บทที่ 3

ผลของการทดลอง

ก. ผลของการศึกษาการเพาะเลี้ยงลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน

1. ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแม่กุ้งก้ามกรามกับจำนวนลูกกุ้งตัวอ่อน (larvae) ในห้องปฏิบัติการ

ได้ทำการศึกษาจากตัวอย่างของแม่กุ้งก้ามกราม 38 ตัว ที่ได้รับการผสมกับพ่อพันธุ์กุ้งในห้องปฏิบัติการ โดยนำกุ้งตัวเมียและกุ้งตัวผู้ที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้วมาเลี้ยงรวมกันในบ่อซิเมนต์ ในอัตราส่วนตัวเมียต่อตัวผู้ 5:1 และเมื่อแม่กุ้งที่ถูกผสมแล้วมีไข่แก่ (สีไข่มีสีเทาอ่อน ๆ) จึงแยกเอาแม่กุ้งนั้นมาเลี้ยงในบ่อพักขนาดจุน้ำ 40 ลิตร เพื่อรอให้ลูกกุ้งฟักออกเป็นตัว หลังจากไข่ฟักเป็นตัวแล้วจึงแยกเอาแม่กุ้งออกมาชั่งน้ำหนักและวัดความยาว และสุ่มตัวอย่างของลูกกุ้งมานับจำนวน ผลของการศึกษาแสดงไว้ในตารางที่ 3 และความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแม่กุ้งกับจำนวนลูกกุ้งตัวอ่อนพบว่ามีแนวโน้มที่จะเป็นแบบ Exponential Regression มากกว่าเป็นแบบเส้นตรง (Linear Regression) ดังรูปที่ 9 และสรุปไว้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียด (Total Length) ของแม่กุ้งกับจำนวนของลูกกุ้งตัวอ่อนเป็นดังสมการ

$$\text{Ln } F = 3.9415 \text{ Ln } L - 0.4788$$

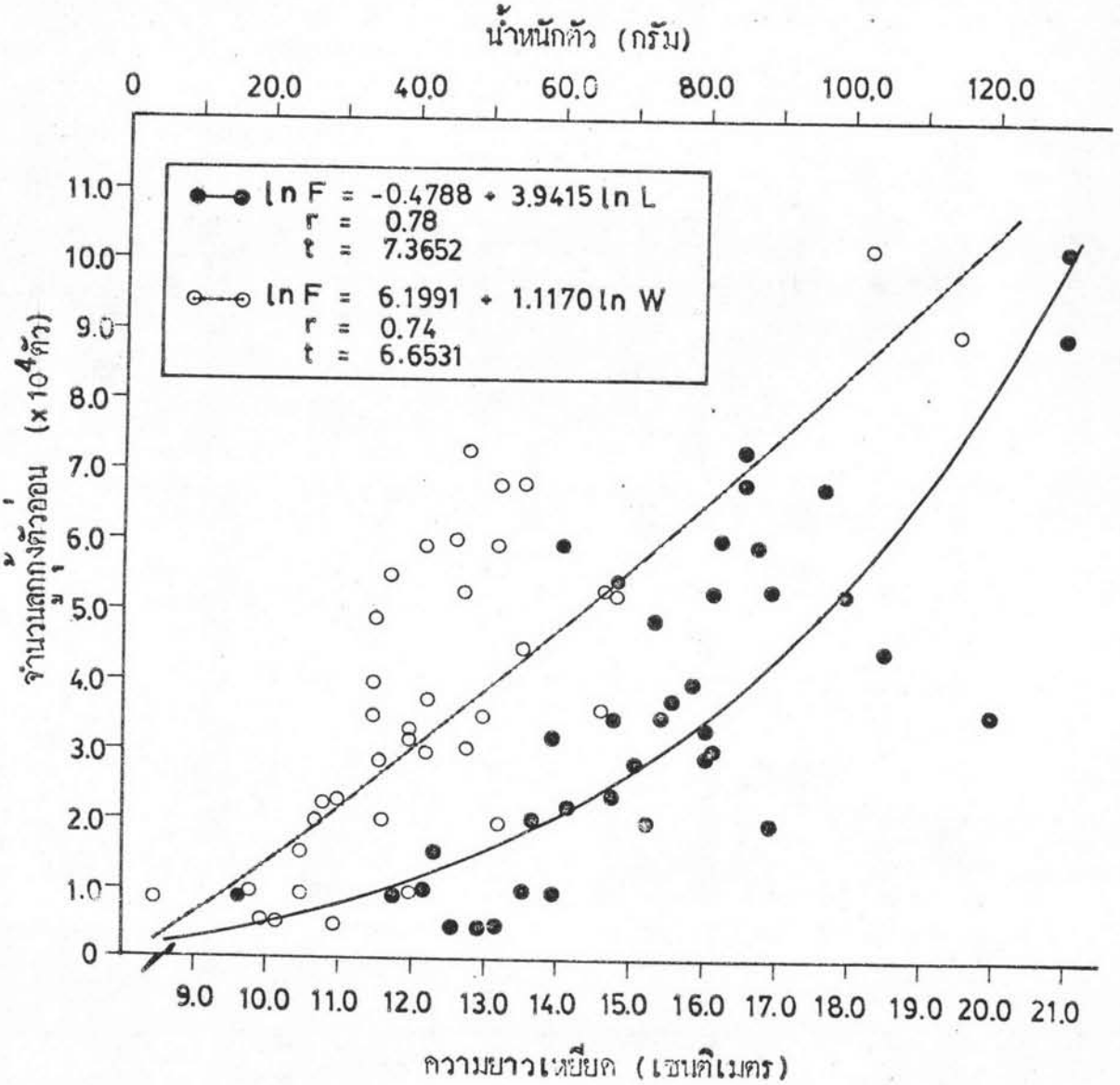
เมื่อ F คือ จำนวนลูกกุ้งก้ามกรามตัวอ่อนที่สามารถฟักออกเป็นตัว

L คือ ความยาวเหยียดของแม่กุ้ง (เซนติเมตร)

และความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวของแม่กุ้งก้ามกรามกับจำนวนของลูกกุ้งตัวอ่อนเป็นดังสมการ

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแม่กุ้งก้ามกรามและจำนวนลูกกุ้งตัวอ่อนที่ฟักเป็นตัว

ตัวที่	ความยาวเหยียด (ซ.ม.)	น้ำหนัก (กรัม)	จำนวนลูกกุ้ง (ตัว)
1	15.6	42.0	37,800
2	13.6	25.0	10,000
3	12.2	18.0	10,000
4	13.0	22.0	5,500
5	14.2	28.0	22,400
6	16.2	48.0	30,600
7	11.8	18.0	99,700
8	13.2	30.0	5,000
9	12.4	25.0	15,800
10	16.1	40.0	33,250
11	15.9	35.5	40,000
12	16.6	47.0	73,000
13	12.6	20.0	6,330
14	14.6	30.0	23,600
15	14.8	37.0	55,000
16	13.7	27.0	20,000
17	16.1	42.5	29,275
18	15.3	36.0	20,000
19	15.1	35.5	28,220
20	14.1	42.0	59,950
21	16.8	51.0	59,600
22	16.2	47.3	53,000
23	14.8	35.0	35,000
24	16.6	52.0	68,573
25	9.7	5.0	9,063
26	18.5	55.0	44,980
27	17.0	66.0	53,225
28	17.7	55.0	68,400
29	20.0	66.0	36,000
30	15.4	35.0	49,000
31	21.0	102.5	102,000
32	16.3	46.0	60,460
33	15.5	50.0	35,000
34	17.0	52.0	20,000
35	18.0	67.5	52,860
36	21.0	115.0	90,000
37	14.0	40.0	32,000
38	14.0	40.0	10,000



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดและน้ำหนักตัวของแม่กุ้งก้ามกราม กับจำนวนลูกกุ้งตัวอ่อนที่ฟักเป็นตัว

$$\text{Ln } F = 6.1991 - 1.1170 \text{ Ln } W$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของแม่กุ้ง (กรัม)

โดยความเชื่อมั่นของทั้งสองสมการนี้มากกว่า 99.9%

2. <u>ผลของการศึกษาการเพาะลูกกุ้งก้ามกรามในระบบ static ที่มีการเปลี่ยนน้ำบางส่วนและลดความเค็ม</u> (ระบบการเพาะลูกกุ้งแบบที่ 1)

ได้ทำการทดลอง 11 ครั้ง โดยใช้ปริมาณของลูกกุ้งวัยอ่อนเริ่มแรก (initially larvae) ตั้งแต่ 5,000 – 50,000 ตัว หรือเท่ากับความหนาแน่น (stocking density)ของลูกกุ้งวัยอ่อน 10 – 100 ตัว/ลิตร ผลของการศึกษาสรุปได้ดังตารางที่ 4

การทดลองเกือบทุกครั้งพบว่าลูกกุ้งวัยอ่อนมีอัตราการรอดสูงในวันแรก ๆ ของการเลี้ยง และจะเริ่มมีอัตราการตายเพิ่มขึ้นเมื่อลูกกุ้งมีอายุ 13 – 15 วัน หรือประมาณขั้นตอนของการพัฒนาการของตัวอ่อน (stages of development*) ที่ 6 และ 7 อย่างไรก็ดีในบางการทดลองลูกกุ้งวัยอ่อนมีการตายเกิดขึ้นเมื่อเลี้ยงได้ 3 – 4 วัน หรือในขั้นตอน (stages) ที่ 2 – 3

การเจริญเติบโตของลูกกุ้งวัยอ่อนที่ศึกษาในระบบที่ 1 นี้ พบว่าลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนเริ่มคว่ำ (metamorphosis) เป็นลูกกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นขนาดเล็ก (post-larvae หรือ young juveniles) เมื่อมีอายุตั้งแต่ 21 – 30 วัน (เฉลี่ย 25.3 วัน) และลูกกุ้งวัยอ่อนจะเจริญเติบโตเป็นลูกกุ้งวัยรุ่นขนาดเล็กหมดเมื่ออายุ 38 – 54 วัน (เฉลี่ย 45.4 วัน) อัตราการรอดของลูกกุ้งวัยอ่อนที่เจริญเติบโตเป็นลูกกุ้งวัยรุ่นขนาดเล็กเมื่อสิ้นสุดการทดลองในการทดลองทั้ง 11 ครั้ง พบว่าอยู่ในช่วง 3.4 – 37.5% (หรือเฉลี่ย 10.7%) และได้ผลผลิตของลูกกุ้งวัยรุ่นขนาดเล็ก 0.8 – 9.0 ตัว/ลิตร (หรือเฉลี่ย 3.2 ตัว/ลิตร)

---

* ขั้นตอนของการพัฒนาการของลูกกุ้งวัยอ่อน ศึกษาตามแบบ Ling (1969 a)

ตารางที่ 4 . ข้อมูลการเพาะกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบการเพาะลูกกุ้งแบบที่ 1 (Static system)

ครั้งที่	กุ้งตัวอ่อน		กุ้งคว่ำ (Postlarvae)			อายุของการคว่ำ	
	จำนวนที่ใช้ศึกษา	กุ้งตัวอ่อน/ลิตร	ผลผลิต	อัตราการรอด (%)	กุ้งคว่ำ/ลิตร	ตัวแรก (วัน)	ตัวสุดท้าย (วัน)
1	5,000	10.0	1,873	37.5	3.7	26	43
2	5,000	11.0	413	7.5	0.8	30	54
3	10,000	20.0	1,628	16.3	3.3	24	39
4	10,000	20.0	829	8.3	1.7	26	44
5	14,900	29.8	633	4.2	1.3	27	48
6	19,000	38.0	2,958	15.6	5.9	22	38
7	20,000	40.0	674	3.4	1.3	30	51
8	20,000	40.0	743	3.7	1.5	28	51
9	30,000	60.0	1,560	5.2	3.1	21	48
10	37,000	75.6	4,484	11.9	9.0	22	39
11	50,000	100.0	1,915	3.8	3.8	22	44

การศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำทางเคมีและทางสกายะพบว่าตลอดการทดลองทั้ง 11 ครั้ง คุณภาพของน้ำไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ยกเว้นไนไตรต์ (NO_2 - N) ซึ่งค่อนข้างจะสูงขึ้นในช่วงวันหลัง ๆ ของการทดลองแต่ละครั้ง (ดูตารางที่ 7) สำหรับคุณภาพของน้ำทางชีววิทยาพบว่ามีแพลงตอนพืชเพียง genus เดียวคือ Navicula sp. แพลงตอนพืชสกุลนี้มักเกาะติดกับพื้นหรือขอบบ่อเลี้ยงทำให้ดูเป็นสีน้ำตาลบาง ๆ ส่วนแพลงตอนสัตว์ในระบบการเพาะลูกกุ้งแบบนี้ พบว่ามีอยู่หลายชนิดแต่ละชนิดจะพบเป็นจำนวนน้อย (ดูตารางที่ 8)

ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น (stocking density) และอัตราการรอดของลูกกุ้งคิดเป็นร้อยละ ไม่มีนัยสำคัญแบบเส้นตรง แต่มีแนวโน้มเป็นความสัมพันธ์แบบ exponential regression ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังสมการ

$$Y = aX^b$$

เมื่อ Y = อัตราการรอด (คิดเป็นร้อยละ)

X = ความหนาแน่นของกุ้งวัยอ่อน (ตัวอ่อน/ลิตร)

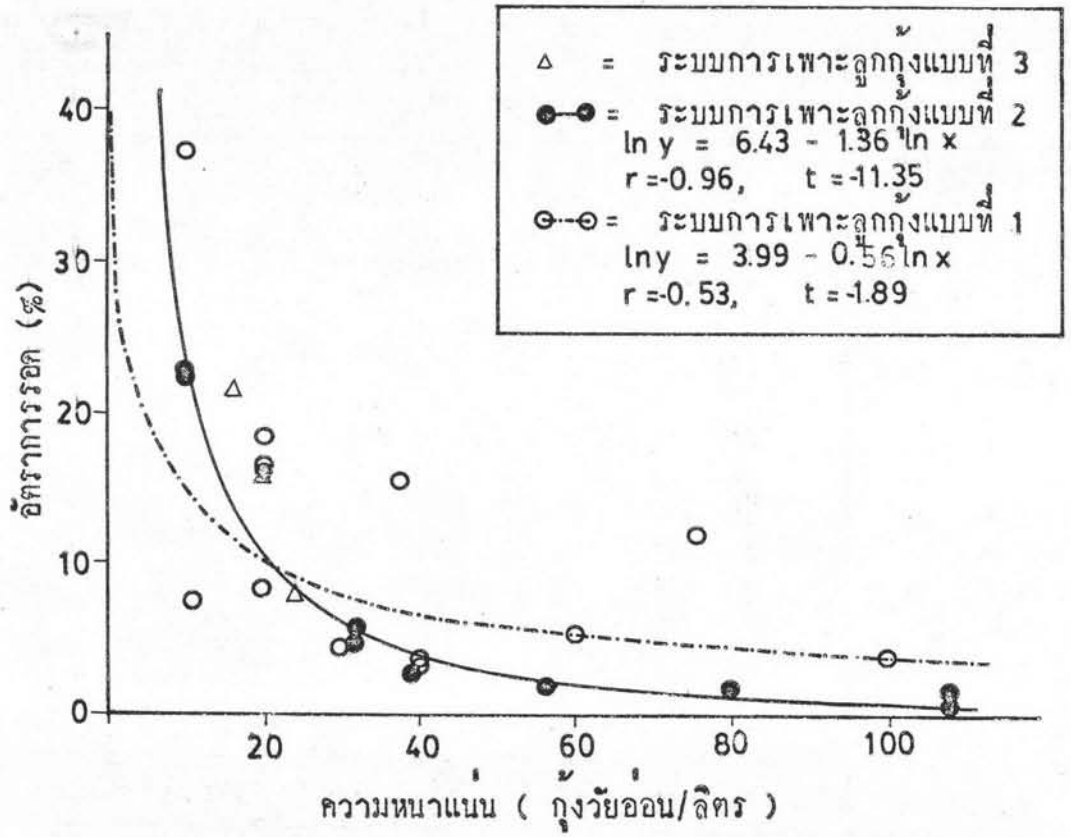
a = interception

b = ความชันของเส้นกราฟ (slope)

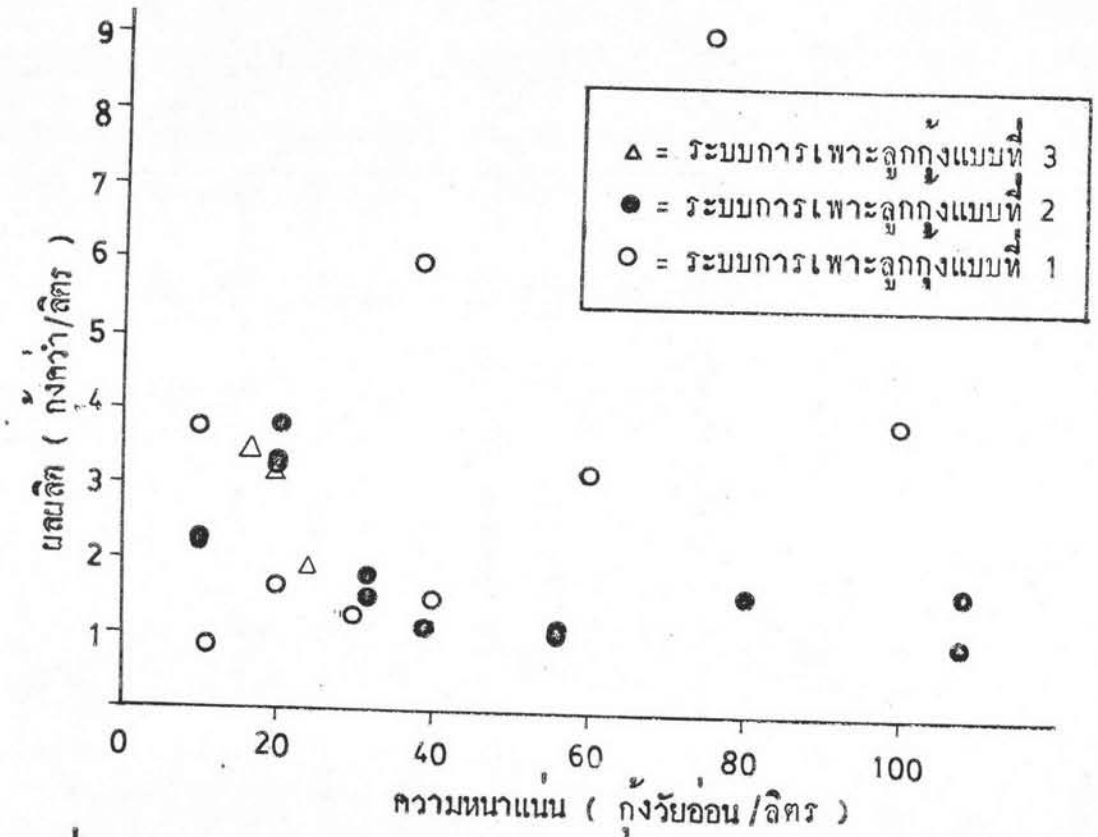
ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราการรอดของลูกกุ้งวัยอ่อนไม่คงที่ และลดลงเมื่อความหนาแน่นของลูกกุ้งวัยอ่อนเพิ่มขึ้น (ดังรูปที่ 10) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของลูกกุ้งวัยอ่อนกับผลผลิตของลูกกุ้งวัยรุ่นขนาดเล็กพบว่าไม่มีนัยสำคัญทั้งแบบเส้นตรงและแบบไม่เป็นเส้นตรง (ดังรูปที่ 11)

3. <u>ผลของการศึกษาการเพาะลูกกุ้งก้ามกรามในระบบน้ำหมุนเวียนที่มีระบบกรองและระบบเลี้ยงแยกจากกัน</u> (ระบบการเพาะลูกกุ้งแบบที่ 2)

ได้ทำการศึกษา 12 ครั้ง โดยใช้ปริมาณของลูกกุ้งวัยอ่อนเริ่มแรกต่าง ๆ กัน



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของกุ้งวัยอ่อนกับอัตราการรอดของกุ้งที่คว่ำของระบบการเพาะกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนทั้ง 3 ระบบ



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของกุ้งวัยอ่อนกับผลผลิตของกุ้งที่ตัวโตของระบบการเพาะกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนทั้ง 3 ระบบ

ตั้งแต่ 2,500 – 27,000 ตัว ซึ่งเทียบได้เท่ากับความหนาแน่นของลูกกุ้งวัยอ่อน 10 – 108 ตัว/ลิตร ผลของการศึกษาสรุปได้ดังตารางที่ 5 การศึกษาการเพาะลูกกุ้งแบบนี้พบว่าลูกกุ้งวัยอ่อนมีอัตราการรอดสูงในช่วงแรก ๆ ของการเลี้ยงแต่เมื่อลูกกุ้งมีอายุได้ประมาณ 8 – 13 วัน หรือลูกกุ้งวัยอ่อนเจริญเติบโตถึงขั้นตอนที่ 5, 6 และ 7 ลูกกุ้งจะมีอัตราการตายสูงขึ้นและทำให้ปริมาณของลูกกุ้งลดลงอย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ดีในบางการทดลองจะพบว่าลูกกุ้งจะไม่มีการตายในช่วงอายุนี้ แต่จะไปตายมากในช่วงอายุ 16 – 19 วัน ซึ่งลูกกุ้งเจริญเติบโตถึงขั้นตอนที่ 7 และขั้นตอนที่ 8 และในทุก ๆ การทดลองพบว่าเมื่อลูกกุ้งวัยอ่อนมีอายุได้ 20 วันขึ้นไปลูกกุ้งจะแสดงพฤติกรรมในการกระโดด เมื่อถูกรบกวนด้วยพวกของมันเอง ทำให้ตัวของมันติดขอบบ่อและแห้งตายมาก เมื่อเทียบกับการเพาะลูกกุ้งในระบบที่ 1 และระบบที่ 3

ในการทดลองเพาะลูกกุ้งวัยอ่อนแบบที่ 2 นี้ พบว่าลูกกุ้งวัยอ่อนสามารถเจริญเติบโตเป็นลูกกุ้งวัยรุ่นขนาดเล็กครั้งแรกเมื่ออายุ 23 – 31 วัน (เฉลี่ย 25.3 วัน) และเมื่อลูกกุ้งเจริญเติบโตเป็นลูกกุ้งวัยรุ่นหมดจะใช้เวลาประมาณ 39 – 51 วัน (เฉลี่ย 43.1 วัน) อัตราการรอดของลูกกุ้งวัยอ่อนที่สามารถเจริญเติบโตเป็นลูกกุ้งวัยรุ่นขนาดเล็กพบว่ามีตั้งแต่ 0.9 – 22.6% (เฉลี่ย 8.5%) และได้ผลผลิตของลูกกุ้งวัยรุ่นขนาดเล็กเป็น 1.0 – 3.7 ตัว/ลิตร (เฉลี่ย 1.9 ตัว/ลิตร)

คุณภาพของน้ำทางเคมีและสกายะในระบบการเพาะกุ้งแบบที่ 2 ทั้ง 12 การทดลองพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก (ดูตารางที่ 7) สำหรับคุณสมบัติของน้ำทางชีววิทยาของบ่อเลี้ยงพบว่ามีแพลงตอนพืชหลายชนิดและที่มีมากและพบทุกบ่อที่ทดลองคือ Navicula sp. ส่วนแพลงตอนสัตว์พบ calanoid copepods มากกว่าชนิดอื่น (ดูตารางที่ 8)

ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น (stocking density)และอัตราการรอดของกุ้ง พบว่าไม่มีนัยสำคัญแบบเส้นตรง แต่มีนัยสำคัญสูงแบบ exponential regression ที่ระดับความเชื่อมั่นมากกว่า 99% confidence (ดังแสดงในรูปที่ 10) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของลูกกุ้ง และผลผลิตของลูกกุ้งวัยรุ่น

ตารางที่ 5 ข้อมูลการเพาะกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบการเพาะลูกกุ้งแบบที่ 2 (ระบบน้ำหมุนเวียนที่มีระบบกรองและระบบเลี้ยงแยกจากกัน)

ครั้งที่	กุ้งตัวอ่อน		กุ้งควำ (Postlarvae)			อายุของการควำ	
	จำนวนที่เข้าศึกษา	กุ้งตัวอ่อน/ลิตร	ผลผลิต	อัตราการรอด (%)	กุ้งควำ/ลิตร	ตัวแรก (วัน)	ตัวสุดท้าย (วัน)
1	2,500	10.0	566	22.6	2.3	23	39
2	2,500	10.0	561	22.4	2.2	24	40
3	5,000	20.0	934	18.7	3.7	23	38
4	5,000	20.0	821	16.4	3.3	23	40
5	7,900	31.6	440	5.6	1.8	23	42
6	7,900	31.6	373	4.7	1.5	24	42
7	9,684	38.6	292	3.0	1.2	23	41
8	14,000	56.0	292	2.1	1.2	24	42
9	14,000	56.0	263	1.9	1.1	24	42
10	20,000	80.0	388	1.9	1.6	30	51
11	27,000	108.0	244	0.9	1.0	31	50
12	27,000	108.0	401	1.5	1.6	31	50

ขนาดเล็กต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ได้ทำการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีนัยสำคัญทั้งความสัมพันธ์แบบเส้นตรงและแบบไม่เป็นเส้นตรง (ดังรูปที่ 11)

4. ผลของการศึกษาการเพาะลูกกุ้งก้ามกรามในระบบน้ำหมุนเวียนที่มีระบบกรองอยู่ภายในบ่อเลี้ยง (ระบบเพาะลูกกุ้งแบบที่ 3)

ได้ทำการศึกษา 3 ครั้ง โดยใช้จำนวนของลูกกุ้งวัยอ่อนเริ่มแรก ตั้งแต่ 122,000 – 180,000 ตัว หรือความหนาแน่นของลูกกุ้งวัยอ่อน 16.3 – 24.0 ตัว/ลิตร ผลของการศึกษาสรุปได้ดังตารางที่ 6 ในการศึกษาการเพาะลูกกุ้งระบบที่ 3 นี้ พบว่าลูกกุ้งจะมีอัตราการรอดชีวิตในช่วงแรก ๆ ของอายุสูง แต่เมื่ออายุของลูกกุ้งอยู่ในระหว่างวันที่ 9 – 13 หรือลูกกุ้งเจริญเติบโตถึงขั้นตอนที่ 5 – 7 จำนวนลูกกุ้งจะลดลง เนื่องจากมีอัตราการตายในช่วงนี้มาก และเมื่อผ่านช่วงระยะนี้ไปจะพบว่าลูกกุ้งจะไม่ค่อยมีการตายเกิดขึ้น

ในการศึกษาระบบการเพาะแบบที่ 3 นี้ พบว่าลูกกุ้งวัยอ่อนสามารถเจริญเติบโตเป็นลูกกุ้งวัยรุ่นขนาดเล็กเป็นครั้งแรกเมื่ออายุได้ 20 – 23 วัน (หรือเฉลี่ย 21 วัน) และลูกกุ้งจะเจริญเติบโตเป็นลูกกุ้งวัยรุ่นขนาดเล็กหมดเมื่ออายุได้ 39 – 42 วัน (หรือเฉลี่ย 40.3 วัน) อัตราการรอดของลูกกุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีตั้งแต่ 8.0 – 21.4% (หรือเฉลี่ย 15.1%) โดยผลิตลูกกุ้งวัยรุ่นขนาดเล็กได้ตั้งแต่ 1.9 – 3.5 ตัว/ลิตร (หรือเฉลี่ย 2.9 ตัว/ลิตร)

คุณภาพของน้ำทั้งทางเคมีและทางสภาวะตลอดการทดลอง ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนักและยังแสดงคุณภาพของน้ำที่ดี (ดังตารางที่ 7) ส่วนการศึกษาคุณภาพน้ำทางชีววิทยาพบแพลงตอนพืชทั้งหมด 7 ชนิด (ดังตารางที่ 8) โดยมี Plectonema sp. และ Thalassiosira sp. เป็น dominant species และพบแพลงตอนสัตว์หลายชนิด แต่ที่พบมากคือ calanoid copepods และ rotifers

การศึกษาทั้ง 3 ครั้งนี้พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของลูกกุ้งวัยอ่อน (stocking density)กับอัตราการรอดเป็นลูกกุ้งวัยรุ่นขนาดเล็ก (ดังรูปที่ 10)

ตารางที่ 6 ข้อมูลการเพาะกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบการเพาะลูกกุ้งแบบที่ 3 (ระบบน้ำหมุนเวียนที่ระบบกรองและระบบเลี้ยงอยู่ในบ่อเลี้ยง)

ครั้งที่	กุ้งตัวอ่อน		กุ้งคว่ำ			อายุของการคว่ำ	
	จำนวนที่ใช้ศึกษา	กุ้งตัวอ่อน/ลิตร	ผลผลิต	อัตรารอด(%)	กุ้งคว่ำ/ลิตร	ตัวแรก (วัน)	ตัวสุดท้าย (วัน)
1	122,000	16.3	26,141	21.4	3.5	20	39
2	150,000	20.0	23,890	15.9	3.2	20	40
3	180,000	24.0	14,364	8.0	1.9	23	42

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำทางเคมีและสภาพของระบบการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนทั้ง 3 แบบ

องค์ประกอบที่ศึกษา	ระบบการเพาะลูกกุ้งแบบที่ 1		ระบบการเพาะลูกกุ้งแบบที่ 2		ระบบการเพาะลูกกุ้งแบบที่ 3	
	ช่วง	เฉลี่ย	ช่วง	เฉลี่ย	ช่วง	เฉลี่ย
NH_3 - N (ppm.)	0.00-0.10	0.05	0.00-0.01	0.01	0.00-0.05	0.02
NO_2 - N (ppm.)	0.02-0.29	0.11	0.01-0.03	0.02	0.00-0.03	0.10
NO_3 - N (ppm.)	0.30-2.20	1.57	0.61-1.00	0.83	0.30-3.60	1.57
PO_4 - P (ppm.)	0.59-1.20	0.89	0.39-1.18	0.88	0.08-0.57	0.35
D.O (ppm.)	6.40-7.40	6.99	7.00-7.10	7.02	7.40-7.90	7.61
pH	8.0 -8.7	8.2	7.8 -8.9	8.2	7.9 -8.8	8.4
ความเค็ม (ppt)	6.00-12.00	-	12.00	12.00	8.00-12.00	-
อุณหภูมิ (°ซ.)	26.0 -30.0	27.80	26.0-29.9	27.68	2.75-31.3	28.65

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์คุณภาพทางชีววิทยาของน้ำในระบบการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนทั้ง 3 แบบ

ชนิดของสิ่งที่มีชีวิต	ระบบการเพาะลูกกุ้งแบบที่ 1	ระบบการเพาะลูกกุ้งแบบที่ 2	ระบบการเพาะลูกกุ้งแบบที่ 3
Phytoplankton			
Chlorella sp.	-	R	R
Cymbella sp.	-	-	R
Fragilaria sp.	-	-	C
Navicula sp.	R	A	R
Oscillatoria sp.	-	R	C
Plectonema sp.	-	R	A
Thalassiosira sp.	-	-	A
Zooplankton			
Calanoid copepods	R	R and A	A
Ciliated protozoa	R	R	R
rotifers	R	R	C
Chironomid larvae	-	R	R

A = มีปริมาณมาก

C = มีปริมาณปานกลาง

R = พบบ้าง

แสดงแนวโน้มว่าความหนาแน่นของลูกกุ้งวัยอ่อนน้อยจะมีอัตราการรอดสูงกว่าความหนาแน่นมาก สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับผลผลิตของลูกกุ้งวัยรุ่นต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร แสดงแนวโน้มว่าที่ความหนาแน่นต่ำจะให้ผลผลิตของลูกกุ้งวัยรุ่นต่อลิตรสูงกว่าที่ความหนาแน่นสูง (ดังรูปที่ 11) แต่ความสัมพันธ์นี้ไม่สามารถหานัยสำคัญทางสถิติได้

ข. <u>ผลของการศึกษาการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยรุ่น</u>

<u>ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดและน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่น</u>

ได้ทำการศึกษาโดยสุ่มตัวอย่างจากกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นที่เลี้ยงในบ่อน้ำหมุนเวียนทุก 15 วัน มาชั่งน้ำหนักและวัดความยาว พบความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดและน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นดังรูปที่ 12 เป็นไปตามกฎกำลังสาม (cube law) ของ Rounsefell (1953) ดังนี้

$$\ln W = -4.7351 + 2.9996 \ln L$$

หรือ $$W = 0.008782\ L^{2.9996}$$

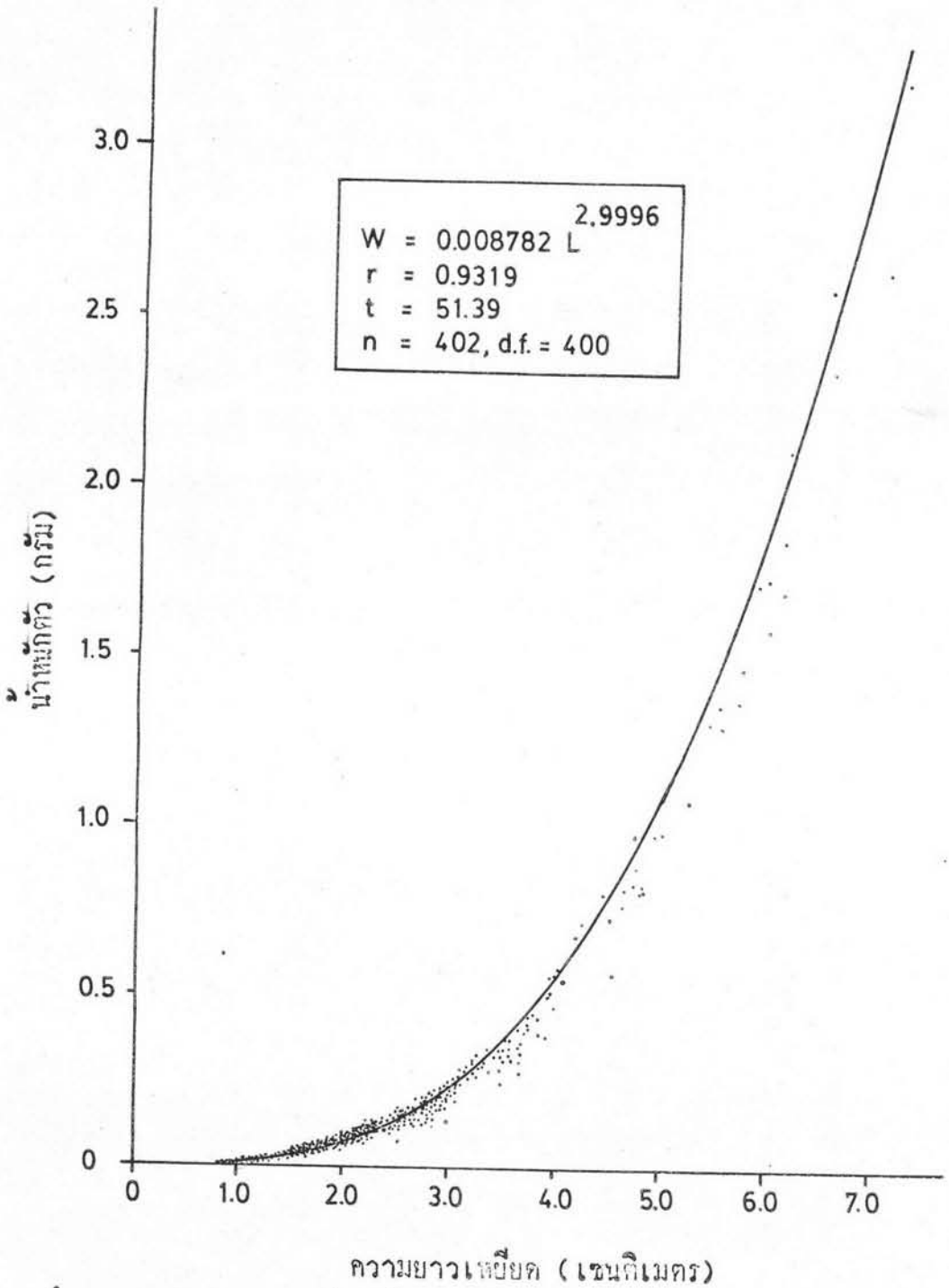
ระดับความเชื่อมั่นมากกว่า 99.9%

เมื่อ W = น้ำหนักตัว (กรัม)

และ L = ความยาวเหยียด (เซนติเมตร)

<u>การเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่น</u>

กุ้งก้ามกรามวัยรุ่นที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นกุ้งก้ามกรามที่เพิ่งคว่ำ และนำมาเลี้ยงไว้ในน้ำจืดแล้วประมาณ 10 วัน ขนาดความยาวเหยียดและน้ำหนักตัวเมื่อเริ่มการทดลองเฉลี่ย 0.94 $\pm$ 0.15 เซนติเมตร และ 0.0076 $\pm$ 0.0038 กรัม นำมาเลี้ยงในระบบเลี้ยงที่เตรียมไว้ 3 แบบ คือบ่อซิเมนต์ภายในศึก, บ่อน้ำหมุนเวียนกลางแจ้ง และกระชังไนลอนภายในบ่อดินใหญ่ ผลของการศึกษาการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นของทั้ง 3 ระบบ แสดงในตารางที่ 9 ซึ่งพบว่ากุ้งที่เลี้ยงในบ่อซิเมนต์



รูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดกับน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่น

เมื่อเลี้ยงได้ 3.5 เดือนจะมีขนาดเฉลี่ย 3.60 $\pm$ 1.01 เซนติเมตร กุ้งที่เลี้ยงในบ่อน้ำหมุนเวียนจะมีขนาดเฉลี่ย 4.19 $\pm$ 1.84 เซนติเมตร และกุ้งที่เลี้ยงในกระชังในบ่อดิน 3 เดือน จะมีขนาด 3.92 $\pm$ 1.60 เซนติเมตร และรูปที่ 13 แสดงให้เห็นว่ากุ้งก้ามกรามวัยรุ่นที่เลี้ยงในบ่อซิเมนต์, บ่อน้ำหมุนเวียนและกระชังในบ่อดินนั้นจะมีการเจริญเติบโตเป็นแบบสมการเส้นตรง (linear regression) ดังต่อไปนี้

$y = 0.8471 + 0.0267\ x$ (สำหรับกุ้งที่เลี้ยงในบ่อซิเมนต์)

$y = 0.9342 + 0.0280\ x$ (สำหรับกุ้งที่เลี้ยงในบ่อน้ำหมุนเวียน)

$y = 1.0825 + 0.0285\ x$ (สำหรับกุ้งที่เลี้ยงในกระชัง)

โดยความเชื่อมั่นของทั้ง 3 สมการเท่ากับ 99.9%

เมื่อ y = ความยาวเหยียด (เซนติเมตร)

และ x = เวลา (วัน)

การแพร่กระจายของขนาดความยาวเหยียดของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นทั้ง 3 ระบบการเลี้ยงได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบทุก 15 วัน ดังรูปที่ 14 ซึ่งแสดงการแพร่กระจายขนาดความยาวเหยียดของกุ้งในช่วงต่าง ๆ แบบกราฟแท่ง พบว่ากุ้งก้ามกรามวัยรุ่นที่เลี้ยงในกระชังเมื่ออายุมากขึ้นจะมีช่วงของขนาดความยาวและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่ากุ้งที่เลี้ยงในระบบอื่น ส่วนกุ้งที่เลี้ยงในบ่อซิเมนต์จะมีช่วงของขนาดและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด

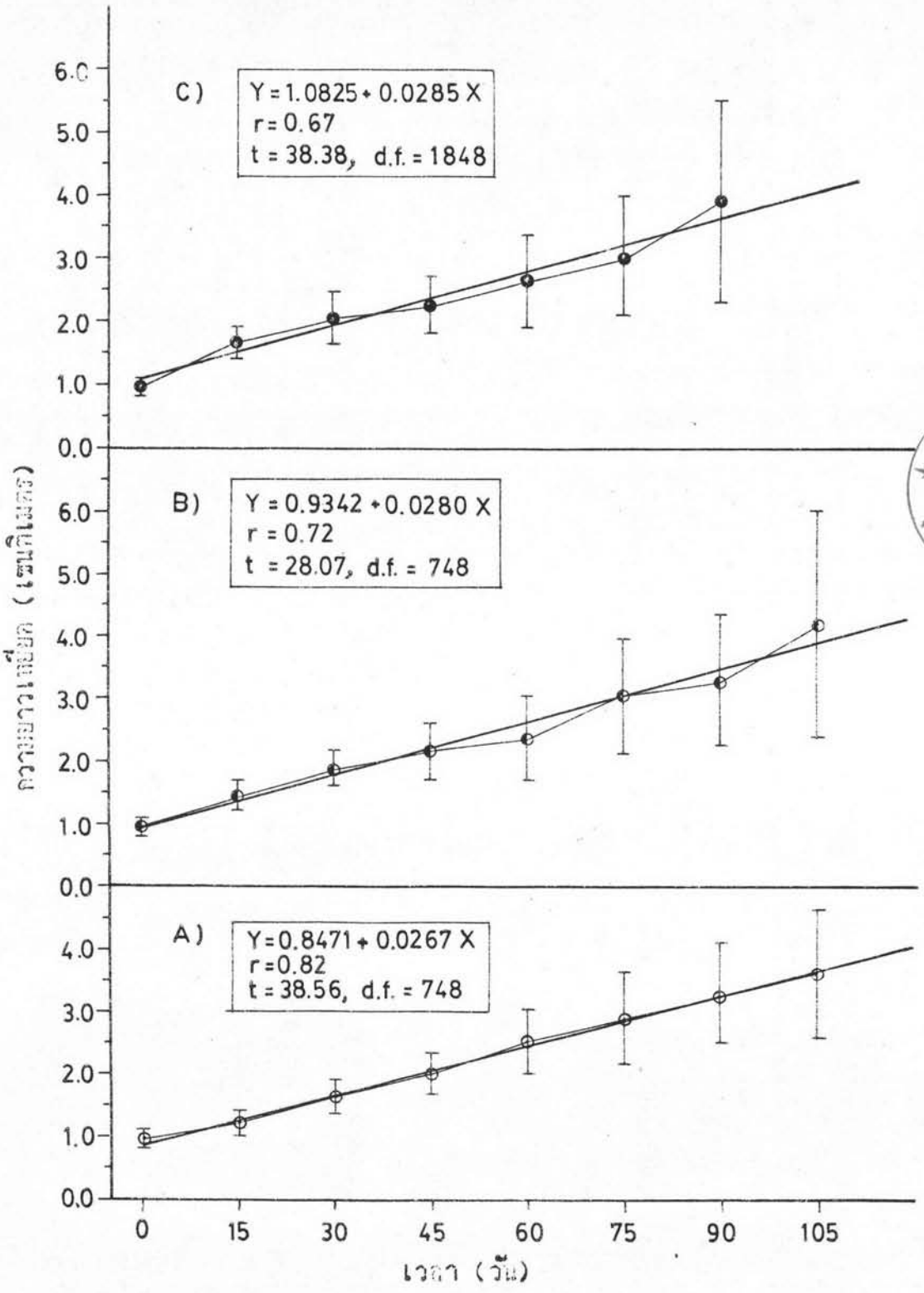
จากการวิเคราะห์ทางโคเวเรียน (analysis of covariance) ของการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นที่เลี้ยงทั้ง 3 ระบบ ดังตารางที่ 10 แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นทั้ง 3 ระบบการเลี้ยงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

<u>อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่น</u>

กุ้งก้ามกรามวัยรุ่นที่เลี้ยงในบ่อซิเมนต์, บ่อน้ำหมุนเวียน และกระชังในบ่อดิน

ตารางที่ 9 การเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นที่เลี้ยงในบ่อซิเมนต์, บ่อน้ำหมุนเวียนและกระชังในบ่อดิน

เวลา(วัน)	บ่อซิเมนต์		บ่อน้ำหมุนเวียน		กระชังในบ่อดิน	
	ความยาวเหยียด (ซ.ม.)		ความยาวเหยียด (ซ.ม.)		ความยาวเหยียด (ซ.ม.)	
	เฉลี่ย	ช่วง	เฉลี่ย	ช่วง	เฉลี่ย	ช่วง
เริ่มต้น	0.94 ± 0.15	0.75 - 1.30	0.94 ± 0.15	0.75 - 1.30	0.94 ± 0.15	0.75 - 1.30
15	1.19 ± 0.20	0.85 - 1.75	1.45 ± 0.23	0.90 - 2.50	1.63 ± 0.26	1.10 - 2.65
30	1.63 ± 0.27	0.90 - 2.50	1.87 ± 0.27	1.30 - 2.70	2.03 ± 0.41	1.40 - 3.80
45	2.01 ± 0.32	1.50 - 3.10	2.14 ± 0.44	1.50 - 3.70	2.27 ± 0.44	1.70 - 4.20
60	2.51 ± 0.52	1.70 - 4.20	2.37 ± 0.62	1.70 - 3.90	2.63 ± 0.70	1.85 - 6.30
75	2.87 ± 0.75	1.85 - 5.10	3.05 ± 0.91	1.85 - 6.20	3.01 ± 0.90	2.00 - 8.10
90	3.29 ± 0.80	2.20 - 6.15	3.26 ± 1.11	2.00 - 7.40	3.92 ± 1.60	2.10 - 9.70
105	3.60 ± 1.01	2.40 - 7.60	4.19 ± 1.84	2.30 -11.1	-	-



หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

รูปที่ 13 การเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นที่เลี้ยงในบ่อซิเมนต์ (A), บ่อน้ำหมุนเวียน(B), และกระชังในบ่อดิน(C)

รูปที่ 14 แสดงการแพร่กระจายขนาดโดยความยาวเหยียดของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์, บ่อน้ำหมุนเวียน และกระชัง

ตารางที่ 10 ตารางการวิเคราะห์ทางโคเวเรียนของการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นที่เลี้ยงในบ่อซิเมนต์, บ่อน้ำหมุนเวียน และกระชังในบ่อดิน

		d.f.	Σx^2	Σxy	Σy^2	Reg. coef.	Dev.	From Regression	
							d.f.	S.S.	M.S.
L	Within								
1	บ่อซิเมนต์	749	798,000	21,309.65	855.28	0.0267	748	286.24	0.3827
2	บ่อน้ำหมุนเวียน	749	798,000	22,326.75	1,217.83	0.0280	748	593.16	0.7930
3	กระชังในบ่อดิน	1,849	1,315,337	37,420.40	2,401.86	0.0285	1,848	1,337.27	0.7236
4							3,344	2,216.67	0.6629
5	Pool, W	3,347	2,911,337	81,056.8	4,474.97	0.0278	3,346	2,218.21	0.6629
6	difference of slopes						2	1.54	0.7683

Comparison of slopes; F = 0.7683/0.6629

= 1.1590, (d.f. = 2,3344) N.S.

N.S. = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

x = เวลา (วัน)

y = ความยาวเหยียด (เซนติเมตร)

เมื่อเลี้ยงได้ 3.5 เดือน มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 0.38, 0.46 และ 0.50 เซนติเมตรต่อ 15 วัน ตามลำดับ หรือมีอัตราการเจริญเติบโตร้อยละเฉลี่ย 21.45, 23.11 และ 28.38 ตามลำดับ ดังตารางที่ 11 และรูปที่ 15, 16 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งวัยรุ่นที่เลี้ยงในบ่อซิเมนต์มีอัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างคงที่กว่าระบบการเลี้ยงอื่น ๆ นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการเจริญเติบโตเป็นร้อยละของกุ้งวัยรุ่นทั้ง 3 ระบบ มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดของกุ้งโตขึ้น

การวิเคราะห์ทางโคเวเรียนของอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่น ดังตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่าอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งวัยรุ่นทั้ง 3 ระบบที่ทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

อัตราการรอดและอัตราการตายของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่น

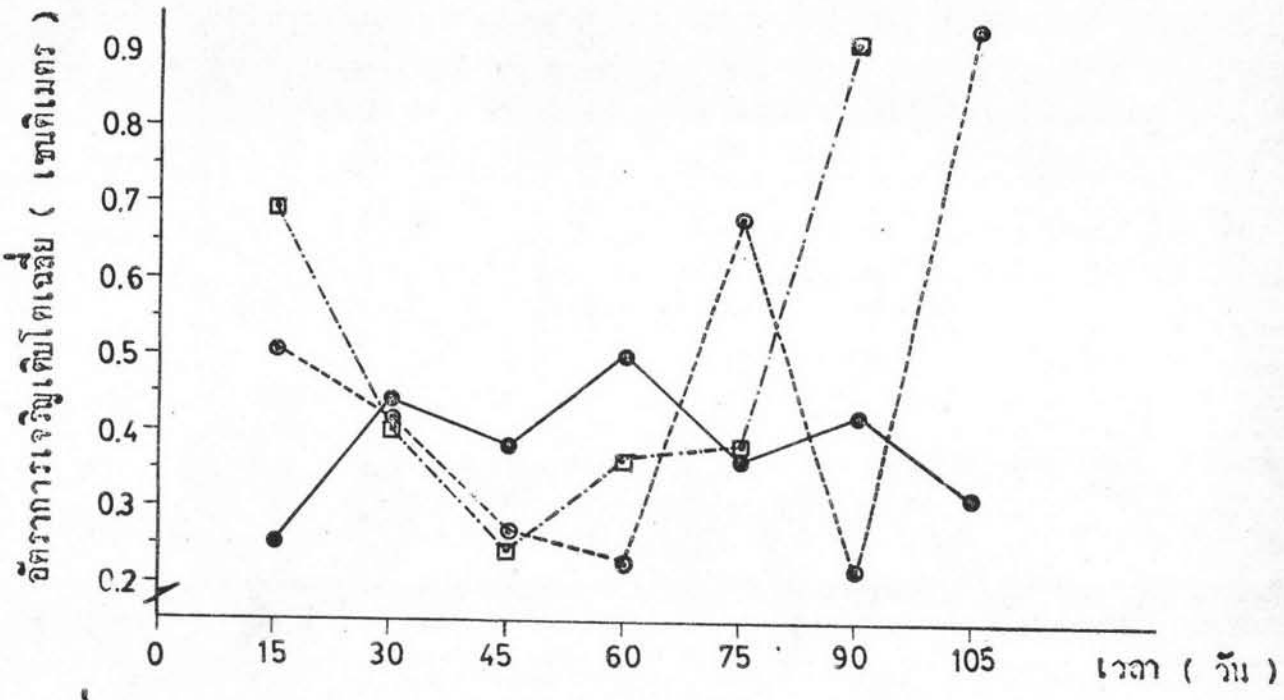
ในการศึกษาครั้งนี้การเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการรอดและการตายของกุ้งนั้นไม่สามารถกระทำได้ทุก ๆ ครั้งที่ทำการสุ่มตัวอย่าง ดังนั้นจึงเก็บข้อมูลเฉพาะเวลาที่สิ้นสุดการทดลองเพียงครั้งเดียวเท่านั้น ผลของการศึกษาเป็นดังตารางที่ 13 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากุ้งที่เลี้ยง 3.5 เดือน ในระบบบ่อน้ำหมุนเวียนมีการรอด 1758 ตัว หรืออัตราการรอด 87.90% และมีการตาย 242 ตัว หรืออัตราการตาย 12.1% กุ้งที่เลี้ยงในกระชังมีการรอด 3777 ตัว หรืออัตราการรอด 62.95% และตาย 2223 ตัว หรืออัตราการตาย 37.05% และกุ้งที่เลี้ยงในบ่อซิเมนต์มีการรอด 766 ตัว หรืออัตราการรอด 54.71% และตาย 634 ตัว หรืออัตราการตาย 45.29%

การตรวจสอบคุณภาพของน้ำ

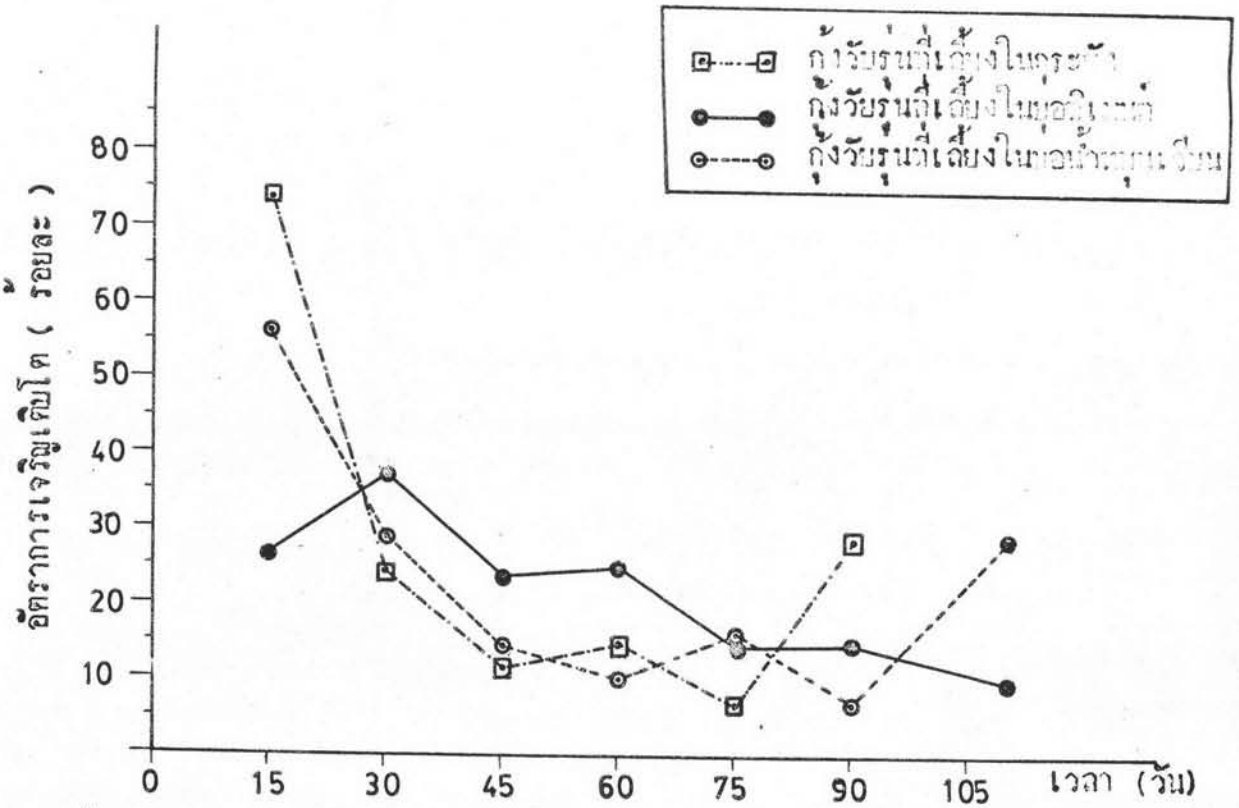
การศึกษาวิธีการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นนี้ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของน้ำทั้งทางเคมี, สกายะและชีววิทยา โดยตรวจสอบปริมาณแอมโมเนีย–ไนโตรเจน, ไนไตรท์–ไนโตรเจน, ไนเตรต–ไนโตรเจน, ฟอสเฟต, ความเป็นกรด–ด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen) อุณหภูมิ และสิ่งมีชีวิตทั้งพืช

ตารางที่ 11 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นที่เลี้ยงในบ่อซิเมนต์, บ่อน้ำหมุนเวียน และกระชังในบ่อดิน

เวลา(วัน)	บ่อซิเมนต์		บ่อน้ำหมุนเวียน		กระชังในบ่อดิน	
	อัตราการเจริญเติบโต		อัตราการเจริญเติบโต		อัตราการเจริญเติบโต	
	เฉลี่ย (ซ.ม.)	เปอร์เซนต์	เฉลี่ย (ซ.ม.)	เปอร์เซนต์	เฉลี่ย (ซ.ม.)	เปอร์เซนต์
15	0.25	26.60	0.51	56.04	0.69	73.40
30	0.44	36.97	0.42	28.97	0.40	24.54
45	0.38	23.30	0.27	14.44	0.24	11.82
60	0.50	24.88	0.23	10.75	0.36	15.86
75	0.36	14.34	0.68	16.12	0.38	14.45
90	0.42	14.63	0.21	6.89	0.91	30.23
105	0.31	9.42	0.93	28.53	–	–
เฉลี่ย	0.38	21.45	0.46	23.11	0.50	28.38



รูปที่ 15 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่น(ตามความยาวเหยียดที่เพิ่ม) ที่เลี้ยงในกระชังในบ่อดิน , ในบ่อซิเมนต์ และในบ่อระบบน้ำหมุนเวียน



รูปที่ 16 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่น(%ของความยาวเหยียดที่เพิ่ม) ที่เลี้ยงในกระชังในบ่อดิน , ในบ่อซิเมนต์, และในบ่อระบบน้ำหมุนเวียน

ตารางที่ 12 ตารางการวิเคราะห์ทางโคเวเรียนของอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นที่เลี้ยงในบ่อซิเมนต์, บ่อน้ำหมุนเวียน และกระชังในบ่อดิน

		d.f.	Σx^2	Σxy	Σy^2	Reg. coef.	Dev. From Regression d.f.	S.S.	M.S.
L	Within								
1	บ่อซิเมนต์	6	6,300	1.80	0.0418	0.0003	5	0.0413	0.0083
2	บ่อน้ำหมุนเวียน	6	6,300	18.75	0.4248	0.0030	5	0.3690	0.0738
3	กระชัง	5	3,937.5	8.65	0.3152	0.0022	4	0.2962	0.0741
4							14	0.7065	0.0505
5	Pool, W	17	16,537.5	29.2	0.7818	0.0018	16	0.7302	0.0456
	difference of slopes;						2	0.0237	0.0119

Comparison of slopes; F = 0.0119/0.0505

= 0.2356, (d.f. = 2,14) N.S.

N.S. = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

x = เวลา

y = อัตราการเจริญเติบโต

ตารางที่ 13 อัตราการรอดและอัตราการตายของกุ้งก้ามกรามวัยรุ่น ที่เลี้ยง $3\frac{1}{2}$ เดือน ในบ่อซิเมนต์, บ่อน้ำหมุนเวียนและกระชังในบ่อดิน

ระบบบ่อเลี้ยง	จำนวนเริ่ม (ตัว)	การรอด (ตัว)	อัตราการรอด (%)	การตาย (ตัว)	อัตราการตาย (%)
บ่อซิเมนต์	1,400	766	54.71	634	45.29
บ่อน้ำหมุนเวียน	2,000	1,758	87.90	242	12.10
กระชังในบ่อดิน	6,000	3,777	62.95	2,223	37.05

ตารางที่ 14 การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำทางเคมีและสภาพของน้ำในบ่อซิเมนต์, บ่อน้ำหมุนเวียน และกระชังในบ่อดิน

องค์ประกอบการศึกษา	บ่อซิเมนต์		บ่อน้ำหมุนเวียน		กระชังในบ่อดิน	
	ช่วง	เฉลี่ย	ช่วง	เฉลี่ย	ช่วง	เฉลี่ย
NH_3 - N (ppm.)	0.00-0.05	0.02	0.00-0.05	0.01	0.00-0.01	0.01
NO_2 - N (ppm.)	0.01-0.02	0.02	0.00-0.03	0.01	-	0.00
NO_3 - N (ppm.)	0.01-0.90	0.32	0.60-1.60	1.26	0.00-0.02	0.01
PO_4 - P (ppm.)	0.79-1.12	1.06	0.08-0.42	0.29	0.03-0.35	0.18
D.O. (ppm.)	6.00-6.40	6.12	6.80-7,90	7.20	8.18-11.10	9.39
pH	8.16-8.60	8.38	7.90-8.45	8.15	8.00-9.10	8.63
อุณหภูมิ (°ซ.)	25.1-28.5	27.4	26.8-31.0	28.9	26.0-36.0	30.2

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์คุณภาพทางชีววิทยาของน้ำในบ่อซิเมนต์, บ่อน้ำหมุนเวียน และกระชังในบ่อดิน

A = มีปริมาณมาก, C = มีปริมาณปานกลาง, R = มีปริมาณเล็กน้อย

ชนิดของสิ่งมีชีวิต	บ่อซิเมนต์	บ่อน้ำหมุนเวียน	กระชังในบ่อดิน
Phytoplankton			
Spirogyra	-	-	A
Lygnbya	-	R	C
Oscillatoria	-	A	A
Tabellaria	-	R	R
Chlorococcum	-	R	C
Nitzschia	-	R	R
Navicula	C	C	-
dinoflagellates	R	C	A
Zooplankton			
Calanoid copepods	C	A	A
nauplius larvae	-	-	A
rotifers	R	C	A
zoea larvae	-	-	C
mayflies nymphs and dragonfly naiad	-	R	C
Moina	R	C	C
Nekton			
Small fish	-	-	R
aquatic snails	-	R	C
Macrobrachium lanchesteri	-	-	A

และสัตว์ในน้ำของระบบการเลี้ยงทั้ง 3 แบบ ดังแสดงในตารางที่ 14 และ 15 ซึ่งพบว่าปริมาณของแอมโมเนีย–ไนไตรเจน, ไนไตรต์–ไนโตรเจน, ไนเตรต–ไนโตรเจน และฟอสเฟต ของน้ำทุกระบบอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ ส่วนปริมาณออกซิเจนที่ละลาย, pH และอุณหภูมิของน้ำในบ่อที่ใส่กระชังจะมีค่าสูงกว่าของน้ำในระบบอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตอนช่วงกลางวัน

ค. ผลของการศึกษาการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามถึงขนาดตลาดต้องการ (marketable size)

1. ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดและน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกราม

ศึกษาโดยใช้ความยาวเหยียดและน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดิน, กระชังและในร่องสวนผลไม้ตลอดเวลา 6 เดือนมาทำการวิเคราะห์ และพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดและน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกรามเป็นไปตามกฎกำลังสาม (cube law) ดังรูปที่ 17 ซึ่งได้ว่า

หรือ $W = 0.0034\ L^{3.4158}$

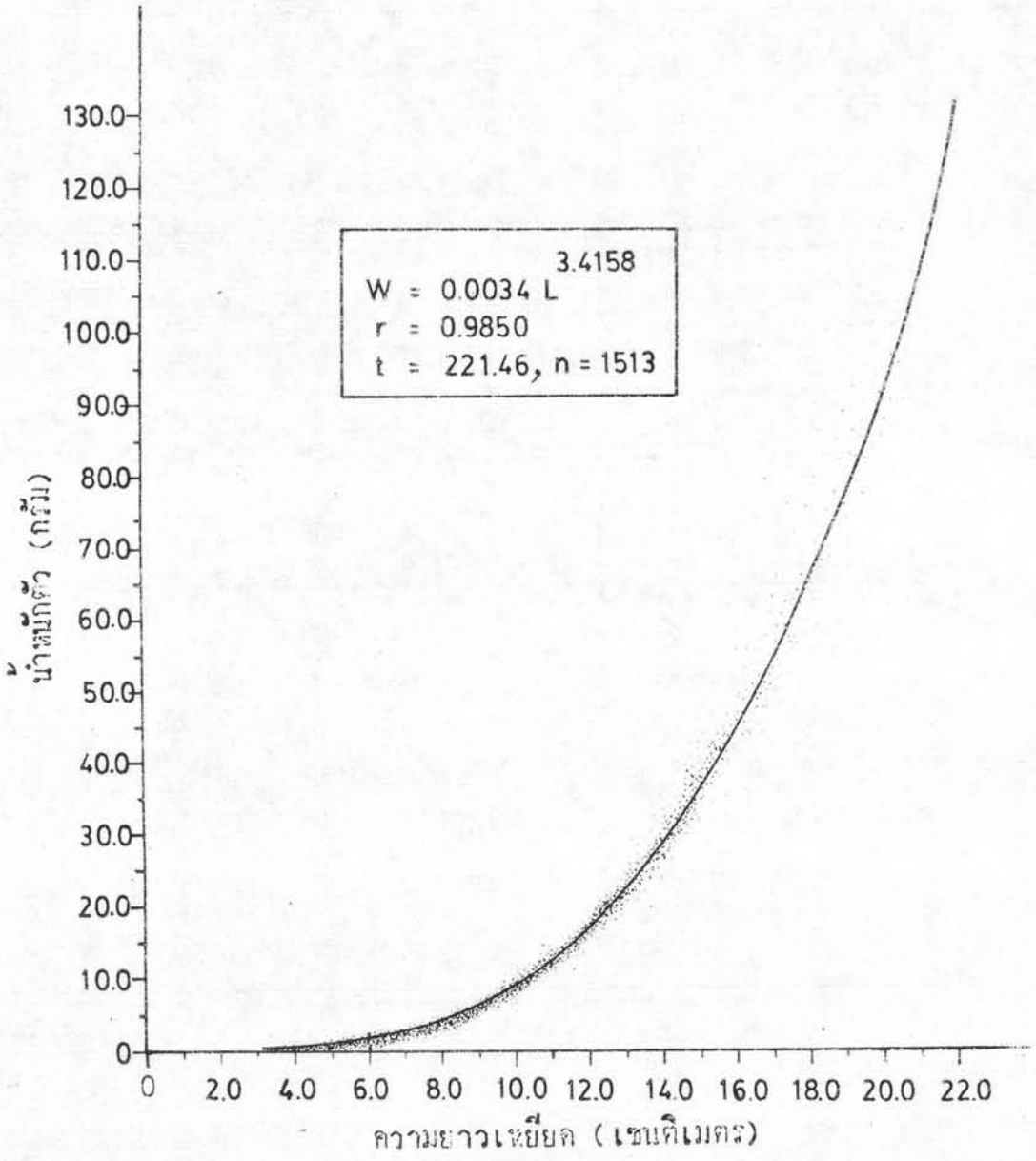
ที่ระดับความเชื่อมั่นมากกว่า 99.9%

เมื่อ W = น้ำหนักตัว (กรัม)

และ L = ความยาวเหยียด (เซนติเมตร)

2. การเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม

กุ้งก้ามกรามที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นที่มีอายุประมาณ 2 – 3 เดือนหลังคว่ำ เมื่อเริ่มทดลองเลี้ยงในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำ และร่องสวนผลไม้ มีขนาดความยาวเหยียดเฉลี่ยเท่ากับ 4.37 ± 1.32, 4.91 ± 0.80 และ 3.78 ± 1.47 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 0.86 ± 1.05, 0.95 ± 0.52 และ 0.52 ± 0.53 กรัม ตามลำดับ จากการศึกษาการเจริญเติบโต



รูปที่ 17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดกับน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกราม

ของกุ้งทุก ๆ เดือนตลอด 6 เดือน พบว่าการเจริญเติบโตความยาวเหยียดของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงใน 3 ระบบ เป็นดังตารางที่ 16 และรูปที่ 18 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงทั้ง 3 ระบบ (โดยความยาวเหยียด) จะเป็นแบบสมการเส้นตรง (linear regression) ดังนี้

$y = 5.3815 + 1.7531$ (สำหรับกุ้งที่เลี้ยงในบ่อ)

$y = 5.3155 + 1.3178$ (สำหรับกุ้งที่เลี้ยงในกระชัง)

และ $y = 3.7887 + 1.6331$ (สำหรับกุ้งที่เลี้ยงในร่องสวนผลไม้)

โดยความเชื่อมั่นของทุกสมการเท่ากับ 99.9%

เมื่อ y = ความยาวเหยียด (เซนติเมตร)

และ x = เวลา (30 วัน หรือ เดือน)

ส่วนการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงทั้ง 3 ระบบ เป็นดังตารางที่ 17 และรูปที่ 19 ซึ่งเมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาคำนวณตาม exponential growth Law (Snedecor และ Cochran, 1967) ในรูปของสมการ

$$W = AB^x \quad \text{หรือ} \quad W = Ae^{bx}$$

สามารถเปลี่ยนเป็นสมการเส้นตรงในรูป

$$\ln W = \ln A + x \ln B \quad \text{หรือ} \quad \ln W = a + bx$$

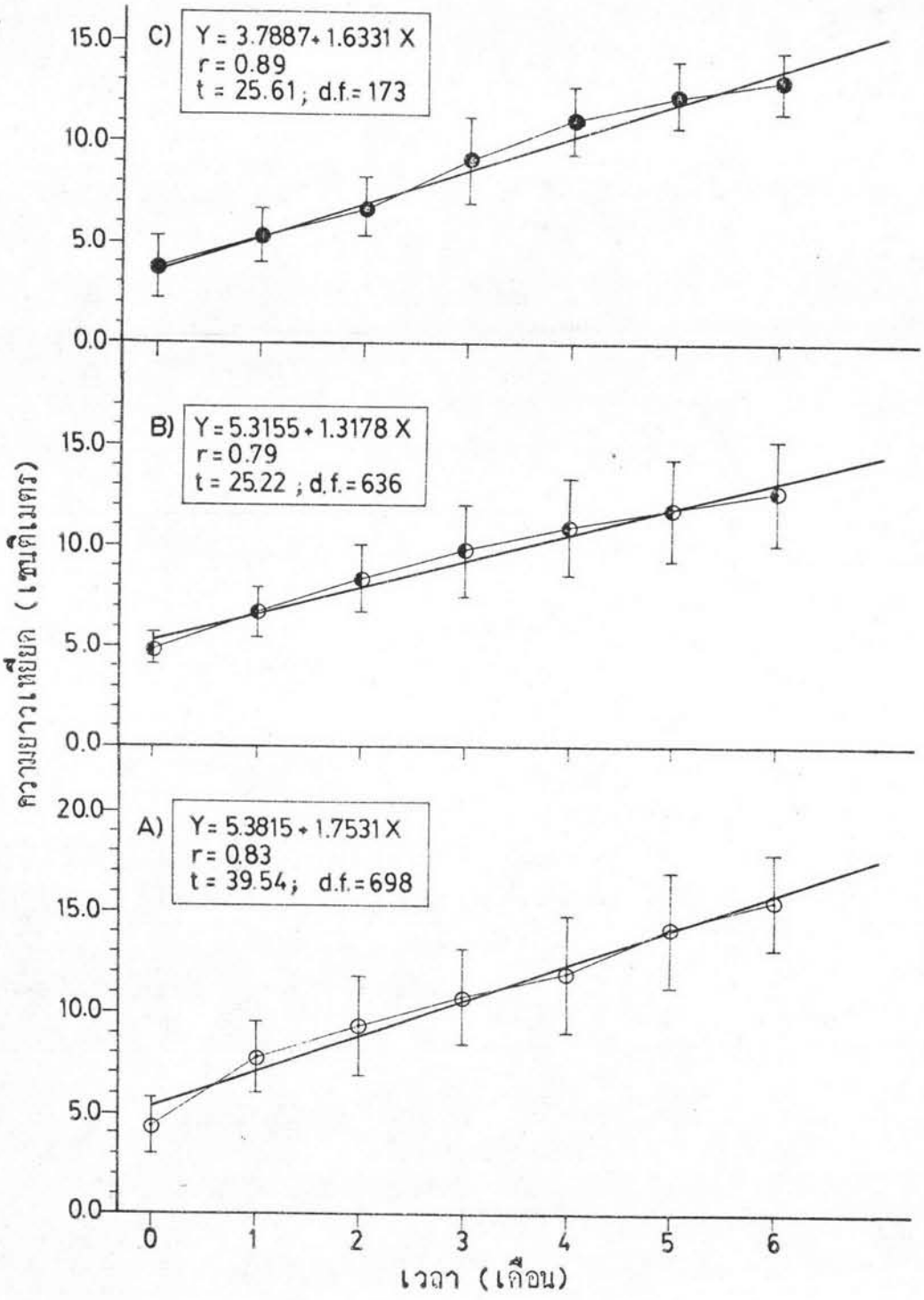
จะได้ว่าการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงทั้ง 3 ระบบ จะเป็นดังนี้

กุ้งที่เลี้ยงในบ่อดิน $\ln W = 0.0189 + 0.6730x$

หรือ $W = 1.0191\ e^{0.6730x}$

ตารางที่ 16 การเจริญเติบโตโดยความยาวเหยียดของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำ และร่องสวนผลไม้

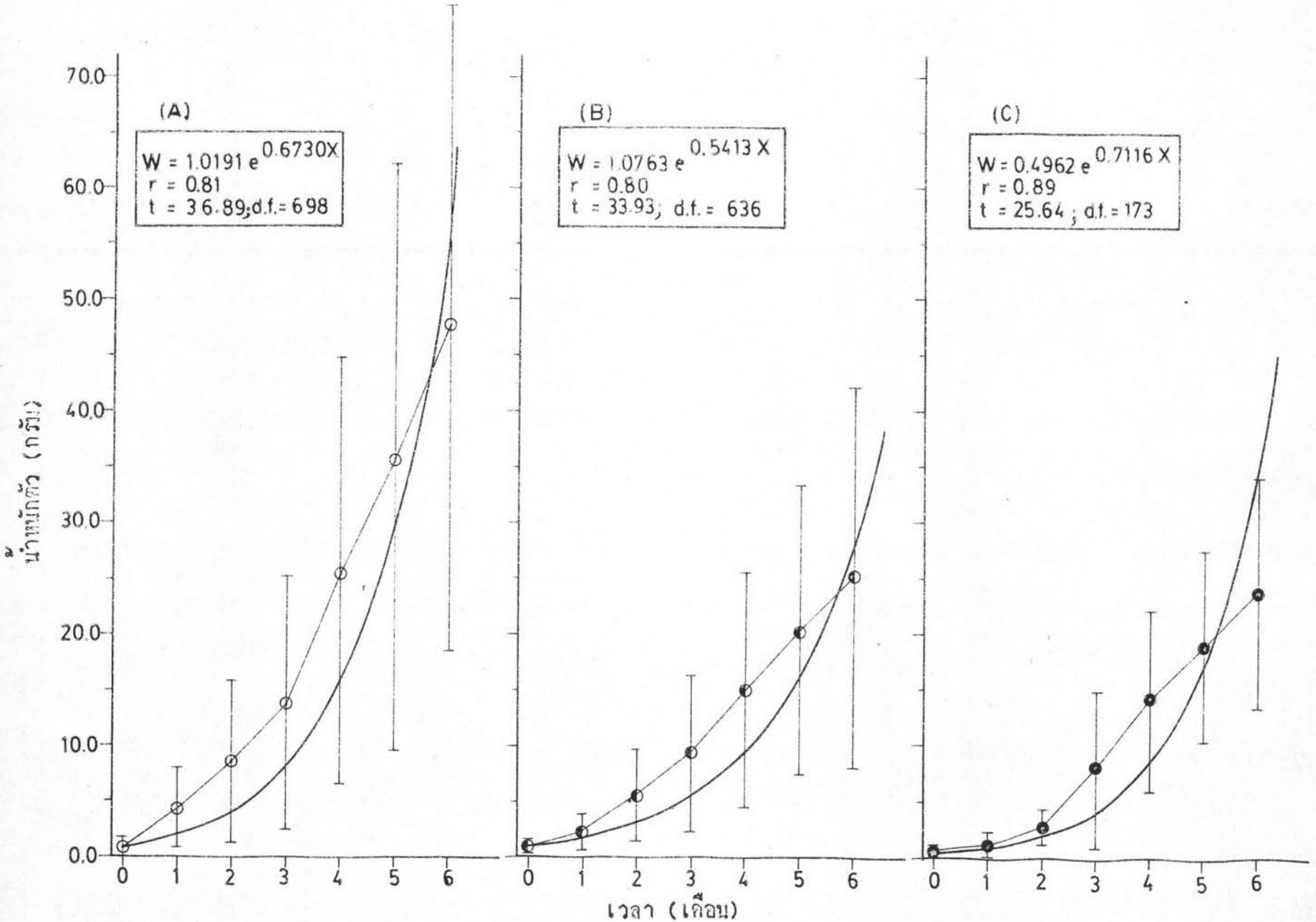
เวลา (เดือน)	บ่อดิน		กระชังในคลองส่งน้ำ		ร่องสวนผลไม้	
	ความยาวเหยียด (ซ.ม.)		ความยาวเหยียด (ซ.ม.)		ความยาวเหยียด (ซ.ม.)	
	$\bar{X} \pm$ S.D.	ช่วง	$\bar{X} \pm$ S.D.	ช่วง	$\bar{X} \pm$ S.D.	ช่วง
เริ่มต้น	4.37±1.32	2.50– 8.90	4.91±0.80	3.10– 6.70	3.78±1.47	27.0 – 7.10
1	7.89±1.84	3.00–11.60	6.60±1.29	4.30– 9.30	5.14±1.27	3.10– 8.20
2	9.24±2.46	3.70–14.20	8.36±1.68	4.80–11.60	6.52±1.54	3.60– 9.20
3	10.64±2.51	6.40–16.70	9.64±2.23	5.20–14.00	9.07±2.41	4.80–13.30
4	12.79±2.62	7.50–18.20	10.87±2.42	6.40–16.20	11.02±1.80	7.70–14.70
5	14.11±2.62	9.10–20.00	11.72±2.50	6.70–16.30	12.11±1.62	8.10–15.40
6	15.42±2.32	10.50–20.30	12.62±2.56	7.40–18.30	13.02±1.56	9.80–15.50



รูปที่ 18 การเจริญเติบโตโดยความยาวของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดิน (A), กระชัง(B), และร่องสวนผลไม้ (C)

ตารางที่ 17 การเจริญเติบโตโดยน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำ และร่องสวนผลไม้

เวลา (เดือน)	บ่อดิน		กระชังในคลองส่งน้ำ		ร่องสวนผลไม้	
	น้ำหนักตัว (กรัม)		น้ำหนักตัว (กรัม)		น้ำหนักตัว (กรัม)	
	$\bar{X} \pm$ S.D.	ช่วง	$\bar{X} \pm$ S.D.	ช่วง	$\bar{X} \pm$ S.D.	ช่วง
เริ่มต้น	0.86± 1.05	0.05– 6.50	0.95± 0.52	0.20– 2.50	0.52± 0.53	0.10– 2.70
1	4.34± 3.58	0.20– 13.50	2.20± 1.57	0.50– 7.50	1.33± 1.10	0.25– 4.40
2	8.50± 7.31	0.30– 30.00	5.41± 4.01	1.00–16.00	2.75± 1.87	0.40– 6.60
3	13.81±11.79	1.50– 67.50	9.28± 7.10	1.50–31.00	8.18± 7.15	1.00–27.00
4	25.09±18.91	2.00– 88.50	14.94±10.79	2.00–52.00	14.30± 8.32	2.50–35.00
5	35.56±26.07	6.00–111.00	20.17±13.06	2.00–56.00	19.00± 8.81	4.00–41.00
6	47.76±29.13	10.00–115.00	25.02±17.21	3.00–86.00	26.32±10.22	10.00–44.00



รูปที่ 19 การเจริญเติบโตโดยน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดิน(A), กระชัง(B), และร่องสวนผลไม้(C)

กุ้งที่เลี้ยงในกระชัง $\ln W = 0.0735 + 0.5413x$

หรือ $W = 1.0763\ e^{0.5413}$

กุ้งที่เลี้ยงในร่องสวน $\ln W = -0.7008 + 0.7116x$

หรือ $W = 0.4962\ e^{0.7116x}$

ความเชื่อมั่นของทั้ง 3 สมการนี้เท่ากับ 99.9%

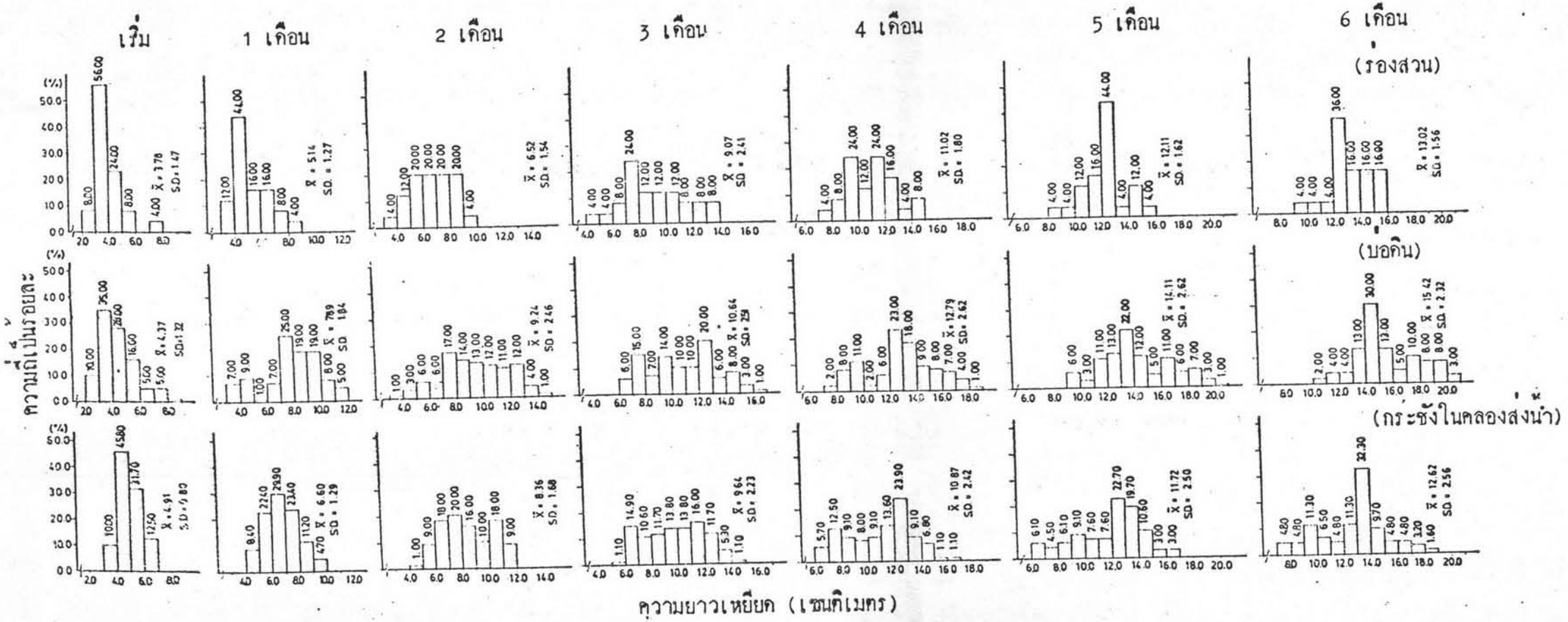
และ W = น้ำหนักตัว (กรัม)

x = เวลา (30 วัน หรือ เดือน)

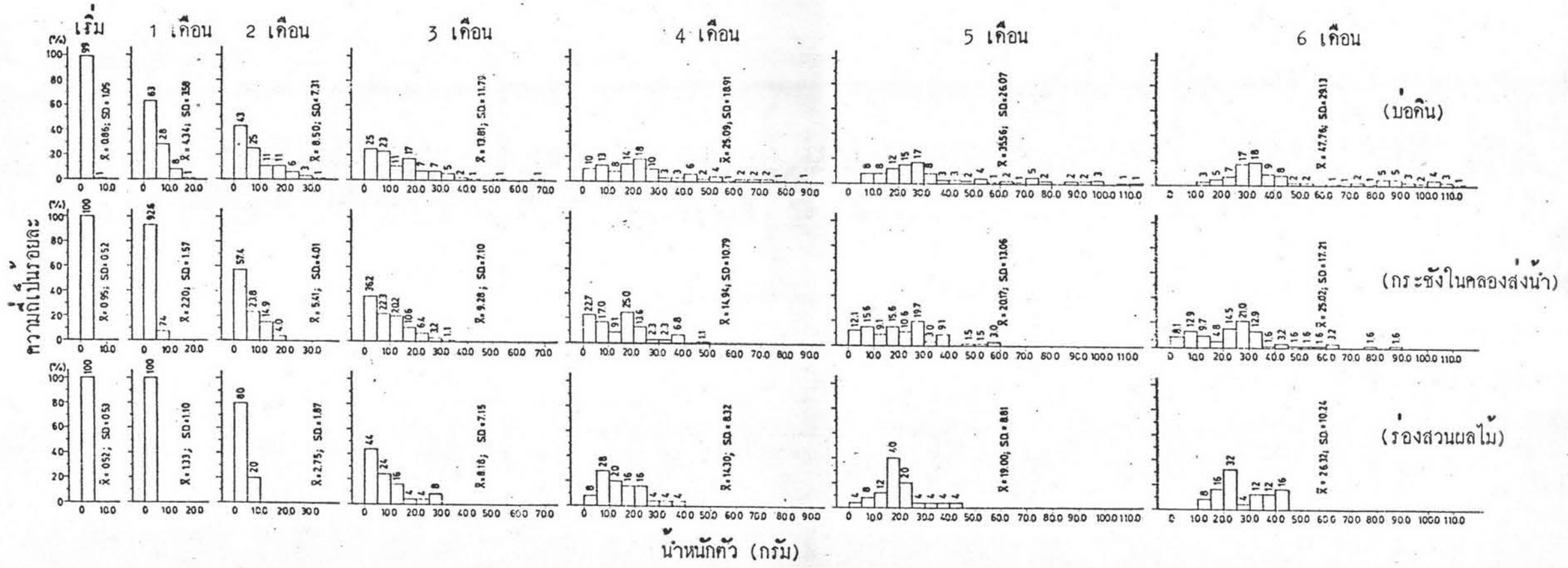
การแพร่กระจายของขนาดความยาวเหยียดและน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงทั้ง 3 ระบบ ได้ทำการวิเคราะห์ทุก ๆ เดือน ได้ผลดังรูปที่ 20 และรูปที่ 21 แสดงให้เห็นว่าการแพร่กระจายทั้งความยาวและน้ำหนักตัวของกุ้งที่เลี้ยงในบ่อมีมากกว่ากุ้งที่เลี้ยงในกระชังและในร่องสวนผลไม้

การวิเคราะห์ทางโคเวเรียนของการเจริญเติบโตโดยความยาวของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงทั้ง 3 ระบบ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 18 แต่เมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบทีละคู่ ดังตารางที่ 19, 20 และ 21 พบว่าการเจริญเติบโตโดยความยาวของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อและในร่องสวนผลไม้ ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเลย แต่กุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในกระชังจะแสดงความแตกต่างของการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญกับกุ้งที่เลี้ยงในบ่อดินและในร่องสวนผลไม้

สำหรับการวิเคราะห์ทางโคเวเรียนของการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงทั้ง 3 ระบบ ในรูปของ exponential growth curve พบว่าการเจริญเติบโตของกุ้งที่เลี้ยงทั้ง 3 ระบบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 22 แต่จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบทีละคู่พบว่าการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดินและร่องสวนผลไม้ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเลย ดังตารางที่ 23 ส่วนกุ้งที่เลี้ยงในกระชังจะแสดงความแตกต่างของการ



รูปที่ 20 แสดงการแพร่กระจายขนาดโดยความยาวเหยียดของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำ และร่องสวนผลไม้



รูปที่ 21 แสดงการแพร่กระจายขนาดโดยน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำ และร่องสวนผลไม้

ตารางที่ 18 ตารางการวิเคราะห์ทางโคเวเรียนของการเจริญเติบโต โดยความยาวเหยียดของกุ้งก้ามกราม ที่เลี้ยงในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำ และร่องสวนผลไม้

	d.f.	Σx^2	Σxy	Σy^2	Reg. Coef.	Dev. From Regression		
						d.f.	S.S.	M.S.
Within								
บ่อดิน	699	2800.0	4908.6	12447.3	1.7531	698	3842.2	5.5046
กระชัง	637	2405.6	3170.0	6574.7	1.3178	636	2397.4	3.7695
ร่องสวน	174	700.0	1143.2	2359.6	1.6331	173	492.6	2.8471
						1507	6732.2	4.4673
Pooled.	1510	5905.6	9221.8	21381.6	1.5615	1509	6981.4	4.6265
difference between slopes						2	249.3	124.6500

Comparison of slopes: $F = 124.6500/4.4673$

$= 27.8994^{**}$ (d.f. = 2,1507)

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ 99.5% confidence

x = เวลา (เดือน)

y = ความยาวเหยียด (เซนติเมตร)

ตารางที่ 19 ตารางการวิเคราะห์ทางโคเวเรียนของการเจริญเติบโต โดยความยาวเหยียดของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดินและร่องสวนผลไม้

	d.f.	Σx^2	Σxy	Σy^2	Reg. Coef.	Dev. From Regression		
						d.f.	S.S.	M.S.
Within								
บ่อดิน	699	2800	4908.6	12447.3	1.7531	698	3842.2	5.5046
ร่องสวน	174	700	1143.2	2359.6	1.6331	173	492.6	2.8471
						871	4334.8	4.9768
Pooled.	873	3500	6051.8	14806.9	1.7291	872	4342.8	4.9803
		difference between slopes				1	8.0	8.0

Comparison of slopes: F = 8.0/4.9768

= 1.6075 (d.f. = 1,871)N.S.

N.S. = ไม่มีนัยสำคัญที่ 95% และ 99.5% confidence

x = เวลา (เดือน)

y = ความยาวเหยียด (เซนติเมตร)

ตารางที่ 20 ตารางการวิเคราะห์ทางโคเวเรียนของการเจริญเติบโต โดยความยาวเหยียดของกุ้งก้ามกราม ที่เลี้ยงในบ่อดินและกระชังในคลองส่งน้ำ

	d.f.	Σx^2	Σxy	Σy^2	Reg. Coef.	Dev. From Regression		
						d.f.	S.S.	M.S.
Within								
บ่อดิน	699	2800	4908.6	12447.3	1.7531	698	3842.2	5.5046
กระชัง	637	2405.6	3170.0	6574.7	1.3178	636	2397.4	3.7695
						1334	6239.6	4.6774
Pooled	1336	5205.6	8078.6	19022.0	1.5519	1335	6484.8	4.8575
		difference between slopes				1	245.2	245:2
Comparison of slopes: F = 245.2/4.5774 = 52.42^{**} (d.f. = 1,1334)								

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ 99.5% confidence

x = เวลา (เดือน)

y = ความยาวเหยียด (เซนติเมตร)

ตารางที่ 21 ตารางการวิเคราะห์โคเวเรียนซของการเจริญเติบโต โดยความยาวเหยียดของกุ้งก้ามกราม ที่เลี้ยงในกระชังในคลองส่งน้ำ และร่องสวนผลไม้

	d.f.	Σx^2	Σxy	Σy^2	Reg. Coef.	Dev. From Regression d.f.	S.S.	M.S.
Within								
กระชัง	637	2405.6	3170.0	6574.7	1.3178	636	2397.4	3.7695
ร่องสวน	174	700.0	1143.2	2359.6	1.6331	173	492.6	2.8421
						809	2890.0	3.5723
Pooled.	811	3105.6	4313.2	8934.3	1.3888	810	2943.9	3.6344
		difference between slopes				1	53.9	53.9

Comparison of slopes: $F = 53.9/3.5723$

$= 15.10^{**}$ (d.f. = 1,809)

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ 99.5% confidence

x = เวลา (เดือน)

$\bar{y}$ = ความยาวเหยียด (เซนติเมตร)

ตารางที่ 22 ตารางการวิเคราะห์ทางโคเวเรียนของการเจริญเติบโต โดยน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกราม ที่เลี้ยงในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำ และร่องสวนผลไม้

	d.f.	Σx^2	Σxy	Σy^2	Reg. Coef.	Dev. From Regression		
						d.f.	S.S.	M.S.
Within								
บ่อดิน	699	2800.0	1884.5	1918.7	0.6730	698	650.4	0.9418
กระชัง	637	2405.6	1302.1	1094.2	0.5413	636	389.4	0.6123
ร่องสวน	174	700.0	498.1	447.7	0.7116	173	93.3	0.5391
						1507	1133.1	0.7519
Pooled.	1510	5905.6	3684.7	3460.6	0.6239	1509	1161.6	0.7698
		difference between slopes				2	28.4	14.25

Comparison of slopes: $F = 14.25/0.7519$

$= 18.95^{**}$ (d.f. = 2,1507)

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ 99.5% confidence

x = เวลา (เดือน)

y = ln ของน้ำหนักตัว (กรัม)

ตารางที่ 23 ตารางการวิเคราะห์ทางโคเวเรียนของการเจริญเติบโต โดยน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกราม ที่เลี้ยงในบ่อดินและร่องสวนผลไม้

	d.f.	Σx^2	Σxy	Σy^2	Reg. Coef.	Dev. From Regression		
						d.f.	S.S.	M.S.
Within								
บ่อดิน	699	2800.0	1884.5	1918.7	0.6730	698	650.4	0.9318
ร่องสวน	174	700,0	498.1	447.7	0.7116	173	93.3	0.5391
						871	743.7	0.8538
Pooled.	873	3500.0	2382.6	2366.4	0.6807	872	744.5	0.8537
		difference between slopes				1	0.80	0.80

Comparison of slopes: F = 0.80/0.8538

= 0.94 (d.f. = 1,871) N.S.

N.S. = ไม่มีนัยสำคัญที่ 95% และ 99.5% confidence

x = เวลา (เดือน)

y = ln ของน้ำหนักตัว (กรัม)

ตารางที่ 24 ตารางการวิเคราะห์ทางโคเวเรียนของการเจริญเติบโต โดยน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกราม ที่เลี้ยงในบ่อดินและกระชังในคลองส่งน้ำ

	d.f.	Σx^2	Σxy	Σy^2	Reg. Coef.	Dev. From Regression		
						d.f.	S.S.	M.S.
Within								
บ่อดิน	699	2800.0	1884.5	1918.7	0.6730	698	650.4	0.9318
กระชัง	637	2405.6	1302.1	1094.2	0.5413	636	389.4	0.6123
						1334	1039.8	0.7795
Pooled	1336	5205.6	3186.6	3012.9	0.6121	1335	1062.2	0.7957
		difference between slopes				1	22.4	22.4

Comparison of slopes: $F = 22.4/0.7795$

$= 28.74^{**}$ (d.f. = 1,1334)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ 99.5% confidence

x = เวลา (เดือน)

y = ln น้ำหนักตัว (กรัม)

ตารางที่ 25 ตารางการวิเคราะห์ทางโคเวเรียนของการเจริญเติบโต โดยน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกราม ที่เลี้ยงในกระชังในคลองส่งน้ำและร่องสวนผลไม้

	d.f.	Σx^2	Σxy	Σy^2	Reg. Coef.	Dev. From Regression		
						d.f.	S.S.	M.S.
Within								
กระชัง	637	2405.6	1302.1	1094.2	0.5413	636	389.4	0.6123
ร่องสวน	174	700.0	498.1	447.7	0.7116	173	93.3	0.5391
						809	482.7	0.5967
Pooled	811	3105.6	1800.2	1541.9	0.5797	810	498.4	0.6153
		difference between slopes				1	15.7	15.7
Comparison of slopes: F = 15.7/0.5967 = 26.31^{**} (d.f. = 1,809)								

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ 99.5% confidence

x = เวลา (เดือน)

y = ln น้ำหนักตัว (กรัม)

เจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญกับกุ้งที่เลี้ยงในบ่อดินและร่องสวนผลไม้ ดังตารางที่ 24 และ 25

3. อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม

อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเหยียดของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำและร่องสวนผลไม้แต่ละเดือน เป็นดังตารางที่ 26 และรูปที่ 22 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงใน 3 ระบบ มีความยาวเพิ่มขึ้นต่อเดือน (absolute growth)เฉลี่ยเท่ากับ 1.84, 1.29 และ 1.54 เซนติเมตรตามลำดับ และมีอัตราการเจริญเติบโตสัมพันธ์ (relative rate of growth)โดยความยาวเฉลี่ยเป็นร้อยละ 25.44, 17.44 และ 23.47 ตามลำดับ จากข้อมูลนี้จะเห็นได้ว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดินจะให้ความยาวเพิ่มต่อเดือนและอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด แต่จากตารางที่ 27 และ 28 ซึ่งเป็นผลของการวิเคราะห์ทางโคเวเรียนแสดงให้เห็นว่าความยาวที่เพิ่มขึ้นต่อเดือนและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม โดยความยาวเฉลี่ยของการทดลองทั้ง 3 ระบบนั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

อัตราการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักนั้นเนื่องจากการเจริญเติบโตโดยน้ำหนักตัวเป็น exponential ดังนั้น Ricker (1975) จึงแนะนำว่าอัตราการเจริญเติบโต (intantaneous rate of growth) จึงควรเป็นดังสมการ

$$G = \ln (Wt/Wo)$$

เมื่อ G = intantaneous rate of growth, เมื่อ $t = 1$

Wt = น้ำหนักตัวเมื่อเวลา t

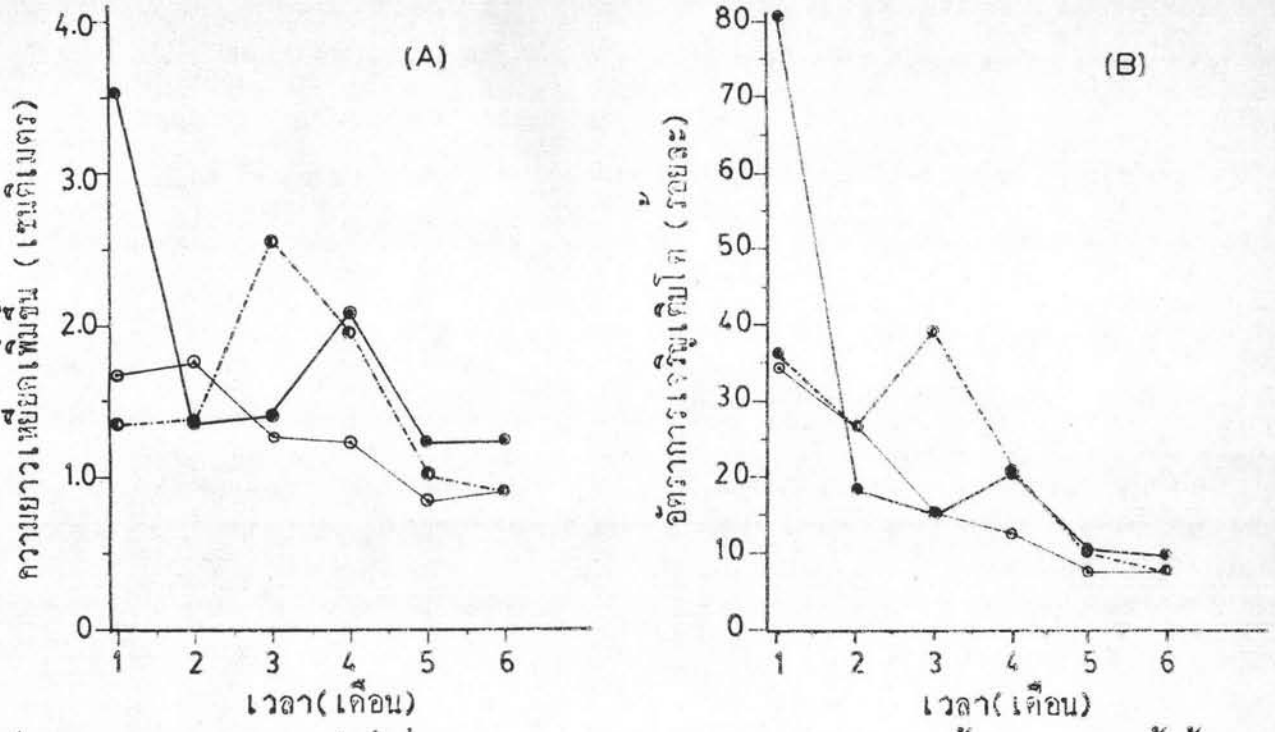
Wo = น้ำหนักตัวเมื่อเวลา o

โดยสมการนี้จะสัมพันธ์กับอัตราการเจริญเติบโตสัมพันธ์ (relative rate of growth, h) คือ $h = e^G - 1$

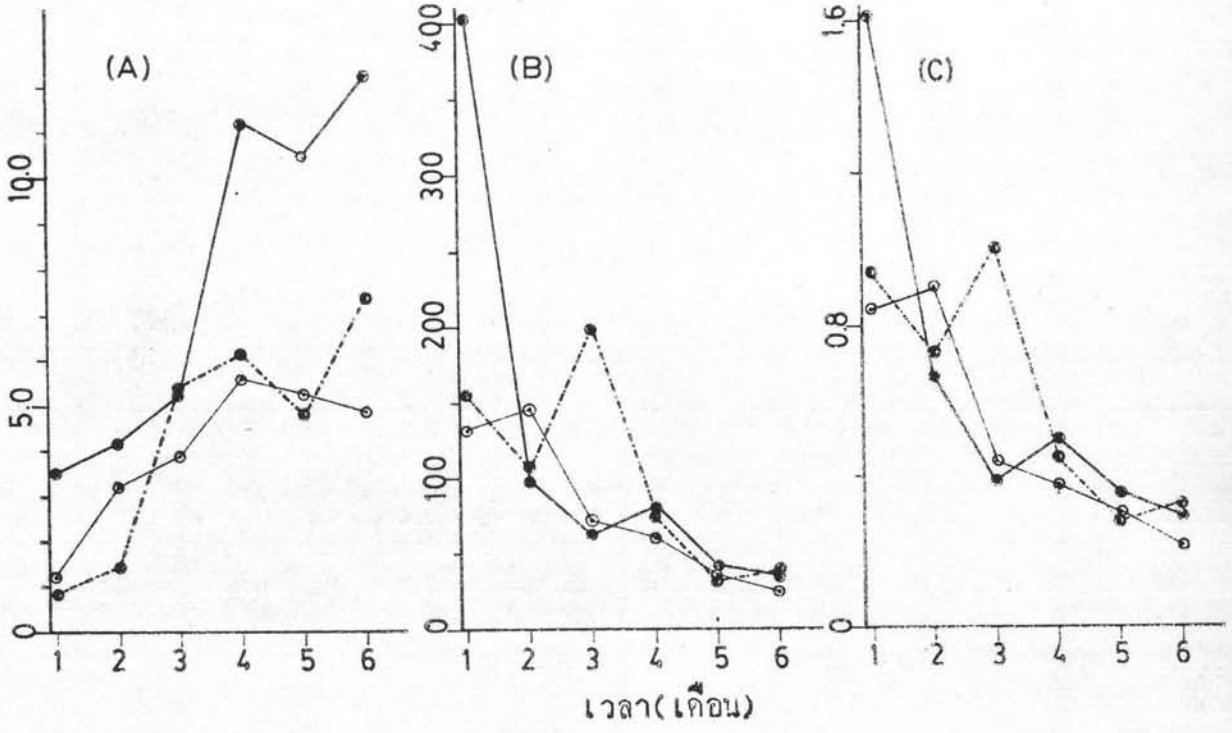
หรือ $G = \ln (h + 1)$

ตารางที่ 26 อัตราการเจริญเติบโตโดยความยาวเหยียดของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำ และร่องสวนผลไม้

เวลา (เดือน)	บ่อดิน		กระชังในคลองส่งน้ำ		ร่องสวนผลไม้	
	ความยาวเพิ่มเฉลี่ย (ซ.ม.)	อัตราการเจริญเติบโตเป็นร้อยละ	ความยาวเพิ่มเฉลี่ย (ซ.ม.)	อัตราการเจริญเติบโตเป็นร้อยละ	ความยาวเพิ่มเฉลี่ย (ซ.ม.)	อัตราการเจริญเติบโตเป็นร้อยละ
1	3.52	80.55	1.69	34.42	1.36	35.98
2	1.35	17.11	1.76	26.67	1.38	26.85
3	1.39	15.04	1.28	15.31	2.55	39.11
4	2.16	20.32	1.23	12.76	1.95	21.50
5	1.32	10.32	0.85	7.82	1.09	9.89
6	1.31	9.28	0.90	7.68	0.91	7.51
เฉลี่ย/เดือน	1.84	25.44	1.29	17.44	1.54	23.47



รูปที่ 22 ความยาวเหยียดที่เพิ่มต่อเดือน(A) และอัตราการเจริญเติบโตเป็นร้อยละ(B) ของกุ้งก้ามกราม ที่เลี้ยงในบ่อดิน(●——●), กระชังในคลองสงน้ำ(●——●) และร่องสวนผลไม้(●——●)



รูปที่ 23 น้ำหนักที่เพิ่มต่อเดือน,A ; อัตราการเจริญเติบโตสัมพันธ์(ร้อยละ),B และอัตราการเจริญเติบโต(intantaneous),C ของกุ้งก้ามกราม

ตารางที่ 27 ตารางการวิเคราะห์ทางโคเวเรียนของความยาวเหยียดที่เพิ่มขึ้นต่อเดือน (absolute growth) ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำและร่องสวนผลไม้

Sources of variation	d.f.	S.S.	M.S.	F value
Difference between slopes	2	0.3167	0.1584	0.5005 (d.f. = 2, 12) N.S.
Deviations From Regression	12	4.1136	0.3428	

N.S. = ไม่มีนัยสำคัญที่ 95% และ 99.5% confidence

ตารางที่ 28 ตารางการวิเคราะห์ทางโคเวเรียนของอัตราการเจริญเติบโต โดยความยาวเหยียดของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำและร่องสวนผลไม้

Sources of variation	d.f.	S.S.	M.S.	F value
Difference between slopes	2	276.34	138.17	0.8140 (d.f. = 2, 12) N.S.
Deviations From Regression	12	2036.89	169.74	

N.S. = ไม่มีนัยสำคัญที่ 95% และ 99.5% confidence

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำและร่องสวนผลไม้ มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อเดือน (absolute growth) เฉลี่ยเท่ากับ 7.82, 4.01 และ 4.30 กรัม ตามลำดับ มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (relative rate of growth) ต่อเดือนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 120.57, 78.18 และ 100.98 ตามลำดับ และมีอัตราการเจริญเติบโต (intantaneous rate of growth)ต่อเดือนเฉลี่ยเท่ากับ 0.6695, 0.5452 และ 0.6541 ตามลำดับ (ดูตารางที่ 29 และรูปที่ 23) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเพิ่มน้ำหนักต่อเดือนและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามโดยน้ำหนักของกุ้งที่เลี้ยงในบ่อดินมีค่าสูงกว่าการเลี้ยงอีก 2 ระบบ อย่างไรก็ดีจากการวิเคราะห์ทางโคเวเรียนในตารางที่ 30, 31 และ 32 แสดงให้เห็นว่าอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามทั้ง intantaneous และ relative ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการเพิ่มน้ำหนักตัวต่อเดือนถึงแม้จะไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95% และ 99.5% แต่ก็แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ต่ำกว่าคือที่ 90%

4. อัตราการรอดและผลผลิต

จากผลของการศึกษาตลอด 6 เดือนของการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามจากขนาดเล็กจนถึงขนาดที่ตลาดต้องการ พบว่าการเลี้ยงแต่ละระบบจะให้ผลผลิตและอัตราการรอดดังตารางที่ 33 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราการรอดของกุ้งที่เลี้ยงในบ่อดินมีค่าสูงกว่ากุ้งที่เลี้ยงในกระชังและร่องสวนผลไม้ ผลผลิตต่อไร่ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดินก็แสดงค่าสูงกว่ากุ้งที่เลี้ยงในกระชังและร่องสวนผลไม้เช่นกัน แต่อัตราส่วนการเพิ่มของผลผลิตนั้นพบว่าระบบที่มีขนาดใหญ่จะให้อัตราส่วนการเพิ่มมากกว่าระบบที่มีเนื้อที่เล็กกว่า

5. คุณภาพของน้ำในระบบการเลี้ยง

การศึกษาการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามขนาดใหญ่ครั้งนี้ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของน้ำทั้งทางเคมี, สกายะและชีววิทยาของแต่ละระบบที่เลี้ยง โดยตรวจสอบปริมาณ

ตารางที่ 29 อัตราการเจริญเติบโต โดยน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำ และร่องสวนผลไม้

เวลา (เดือน)	บ่อดิน			กระชังในคลองส่งน้ำ			ร่องสวนผลไม้		
	น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย (กรัม)	h (ร้อยละ)	G = $\ln(W_t/W_o)$	น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย (กรัม)	h (ร้อยละ)	G = $\ln(W_t/W_o)$	น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย (กรัม)	h (ร้อยละ)	G = $\ln(W_t/W_o)$
1	3.48	404.65	1.6187	1.25	131.58	0.8398	0.81	155.77	0.9391
2	4.16	98.82	0.6722	3.21	145.91	0.8998	1.42	106.77	0.7264
3	5.31	62.25	0.4853	3.87	71.53	0.5396	5.43	197.45	1.0901
4	11.28	81.68	0.5971	5.66	60.99	0.4762	6.12	74.48	0.5586
5	10.47	41.73	0.3488	5.23	35.01	0.3002	4.70	32.87	0.2842
6	12.20	34.31	0.2950	4.85	24.05	0.2155	7.32	38.53	0.3259
เฉลี่ย/เดือน	7.82	120.57	0.6695	4.01	78.18	0.5452	4.30	100.98	0.6541

h = อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (Relative rate of growth)

G = intantaneous rate of growth

ตารางที่ 30 ตารางการวิเคราะห์ทางโคเวเรียนของอัตราการเจริญเติบโต (intantaneous rate of growth) โดยน้ำหนักตัวของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำและร่องสวนผลไม้

Sources of Variation	d.f.	S.S.	M.S.	F valuc
Difference between slopes	2	0.0606	0.303	0.606 (d.f. = 2, 12) N.S.
Deviations from regression	12	0.5997	0.0500	

N.S. = ไม่มีนัยสำคัญที่ 95% และ 99.5% confidence

ตารางที่ 31 ตารางการวิเคราะห์ทางโคเวเรียนของอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (Relative rate of growth) โดยน้ำหนักตัว ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำและร่องสวนผลไม้

Sources of Variation	d.f.	S.S.	M.S.	F valuc
Difference between slopos	2	11492.2	5746.11	1.2988 (d.f. 2, 12) N.S.
Deviations from regression	12	53090.5	4424.21	

N.S. = ไม่มีนัยสำคัญที่ 95% และ 99.5% confidence

ตารางที่ 32 ตารางการวิเคราะห์ทางโคเวเรียนของน้ำหนักที่เพิ่มต่อเดือน (absolute growth) ของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำและร่องสวนผลไม้

Sources of variation	d.f.	S.S.	M.S.	F value
Difference between slopes	2	13.1357	6.5678	3.7258 (d.f. 2, 12) N.S.
Deviations from regression	12	21.1531	1.7628	

N.S. = ไม่มีนัยสำคัญที่ 95% และ 99.5% confidence

ตารางที่ 33 อัตราการรอดและผลผลิตของกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำและร่องสวนผลไม้

ระบบเลี้ยง	เริ่มปล่อย (ตัว)	จำนวนรอด (ตัว)	อัตราการรอด (%)	น้ำหนักเริ่มปล่อย (กรัม)	ผลผลิต (กรัม)	อัตราส่วนผลผลิตเพิ่มขึ้น(%)	คิดเป็นผลผลิตต่อไร่ (ก.ก.)
บ่อดิน	12,000	8,375	69.8	8,148.90	*400,000.0	4,808.64	228.57
กระชัง	120	63	52.5	118.10	1,551.0	1,213.29	137.87
ร่องสวน	600	211	35.2	321.60	5,554.0	1,625.99	74.05

* เป็นค่าประมาณโดยน้ำหนักผลผลิต

แอมโมเนีย–ไนโตรเจน, ไนไตรต์–ไนโตรเจน, ไนเตรต–ไนโตรเจน, ฟอสเฟต, ความเป็นกรด–ด่าง pH, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (D.O.) อุณหภูมิ, ความขุ่น (Turbidity) และสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ ดังตารางที่ 34 และ 35 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุณภาพของน้ำของระบบการเลี้ยงกุ้งทั้ง 3 ยังอยู่ในภาวะที่ปกติ กล่าวคือ แอมโมเนีย–ไนโตรเจน อยู่ในช่วงเฉลี่ย 0.16 – 0.54 ppm., โดยน้ำที่อยู่ในร่องสวนผลไม้ที่ไม่มีการถ่ายเทน้ำจะมีค่าสูงกว่าน้ำในระบบอื่น ๆ ไนไตรต์–ไนโตรเจน อยู่ในช่วงเฉลี่ย 0.00 – 0.06 ppm. ไนเตรต–ไนโตรเจน 0.03 – 1.25 ppm., ฟอสเฟต 0.17 – 0.47 ppm., ปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำ 3.88 – 8.79 ppm. โดยน้ำในคลองส่งน้ำจะแสดงคุณสมบัติของการละลายออกซิเจนในน้ำต่ำกว่าน้ำในระบบอื่น pH 7.36 – 8.71, อุณหภูมิ 29.30 – 33.64 °ซ. โดยน้ำในบ่อจะมีอุณหภูมิสูงกว่าระบบอื่น และความขุ่น 64.57 – 130.29 F.T.U.

สำหรับคุณภาพของน้ำทางชีววิทยานั้นได้ศึกษาชนิดของแพลงตอนพืช, แพลงตอนสัตว์, พืชดอกชั้นสูงและปลาต่าง ๆ ที่พบในน้ำแต่ละระบบ ได้ผลว่าในบ่อดินมีแพลงตอนพืช 8 ชนิด มี Oscillatoria, Plectonema และ Spirogyra เป็นชนิดถาวร (dominant species), พืชชั้นสูง 5 ชนิด มีผักบุ้งและต้นกกสามเหลี่ยมที่ขึ้นริมตลิ่งเป็นชนิดถาวร, แพลงตอนสัตว์ 7 ชนิด มี Copepods nauplius-larvae และ Rotifers เป็นชนิดถาวร และสัตว์จำพวกปลา พบ 15 ชนิด มีกุ้งนาหรือกุ้งฝอยเป็นชนิดถาวร

ในกระชังภายในคลองส่งน้ำพบแพลงตอนพืช 5 ชนิด มี Oscillatoria และ Plectonema เป็นชนิดถาวร, ส่วนพืชชั้นสูง 2 ชนิด คือ ผักตบชวาและผักบุ้งซึ่งใส่ลงไปเพื่อช่วยกำบังแสงแดด, แพลงตอนสัตว์ 3 ชนิด มี Copepods เป็นชนิดถาวร และสัตว์จำพวกปลาพบ 6 ชนิด มีปลาเล็ก ๆ เข้าไปอาศัยอยู่มาก

น้ำในร่องสวนผลไม้ พบแพลงตอนพืช 9 ชนิด มี Closterium, และ Euglena, เป็นชนิดถาวร, พืชชั้นสูงพบ 4 ชนิด มีแหนเป็ดลอยอยู่ที่ผิวมากตอน

ตารางที่ 34 แสดงคุณสมบัติทางเคมีและสภาวะของน้ำในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำและร่องสวนผลไม้

คุณภาพน้ำที่ศึกษา	บ่อดิน		กระชังในคลองส่งน้ำ		ร่องสวนผลไม้	
	ช่วง	เฉลี่ย	ช่วง	เฉลี่ย	ช่วง	เฉลี่ย
NH_3 - N (ppm.)	0.00- 0.39	0.16	-	-	0.10-1.59	0.54
NO_2 - N (ppm.)	0.00- 0.00	0.00	0.00-0.19	0.06	0.00-0.13	0.04
NO_3 - N (ppm.)	0.00- 0.16	0.03	0.09-1.51	0.50	0.05-2.20	1.25
PO_4 - P (ppm.)	0.00- 0.73	0.25	0.00-0.14	0.17	0.21-0.66	0.47
D.O. (ppm.)	5.61-11.70	8.79	2.32-4.88	3.88	2.60-8.80	6.80
pH	7.70- 9.90	8.71	7.15-7.55	7.36	7.30-8.90	7.83
อุณหภูมิ (°ซ.)	26.0 -36.0	33.64	26.0-34.0	29.9	27.0-31.0	29.30
Turbidity(FTU)	39.0 -100.0	64.57	25.0-325.0	130.29	-	-

ตารางที่ 35 คุณภาพทางชีววิทยาของน้ำในบ่อดิน, กระชังในคลองส่งน้ำและร่องสวนผลไม้
A = มีปริมาณมาก, C = มีปริมาณปานกลาง, R = มีปริมาณเล็กน้อย

ชนิดของสิ่งมีชีวิต	บ่อดิน	กระชังในคลองส่งน้ำ	ร่องสวนผลไม้
Phytoplanktons:			
Chlorococcum	C	-	-
Closterium	-	-	A
Chlamydomonas	-	-	R
Diatoms	-	R	C
Dinoflagellates	R	-	-
Euglena	-	-	A
Fragilaria	-	-	R
Lygnbya	C	R	-
Nitzschia	R	-	C
Oscillatoria and Plectonema	A	A	C
Tabellaria	R	-	-
Spirogyra	A	R	A
Higher plants			
ผักตบชวา, Eichornia crassipes Solm.	C	R	-
ผักบุ้ง, Jussiaca repens Linn.	A	A	C
ผักกะเฉด, Neptunia sp.	-	-	R
แหน, Lemna sp.	-	-	A
สาหร่ายหางกระรอก, Hydrilla sp.	-	-	R
กกสามเหลี่ยม, Scirpus grossus Linn.	A	-	-

ตารางที่ 35 (ต่อ)

ชนิดของสิ่งมีชีวิต	บ่อดิน	กระชังในคลองส่งน้ำ	ร่องสวนผลไม้
บัวบา, Limnanthemum indicum Thwaites	R	-	-
บัวสาย, Nymphaca sp.	R	-	-
Zooplanktons:			
Calanoid copepods	A	A	A
Amoeba	-	-	R
Larvae of mosquitoes	R	-	R
Nauplius Larvae	A	-	A
Zoea Larvae	C	-	-
Rotifers	A	C	A
Moina	C	R	C
Insect larvae	C	-	C
Nektons:			
ปลาซิว, Rasbora sp.	C	-	C
ปลาตะเพียน, Puntius sp.	C	R	-
ปลากริม, Trichopsis vittatus (Cuv. & Val)	R	-	C
ปลากระดี่หมอ, Trichogaster trichopterus (Pallas)	R	-	C
ปลากระดี่นาง, T. microlepis (Günther)	-	-	C
ปลาเข็ม, Dermogenys sp.	-	R	R
ปลาช่อน, Ophicephalus striatus Bloch	R	-	R
ปลาแป้นแก้ว, Chanda wolffii Bleeker	C	-	-

ตารางที่ 35 (ต่อ)

ชนิดของสิ่งมีชีวิต	บ่อดิน	กระชังในคลองส่งน้ำ	ร่องสวนผลไม้
ปลาบูทราย, Oxyeleotris marmorata (Bleeker)	R	-	-
ปลาแขยง, Heterobagrus bocourti Bleeker	-	R	-
ปลาเล็ก ๆ (ลูกปลา)	R	A	R
หอยโข่ง, Pila sp.	R	-	-
หอยขม, Sinotaia sp.	R	C	-
กุ้งนา, Macrobrachium lanchesteri, de Man	A	C	A
ปูนา, Somanniathelphusa sp.	R	-	R
งูดิน, งูกินปลา	R	-	R
เต่า	R	-	-
กบ, Rana sp.	R	-	R

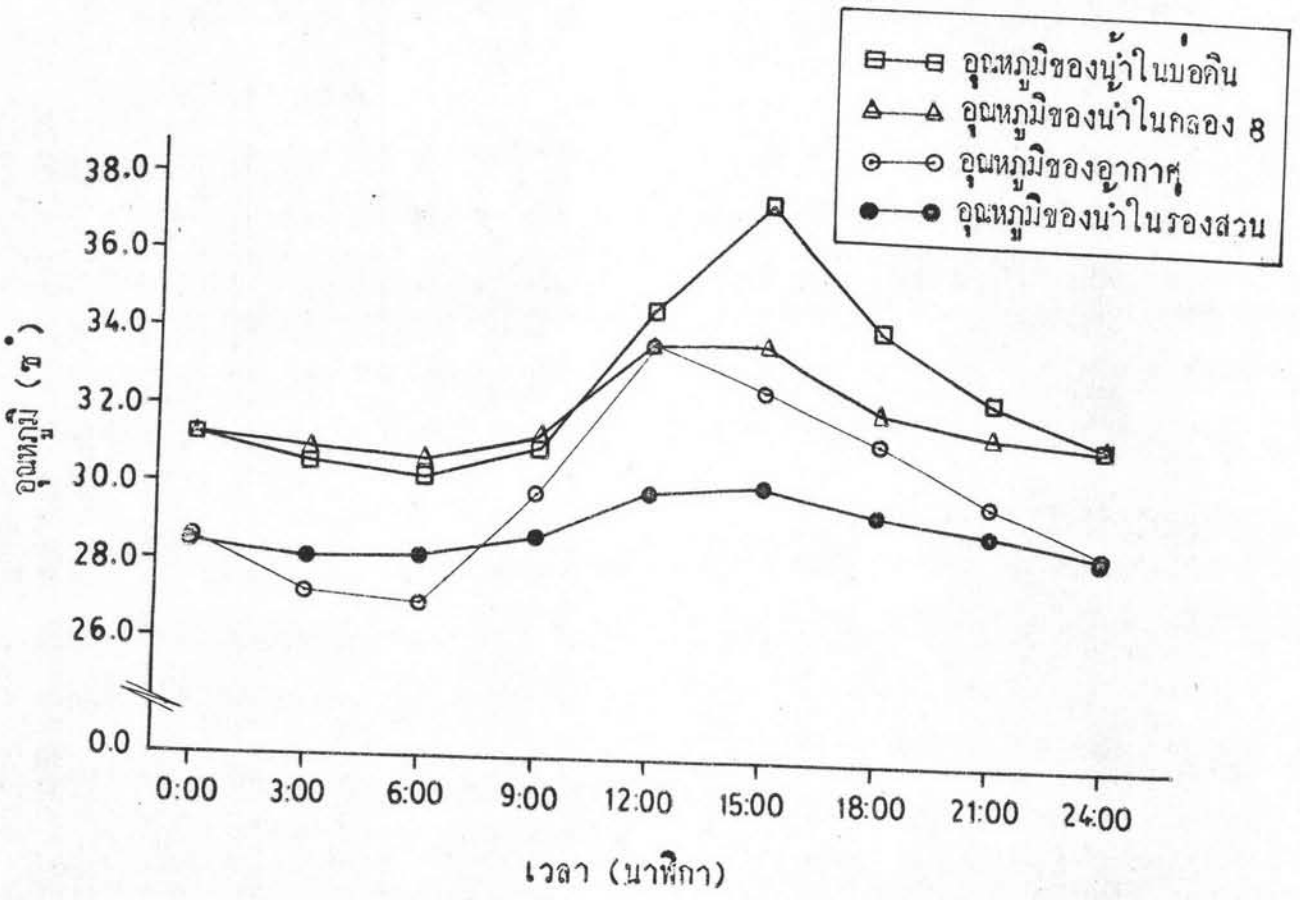
ช่วงหลัง ๆ ของการเลี้ยง, แพลงตอนสัตว์พบ 7 ชนิด มี copepods และ Rotifers เป็นชนิดถาวร มี Nauplius larvae ของปูนาอยู่มากบางเดือน และสัตว์จำพวกปลาอีก 11 ชนิด

อย่างไรก็ตามเนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำและอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการเก็บข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทั้ง 2 ตลอด 24 ชั่วโมง ในแต่ละระบบของการเลี้ยงและนำมาเปรียบเทียบกันดังตารางที่ 36 รูปที่ 24 และ 25 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำและอุณหภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน คือ จะมีค่าสูงที่สุดตอน 15:00 น. และต่ำที่สุดตอน 6:00 น. ในทุกระบบที่เลี้ยง (ยกเว้นอุณหภูมิอากาศซึ่งจะสูงสุดตอน 12:00 น. และต่ำสุดตอน 6:00 น.)

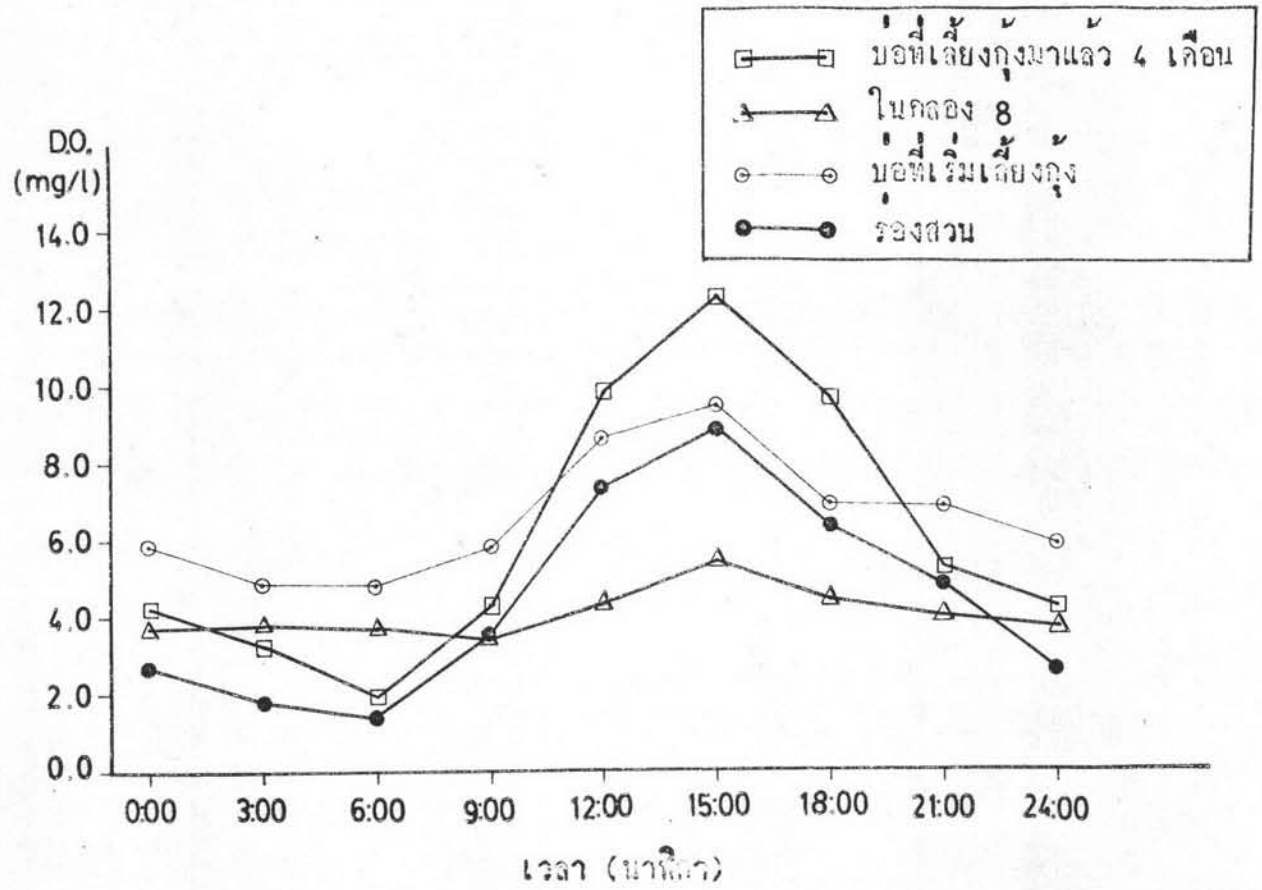
สำหรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตลอดวันนั้นพบว่าน้ำในบ่อดินจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมากที่สุดถึง 7.2 °ซ. ซึ่งมากกว่าการเปลี่ยนแปลงของอากาศเสียอีก ส่วนน้ำในร่องสวนมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตลอดวันน้อยที่สุดคือ 1.9 °ซ. การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำพบว่าบ่อดินที่เลี้ยงกุ้งแล้วประมาณ 4 – 5 เดือน และน้ำในบ่อมีลักษณะเขียวจะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมากที่สุด คือ 10.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำในคลองส่งน้ำที่มีลักษณะขุ่นและไหลเอื่อย ๆ นั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด คือ 1.70 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 36 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำตลอด 24 ชั่วโมง ของน้ำในบ่อดิน, คลองส่งน้ำและร่องสวนผลไม้

เวลา (นาฬิกา)	อุณหภูมิ (°ซ.)				ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ			
	อากาศ	บ่อดิน	คลองส่งน้ำ	ร่องสวนผลไม้	บ่อดินเริ่มเลี้ยง	บ่อดินเลี้ยง 4 เดือน	คลองส่งน้ำ	ร่องสวนผลไม้
03:00	27.2	30.7	30.9	28.2	4.80	3.20	3.80	1.75
06:00	27.0	30.2	30.7	28.2	3.80	1.90	3.70	1.35
09:00	29.9	31.1	31.4	28.7	5.80	4.25	3.40	3.45
12:00	33.7	34.8	33.8	29.9	8.60	9.85	4.30	7.30
15:00	32.6	37.4	33.8	30.1	9.45	12.20	5.40	8.80
18:00	31.3	34.2	32.1	29.4	6.85	9.60	4.40	6.30
21:00	29.7	32.4	31.6	29.0	6.80	5.20	4.00	4.80
24:00	28.6	31.3	31.3	28.5	5.80	4.20	3.70	2.60



รูปที่ 24 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตลอด 24 ชั่วโมงของระบบการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามขนาดใหญ่



รูปที่ 25 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณการละลายของออกซิเจนตลอด 24 ชั่วโมงของระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำขนาดใหญ่