่สุดและกุ้งที่เลี้ยงในกระชังจะให้ผลน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโตและการเพิ่มการเจริญเติบโตต่อเดือนทั้งน้ำหนักตัวและความยาวเหยียดนั้น แสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 27, 28, 30 และ 31)

Wickins และ Beard (1974) กล่าวว่าการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการจะสัมพันธ์กับเวลาเป็นเส้นตรงดังสมการ

ความยาว (มม.) = 47.4659 + 0.2733 ของอายุ (วัน) (สำหรับกุ้งเพศผู้) และ

ความยาว (มม.) = 36.6178 + 0.2320 ของอายุ (วัน) (สำหรับกุ้งเพศเมีย)

แต่ในการศึกษาครั้งนี้พบว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงทั้ง 3 จะมีการเจริญเติบโตโดยความยาวเหยียด (ซม.) สัมพันธ์กับอายุ (เดือน) เป็นเส้นตรงเช่นกันคือ

ความยาว = 5.3815 + 1.7531 ของอายุ (สำหรับกุ้งในบ่อ)

ความยาว = 5.3155 + 1.3178 ของอายุ (สำหรับกุ้งในกระชัง)

และความยาว = 3.7887 + 1.6331 ของอายุ (สำหรับกุ้งในร่องสวน)

จากสมการทั้ง 3 นี้ จะเห็นว่าความชันหรือ slope ของกุ้งที่เลี้ยงในบ่อดินมีค่าสูงที่สุด และความชันของกุ้งที่เลี้ยงในกระชังมีค่าน้อยที่สุด นั่นแสดงให้เห็นว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดินมีการเจริญเติบโตดีที่สุด และกุ้งที่เลี้ยงในกระชังมีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติของการเจริญเติบโตของการเลี้ยงกุ้งทั้ง 3 ระบบ (ตารางที่ 19, 20 และ 21) แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตโดยความยาวเหยียดของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงไว้ในบ่อดินและร่องสวนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่กุ้งที่เลี้ยงในกระชังจะมีการเจริญเติบโตแตกต่างกับกุ้งที่เลี้ยงในบ่อและร่องสวนอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้การพิจารณาในรูปของสมการ exponential คือ $W = A e^{bx}$ โดยถือว่าการศึกษานี้ใช้เวลาสั้นเพียง 6 เดือนเท่านั้น von Bertalanffy (1938) กล่าวว่าการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักนั้นควรจะเป็นสมการ ดังนี้คือ $Wt = W\infty (1 - e^{-K(t-to)})^b$

จากการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักด้วยวิธีการทางสถิติของกุ้งที่เลี้ยงทั้ง 3 ระบบ พบว่ากุ้งที่เลี้ยงในกระชังจะมีการเจริญเติบโตแตกต่างกับกุ้งที่เลี้ยงในบ่อดินและร่องสวนอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนกุ้งที่เลี้ยงในบ่อดินและร่องสวนจะไม่แสดงความ

แตกต่างของการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 23, 24 และ 25)

การเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในกระชังมีค่าน้อยกว่ากุ้งที่เลี้ยงในระบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญนั้น อาจเกิดขึ้นจากสาเหตุใหญ่ 2 ประการคือ 1) ความขุ่นของน้ำ ซึ่งมีค่าสูงตลอดเวลาที่ศึกษา ความขุ่นนี้เกิดขึ้นจากการวิ่งของเรือและการขุดลอกคลองทางต้นน้ำ ทำให้มีตะกอนดินไหลหมุนเวียนอยู่ในน้ำตลอดเวลา และจากการใช้ secchi disc วัดความโปร่งแสง (transparency) ของน้ำในคลองพบว่ามีค่าต่ำกว่า 5 เซนติเมตรเสมอ 2) ระดับน้ำที่เลี้ยง ระดับน้ำของบ่อและร่องสวนผลไม้จะอยู่ไม่ต่ำกว่า 50 เซนติเมตร เพราะสามารถควบคุมได้ แต่ระดับน้ำในกระชังนั้นไม่สามารถควบคุมได้ และในตอนช่วงฤดูแล้งซึ่งมีการใช้น้ำจากคลองเพื่อการเกษตรกรรมอื่น ๆ รวมเข้ากับการระเหยของน้ำอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำในคลองลดลงอย่างมากจนเหลือน้ำที่ท่วมพื้นกระชังเพียง 10 – 15 เซนติเมตรเท่านั้น

3. อัตราการรอดของกุ้ง

3.1 อัตราการรอดของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่น

Willis et al., (1976) พบว่าอัตราการรอดของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่น ขึ้นกับความหนาแน่นและพบว่าที่ความหนาแน่น 215 ตัวต่อตารางเมตรจะให้อัตราการรอดสูงที่สุดคือ 52.4% เมื่อเลี้ยงได้ 2 เดือน ในการทดลองครั้งนี้ทุกระบบของการเลี้ยงใช้ความหนาแน่นเริ่มต้น 200 ตัวต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นความหนาแน่นที่ Ling (1969, b) แนะนำไว้สำหรับการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นก่อนปล่อยลงบ่อใหญ่ ได้ผลว่ากุ้งก้ามกรามวัยรุ่นที่เลี้ยงในบ่อซิเมนต์, บ่อน้ำหมุนเวียน และกระชังในบ่อดินจะให้อัตรารอดคิดเป็นร้อยละ 54.71, 87.90 และ 62.95 ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงได้ $3\frac{1}{2}$ เดือนหลังคว่ำ ไพโรจน์และทรงชัย (2511) กุ้งที่เลี้ยงในบ่อซิเมนต์ตั้งแต่ฟักเป็นตัวจนถึงอายุได้ 7 เดือนจะมีอัตรารอดเพียง 0.47% เท่านั้น สนิท (2512) กล่าวว่าอัตรารอดของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นดูมีความสัมพันธ์กับชนิดของอาหาร Malecha et al., (1975) ทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นที่ความหนาแน่นต่ำ 0.5 – 3.0 ตัวต่อตารางฟุต พบว่าอัตราการ

ตายของกุ้งไม่ขึ้นกับความหนาแน่นและขนาดซึ่งด้านกับที่ Willis et al., (1976) และไพโรจน์และทรงชัย (2512 ข.) เคยกล่าวไว้ Smith et al., (1976) ทดลองเลี้ยงกุ้งวัยรุ่นที่ความหนาแน่น 3 – 17 ตัวต่อตารางเมตร พบว่าใน 5 เดือนจะมีอัตราการรอดถึง 81.2% Fujimura และ Okamoto (1972) กล่าวถึงองค์ประกอบที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของกุ้งวัยรุ่นว่าขึ้นกับจำนวนที่หลบภัย, ปริมาณของตัวล่า พวกตัวอ่อนของแมลงปอ (dragonfly nymphs) อุณหภูมิของน้ำ, อาหารและความหนาแน่นต่อพื้นที่ที่เลี้ยง การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าอัตราการรอดของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นที่เลี้ยงในบ่อระบบน้ำหมุนเวียนมีค่าสูงกว่ากุ้งที่เลี้ยงในบ่ออื่นนั้นเนื่องจากอุณหภูมิของบ่อนี้ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงมาก คือ อยู่ในช่วง 26.8 – 31.0°ซ. เท่านั้น ส่วนในบ่อซิเมนต์นั้นอุณหภูมิส่วนใหญ่ถึงแม้จะอยู่ในช่วง 25.1 – 28.5°ซ. ก็ตาม แต่บางครั้งที่เครื่องให้ความร้อนเสียอุณหภูมิก็จะตกลงต่ำถึง 23.4°ซ. ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่กุ้งจะไม่ค่อยกินอาหาร สำหรับอุณหภูมิของน้ำในบ่อดินซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 26.0 – 36.0°ซ. ก็จะเป็นอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งเท่าใด ในแง่ของที่หลบภัยและร่มเงาบ่อน้ำหมุนเวียนก็ดูดีกว่าเพราะพื้นเป็นทรายและเปลือกหอยนางรมบ่อซิเมนต์พื้นก็เรียบ มีเปลือกหอยและอิฐเป็นกำลังอยู่บ้างก็ดูน้อยกว่าระบบอื่น ส่วนกระชังนั้นมีผักบุ้งและรากของมันเป็นกำบังและหลบภัยได้ ส่วนที่พื้นก็เรียบมีเศษใบผักบุ้งเน่าและโคลนอยู่ นอกจากนั้นน้ำภายในกระชังก็ยังดูขุ่นมัวเป็นสีเขียว เนื่องจากการเจริญเติบโตอย่างมากของสาหร่ายเซลเดียว ซึ่ง Geen et al., (1977) กล่าวว่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้น้ำขาดออกซิเจนตอนเช้าและทำให้กุ้งตายมาก และปัญหานี้ก็ทำให้กุ้งที่เลี้ยงในกระชังตายอย่างมากในช่วงเดือนที่ 3 ของการทดลอง และทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลในตอนสุดท้ายได้

3.2 อัตราการรอดของกุ้งก้ามกรามขนาดสูตลาด

สนิท (2512) ทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในร่องสวนด้วยความหนาแน่น 5 ตัวต่อตารางเมตร พบว่าในเวลา 3 เดือนกุ้งมีอัตราการรอด 40.4 – 61.2% หรือ

เฉลี่ย 53.4% ไพโรจน์และทรงชัย (2512, ข.) เลี้ยงกุ้งในกระชังด้วยความหนาแน่น 47 ตัวต่อตารางเมตรใน 6 เดือนครั้ง พบว่ากุ้งมีอัตราการรอดเพียง 26.3% เท่านั้น Suharto และ Djajadiredja (1977) ทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในบ่อพบว่ากุ้งที่ให้อัตราการรอดสูงที่สุดควรมีความหนาแน่น 4 ตัวต่อตารางเมตร ซึ่งจะให้อัตราการรอดประมาณ 43% เมื่อเลี้ยงได้ 3 เดือน Sandifer และ Smith (1976) ทดลองเลี้ยงกุ้งวัยรุ่นขนาด 2.9 กรัม เป็นเวลา 5 เดือน มีขนาดเพิ่มขึ้น 30.2 กรัม และมีอัตราการรอด 68.3% นอกจากนั้นเขายังแนะนำว่าอัตราการรอดของกุ้งจะสูงขึ้นถ้าเลี้ยงที่ความหนาแน่นต่ำ Ling และ Costello (1976) ความหนาแน่นของกุ้งที่เลี้ยงขึ้นกับลักษณะของการเลี้ยงว่าเลี้ยงกุ้งอย่างเดียวหรือเลี้ยงรวมกับปลา, คุณภาพน้ำและบ่อ, คุณภาพอาหารและปุ๋ยที่ใช้เติมลงในบ่อ อย่างไรก็ดีโดยทั่วไปแล้วในเอเชียจะเลี้ยงกุ้งโดยใช้ความหนาแน่นประมาณ 2,500 – 5,000 ตัวต่อไร่ สำหรับการเลี้ยงกุ้งอย่างเดียว

ในการศึกษาการเลี้ยงกุ้งครั้งนี้ใช้ความหนาแน่นของกุ้งเริ่มแรก (stocking density) ประมาณ 5 ตัวต่อตารางเมตร พบว่าเมื่อเลี้ยงกุ้งได้ 6 เดือนหลังปล่อยในบ่อ, กระชังในคลองส่งน้ำและร่องสวนผลไม้ มีอัตราการรอดเป็นร้อยละ 69.8, 52.5 และ 35.2 ตามลำดับ จะเห็นว่ากุ้งที่เลี้ยงในบ่อดินมีอัตราการรอดสูงที่สุด และกุ้งที่เลี้ยงในร่องสวนมีอัตราการรอดต่ำที่สุดที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากน้ำในร่องสวนมักเกิดภาวะ planktonic algal bloom ขึ้นเป็นเวลานาน ๆ เนื่องจากไม่มีการถ่ายเทน้ำเกิดขึ้นในระบบ Green et. al., (1977) กล่าวว่าการเกิดภาวะเช่นนี้อาจฆ่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อได้ถึง 45% ภายในเวลา 3 วัน เนื่องจากสาหร่ายที่มีมาก ๆ จะใช้ออกซิเจนหมดในตอนใกล้รุ่ง ในภาวะนี้กุ้งจะลอยตัวขึ้นมาเกาะตามขอบตลิ่งหมดและจากการวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำตอนนี้พบว่าค่าเพียง 0.30 – .80 ppm. หรือเฉลี่ย 0.5 ppm. เท่านั้น ส่วนกุ้งที่เลี้ยงในกระชังนั้นอัตราการรอดก็ค่อนข้างต่ำ ซึ่งถ้าพิจารณาถึงองค์ประกอบที่ทำให้เป็นเช่นนั้นก็คงเป็นปัญหาที่หลบซ่อนตัวเวลาลอกคราบไม่พอ

4. ผลผลิตของกุ้งก้ามกรามขนาดสูตลาด

สนิท (2512) รายงานเกี่ยวกับผลผลิตของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในร่องสวนเท่ากับ 62.3 – 193.8 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี บุญชวย (2514) พบว่ากุ้งที่เลี้ยงในบ่อ 6 เดือนจะให้ผลผลิตของกุ้งเท่ากับ 50 กิโลกรัมต่อไร่ Saharto และ Djajadiredja (1977) กล่าวว่ากุ้งที่เลี้ยงในบ่อในอินโดนีเซียให้ผลผลิตตั้งแต่ 24.8 – 135.0 กิโลกรัมต่อไร่ต่อ 3 เดือน Fujimura (1974) และ CNEXO/COP (1976) พบว่ากุ้งที่เลี้ยงในบ่อดินจะให้ผลผลิตประมาณ 3,000 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือประมาณ 480 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี Shang และ Fujimura (1977) ประเมินผลอัตราการรอดโดยประมาณของกุ้งเท่ากับ 50% จะให้ผลผลิตกุ้งประมาณ 3,000 ปอนด์ต่อเอเคอร์ต่อปีหรือเท่ากับ 540 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี

ในการศึกษาการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามขนาดสูตลาดในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำ และร่องสวนผลไม้ พบว่าให้ผลผลิตโดยประมาณ 228.57, 137.87 และ 74.05 กิโลกรัมต่อไร่ต่อ 6 เดือน หรือ 457.14, 275.74 และ 148.1 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ผลผลิตของกุ้งที่เลี้ยงในร่องสวนผลไม้ดูต่ำกว่าระบบอื่น ๆ และสอดคล้องกับอัตราการรอดที่มีเพียง 35.2% เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากปัญหาน้ำเสียเนื่องจากการ bloom ของสาหร่ายเซลเดียวและตัวลาจำพวกปลาซ่อนในร่องสวนมักเกิดขึ้นง่ายและบ่อยครั้งตลอดช่วง 6 เดือนที่ทดลอง Fujimura (1974) แนะนำว่าผลผลิตของกุ้งอาจถูกจำกัดโดยองค์ประกอบต่าง ๆ เช่นอาหาร, การแย่งที่อาศัยกันของกุ้งขนาดใหญ่, การทำร้ายกันเวลาลอกคราบใหม่ ๆ และการเลี้ยงด้วยความหนาแน่นมากหรือน้อยเกินไป

Fujimura (1974) กล่าวว่ากุ้งที่ขนาดตลาดต้องการมีขนาดตั้งแต่ความยาว 11.0 เซนติเมตรหรือน้ำหนักตัว 30 กรัมขึ้นไป หรือประมาณ 22 ตัวต่อกิโลกรัม ซึ่งถ้าเป็นเช่นนี้เราจะพบว่าอัตราส่วนของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำและในร่องสวนผลไม้ ที่ถึงขนาดตลาดต้องการเป็นดังนี้

เวลา (เดือน)	กุ้งขนาดตลาดต้องการ (น้ำหนักมากกว่า 30 กรัม) เป็นร้อยละ		
	ร่องสวน	บ่อดิน	กระชัง
เริ่มเลี้ยง	–	–	–
1	–	–	–
2	–	1	–
3	–	10	–
4	8	27	10
5	12	40	18
6	40	68	30

จะเห็นได้ว่ากุ้งที่เลี้ยงในบ่อดินมีกุ้งที่สามารถจับได้ตั้งแต่เริ่มเลี้ยงเพียง 2 เดือนเท่านั้น และเมื่อเลี้ยงถึงเดือนที่ 6 จะได้กุ้งถึงขนาดที่ตลาดต้องการถึง 68% ในขณะที่กุ้งที่เลี้ยงในร่องสวนผลไม้และกระชังมีกุ้งที่ถึงขนาดตลาดต้องการ เมื่อเลี้ยงถึง 4 เดือน และเมื่อเลี้ยงได้ 6 เดือนจะได้กุ้งที่ตลาดต้องการ เพียง 40 และ 30% ตามลำดับ

จากการศึกษาครั้งนี้จะเห็นได้ว่าการเลี้ยงกุ้งในบ่อดินสามารถให้ผลผลิตได้เร็วและมากกว่าการเลี้ยงในกระชังหรือร่องสวนผลไม้

5. สภาพแวดล้อมของระบบที่เลี้ยง

5.1 สภาพแวดล้อมของระบบเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยรุ่น

การทดลองครั้งนี้พบว่ามีปริมาณแอมโมเนีย–ไนโตรเจน, ไนไตรต์–ไนโตรเจน ไนเตรต–ไนโตรเจน และฟอสเฟต ของระบบการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นทั้ง 3 ระบบยังอยู่ในระดับปกติและเป็นระดับที่ยังไม่เป็นอันตรายต่อกุ้ง Armstrong et al., (1976) พบว่าระดับไนไตรต์–ไนโตรเจนที่ไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อกุ้งนั้นมีค่าต่ำกว่า 1.8 ppm.

แต่การทดลองครั้งนี้ระดับไนไตรต์–ไนโตรเจน มีค่าต่ำถึง 0.05 ppm. Wickins (1976) กล่าวว่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย–ไนโตรเจน 0.45 ppm. ไนไตรต์–ไนโตรเจน 6.4 ppm. และไนเตรต–ไนโตรเจน 160 ppm. จะมีผลกระยะยาวต่อกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียน

การละลายของออกซิเจนในบ่อซิเมนต์และบ่อน้ำหมุนเวียนไม่ค่อยเป็นปัญหา เนื่องจากมีการพ่นอากาศให้ตลอดเวลา แต่ในกระชังนั้นตอนกลางวันดูไม่เป็นปัญหาแต่ตอนกลางคืนและช่วงเช้าปริมาณออกซิเจนจะลดลง จนกุ้งลอยขึ้นเกาะที่ผิวน้ำเป็นจำนวนมากและเป็นเหตุทำให้กุ้งที่มีขนาดใหญ่ตอนช่วงเดือนที่ 3 ของการเลี้ยงมีการตายสูง คือ ประมาณกระชังละ 200 ตัวหรือ 10% ของจำนวนกุ้งที่ปล่อยครั้งแรก

ความเป็นกรด–ด่างของน้ำในระบบเลี้ยงทั้ง 3 ยังอยู่ในภาวะไม่แตกต่างกันนัก ถึงแม้ว่า pH ของน้ำในกระชังบางโอกาสจะสูงคือ 9.10 ก็ยังอยู่ในช่วง pH ที่หลายคนเคยกล่าวว่าเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งและปลา (Tenedero, 1977 และ สมศักดิ์, 2509)

ส่วนอุณหภูมินั้นจะพบว่าในแต่ละระบบการเปลี่ยนแปลงมีค่าต่างกันชัดเจน แต่ค่าเฉลี่ยนั้นไม่ต่างกันเท่าใด ในบ่อซิเมนต์มีบางครั้งที่เครื่องทำความร้อนไม่ทำงานทำให้อุณหภูมิลดลงถึง 23°ซ. แต่ในกระชังนั้นตอนเที่ยงถึงบ่าย 3 โมง อุณหภูมิที่ผิวจะสูงมากถึง 36°ซ. ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแบบนี้ดูน่าเป็นห่วงสำหรับการเลี้ยงกุ้งเพราะ Ling (1969, b) กล่าวว่ากุ้งก้ามกรามสามารถอาศัยอยู่ได้ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 22 – 32°ซ. โดยอุณหภูมิที่เหมาะที่สุดคือประมาณ 27 – 28°ซ.

คุณภาพของน้ำทางชีววิทยาทั้ง 3 ระบบแสดงให้เห็นว่าน้ำในกระชังมีสิ่งมีชีวิตมากกว่าน้ำในระบบอื่น ๆ โดยมีแพลงตอนพืชพวก Oscillatoria และ Spirogyra เป็น dominant species ซึ่งมักก่อให้เกิดปัญหาการลดของออกซิเจนตอนเช้ามืดและทำให้กุ้งตาย ส่วนแพลงตอนสัตว์พบว่ามี calanoid copepods และ nauplius larvae เป็น dominant species นอกจากนั้นยังมีตัวอ่อนของ

แมลงปอและแมลงปีกแข็งอยู่ ซึ่ง Fujimura และ Okamoto (1972) กล่าวว่าเป็นศัตรูที่สำคัญของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นขนาดเล็ก นอกจากนั้นในกระชังยังพบกุ้งฝอยหรือกุ้งนา, Macrobrachium lanchesteri อยู่มาก และเป็นตัวการสำคัญที่คอยแย่งอาหารกุ้งเวลาให้ ส่วนน้ำของระบบบ่อซิเมนต์และบ่อน้ำหมุนเวียนนั้นมีสิ่งมีชีวิตน้อยชนิดกว่า โดยเฉพาะในบ่อซิเมนต์เกือบจะพูดได้ว่ามีสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในน้ำน้อยมาก

5.2 สภาพแวดล้อมของน้ำในระบบเลี้ยงกุ้งก้ามกรามขนาดสูตลาด

จากผลของการศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อดิน, คลองส่งน้ำและร่องสวนผลไม้ แสดงให้เห็นว่าสารประกอบไนไตรต์–ไนโตรเจน, ไนเตรต–ไนโตรเจน, ฟอสเฟต อยู่ในภาวะปกติ แต่แอมโมเนีย–ไนโตรเจนของน้ำในบ่อดินและร่องสวนผลไม้ค่อนข้างสูง Wickins (1976) พบว่า maximum aceptable level ของ NH_3-N ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตมีค่า 0.10 ppm.

pH ของน้ำในกระชังและร่องสวนผลไม้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมแก่การเลี้ยงกุ้งและปลาตลอดเวลา 6 เดือนที่ทดลอง แต่น้ำในบ่อดินพบว่าตอนช่วงหลัง pH ตอนกลางวันมีค่าค่อนข้างสูง และบางครั้งสูงถึง 9.90 ซึ่งสมศักดิ์,(2509) กล่าวว่าเป็นช่วงที่จะทำให้ผลผลิตของปลาต่ำกว่าปกติ

อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูและเวลาในแต่ละวัน การเปลี่ยนแปลงต่อวันของอุณหภูมิของบ่ออยู่ในช่วง 30.2 – 37.4 °ซ. ของน้ำในคลองส่งน้ำ 30.7 – 33.8 °ซ. และน้ำในร่องสวนอยู่ในช่วง 28.2 – 30.1 °ซ. โดยอุณหภูมิจะต่ำสุดเวลา 06:00 น. และสูงสุดเวลา 15:00 น. Ling (1969, b) กล่าวว่าอุณหภูมิสูงที่สุดที่สามารถเลี้ยงกุ้งก้ามกรามได้ไม่ควรเกิน 32 °ซ. ฉะนั้นการเลี้ยงกุ้งในบ่อดินอุณหภูมิจึงเป็นปัญหาหนึ่งที่จะต้องมีการแก้ไขโดยสร้างพื้นที่ร่มให้มากขึ้นเพื่อช่วยลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ลง

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำของน้ำในบ่อดิน, คลองส่งน้ำและร่องสวนผลไม้มีค่าเฉลี่ย 8.79, 3.88 และ 6.80 ppm. และจากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงออกซิเจนตลอด 24 ชั่วโมงของน้ำในบ่อดิน, กระชังและร่องสวนผลไม้ พบว่าปริมาณ

ออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะขึ้นสูงสุดเวลา 15:00 น. และลดลงต่ำสุดเวลา 06:00 น. โดยมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 1.9 – 12.2 ppm., 3.4 – 5.4 ppm. และ 1.35 – 8.80 ppm. ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนที่ละลายในน้ำของบ่อดินและร่องสวนตอนช่วงต่ำสุดนั้นมีค่าที่น่าวิตก และมักพบว่าตอนช่วงที่ปริมาณออกซิเจนลดต่ำนี้มีกุ้งลอยขึ้นมาเกาะตามขอบบ่อและตามกิ่งไม้เป็นจำนวนมาก Green et al.,(1977) พบว่าภาวะเช่นนี้ อาจทำให้กุ้งตายได้ ถ้ามีสาหร่ายเกิดขึ้นมาก เพราะสาหร่ายและแบคเตเรียจะช่วยใช้ออกซิเจนจนเหลือเกือบเท่ากับศูนย์

การวิเคราะห์ทางชีววิทยาแสดงให้เห็นว่าน้ำในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำ และร่องสวนผลไม้มีสิ่งมีชีวิตที่พบทั้งสิ้น 35, 16 และ 31 ชนิด Green et al., (1977) พบว่ามีสาหร่ายหลายชนิดเช่น Microcystis, Anabaena และ Oscillatoria ที่ก่อให้เกิดปัญหา algal bloom การทดลองนี้พบว่าในบ่อดิน algal bloom เกิดจากสาหร่าย Oscillatoria และ Plectonema ส่วนในร่องสวนมักเกิดจาก Closterium, Euglena และ Spirogyra สัตว์จำพวกตัวล่าจะพบในบ่อดินและร่องสวนผลไม้ ได้แก่ ปลาช่อน, งู, กบและปู นอกจากนั้นยังมีสัตว์ที่คอยแย่งอาหารกุ้งซึ่งสามารถพบได้ทั้ง 3 ระบบการเลี้ยง คือ ปลาเล็ก ๆ และกุ้งนา

6. <u>โรคของกุ้งก้ามกราม</u>

เกี่ยวกับโรคนั้นตลอดการศึกษาการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามทั้งวัยรุ่นและขนาดสู่ตลาดไม่พบโรคใดเกิดขึ้นเลย ยกเว้นกุ้งพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการที่พบโรคราดำเกาะที่เปลือก และโรค "milk หรือ cotton" ในกล้ามเนื้อของกุ้งบางตัวเท่านั้น Delves-Broughton และ Poupard (1976) โรคราดำที่เปลือกหรือ shell disease ของกุ้งก้ามกรามเกิดจากแบคเตอเรีย, <u>Beneckea spp</u>. Overstreet (1973) กล่าวว่าโรค "milk" เกิดจาก microsporideans, <u>Nosema nelsoni</u> Sprague.