

ห้องสมุด
ฉบับลิว. อ. จอห์นสัน

19 ม.ค. 2554

3306

ด.1

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๒๐/๒๕๕๓



Technical Paper No.20/2010

ผลของอัตราปล่อยและระดับความลึกน้ำที่ต่างกันต่อการอนุบาลลูกปลาช่อน
ให้ได้ขนาด 5-7 เซนติเมตร

Effects of Stocking Density and Water Depth on Nursing of Snakehead Fish
Channa striata (Bloch, 1797) up to 5-7 cm Fingerling Size

นพพัชร สว่างงาม

Naphat Sanguanngam

บุญสง ศรีเจริญธรรม

Boonsong Sricharoendham

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด
กรมประมง
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

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

ห้องสมุด
จ.บ.ล.ว. อ. จอห์นสัน

19 เม.ย. 2554

3306

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๒๐/๒๕๕๓



Technical Paper No.20/2010

ผลของอัตราปล่อยและระดับความลึกน้ำที่ต่างกันต่อการอนุบาลลูกปลาช่อน
ให้ได้ขนาด 5-7 เซนติเมตร

Effects of Stocking Density and Water Depth on Nursing of Snakehead Fish
Channa striata (Bloch, 1797) up to 5-7 cm Fingerling Size

นพัชร ธงวงนงาม Naphat Sanguanngam

บุญส่ง ศรีเจริญธรรม Boonsong Sricharoendham

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดลพบุรี

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

กรมประมง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

๒๕๕๓

Lopburi Inland Fisheries Development Center

Inland Fisheries Research and Development Bureau

Department of Fisheries

Ministry of Agriculture and Cooperatives

2010

รหัสทะเบียนวิจัย 50-0571-50104

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
Abstract	(2)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
วิธีดำเนินการ	3
1. การวางแผนการทดลอง	3
2. วัสดุอุปกรณ์	3
3. วิธีดำเนินการ	4
4. การวิเคราะห์ข้อมูล	5
5. การวิเคราะห์ทางสถิติ	8
ผลการศึกษา	9
1. อิทธิพลของปัจจัยอัตราปล่อยและความลึกน้ำ	9
2. ความสัมพันธ์และแบบจำลองของปัจจัยที่ศึกษา	31
3. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน	34
วิจารณ์ผลการทดลอง	42
สรุปผลการทดลอง	48
เอกสารอ้างอิง	50
ภาคผนวก	52

ห้องสมุดกรมประมง

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร) ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	10
2	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	11
3	ความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร) และน้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อยต่อบ่ออนุบาลที่เท่ากัน แต่มีระดับความลึกน้ำต่างกัน ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	11
4	อัตราการเติบโตด้านความยาว (มิลลิเมตร/วัน) ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	16
5	อัตราการเติบโตด้านน้ำหนัก (กรัม/วัน) ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	17
6	อัตราการเติบโตเฉพาะด้านความยาว (%/วัน) ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	20
7	อัตราการเติบโตเฉพาะด้านน้ำหนัก (%/วัน) ของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	21
8	อัตราการรอดตาย (%) ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	22
9	คุณภาพน้ำบางประการระหว่างการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่มีระดับอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	22
10	ร้อยละการกระจายของขนาดความยาวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองในระดับอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	24
11	ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลองในระดับอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	26
12	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของขนาดปลาและการเติบโตของลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยจำนวนปลาต่อบ่อที่เท่ากัน แต่ต่างระดับความลึกน้ำ	27

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่มีอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ	29
14	ต้นทุนการผลิตของการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่มีอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ	35
15	ต้นทุนการผลิตของการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่มีอัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ	38
16	ต้นทุนและผลตอบแทนต่อการลงทุนของการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่มีอัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ	38
17	ต้นทุนการผลิตของการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่มีอัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ	39
18	ต้นทุนและผลตอบแทนต่อการลงทุนของการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่มีอัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ	39
19	ต้นทุนการผลิตของการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่มีอัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ	40
20	ต้นทุนและผลตอบแทนต่อการลงทุนของการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่มีอัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ	40
21	การเปรียบเทียบต้นทุน รายได้ กำไรสุทธิ และผลตอบแทนของการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่มีอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ	41
22	การเปรียบเทียบผลการศึกษาจากการทดลองอนุบาลลูกปลาชนิดต่างๆ ในระบบการอนุบาลที่ต่างกันของการทดลองที่ผ่านมา	47

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ผลวิเคราะห์สถิติตามวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายทางของการทดลองแฟกตอเรียล กรณีแบบหุนตัวกำหนด ของปัจจัยอัตราปล่อยและระดับความลึกน้ำที่ต่างกัน	52
2	การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบหลายชั้นระหว่างอัตราการเติบโตด้านความยาวของปลากับปัจจัยอัตราปล่อยและความลึกน้ำ	54
3	ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นตรงเชิงซ้อนระหว่างความยาวปลากับปัจจัยอัตราปล่อย ความลึกน้ำ และระยะเวลาการอนุบาล	54
4	ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นตรงเชิงซ้อนระหว่างความยาวปลากับปัจจัยอัตราปล่อยโดยพื้นที่ อัตราปล่อยโดยปริมาตรน้ำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภาชนะเลี้ยง และความลึกน้ำ	54

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ผังการทดลองอนุบาลลูกปลาร่อนด้วยอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ (T1, T2, T3) และความลึกน้ำต่างกัน 5 ระดับ (D1, D2, D3, D4, D5) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ (R1, R2, R3) ดำเนินการทดลองที่โรงเพาะฟักของสถานีประมงน้ำจืดจังหวัดสิงห์บุรี ระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม 2549	7
2	ลักษณะบ่อคอนกรีตกลมที่ใช้อนุบาลลูกปลาร่อนระหว่างการทดลอง ที่สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดสิงห์บุรี	8
3	ความยาวเฉลี่ยของลูกปลาร่อนที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ (T1, T2, T3) และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ (D1, D2, D3, D4, D5) ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	12
4	น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลาร่อนที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ (T1, T2, T3) และความลึกน้ำต่างกัน 5 ระดับ (D1, D2, D3, D4, D5) ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	12
5	ขนาดความยาวเฉลี่ยของลูกปลาร่อนรายสัปดาห์ที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ (T1, T2, T3) และความลึกน้ำต่างกัน 5 ระดับ (D1, D2, D3, D4, D5) ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	13

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
6	ความยาวเฉลี่ยของลูกปลาช่อนที่ทดลองอนุบาลด้วยจำนวนปลาที่เท่ากันแต่มีระดับความลึกน้ำต่างกัน ใน 4 ชุดการทดลอง ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	14
7	น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลาช่อนที่ทดลองอนุบาลด้วยจำนวนปลาที่เท่ากันแต่มีระดับความลึกน้ำต่างกัน ใน 4 ชุดการทดลอง ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	14
8	อัตราการเติบโตด้านความยาวรายสัปดาห์ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ (T1, T2, T3) และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ (D1, D2, D3, D4, D5) ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	18
9	การเติบโตเฉลี่ยต่อวันของลูกปลาช่อนที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	18
10	อัตราการเติบโตด้านความยาวของลูกปลาช่อนที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	19
11	อัตราการเติบโตด้านน้ำหนักของลูกปลาช่อนที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	19
12	การกระจายของอันตรภาคชั้นความยาวของลูกปลาช่อนที่อนุบาลในอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ (T1, T2, T3) และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ (D1, D2, D3, D4, D5) ในระยะเวลาอนุบาล 5 สัปดาห์	25
13	ความสัมพันธ์ของอัตราการเติบโตด้านความยาวของแต่ละระดับความลึกน้ำต่อปัจจัยอัตราปล่อยที่ต่างกัน ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	33
14	ความสัมพันธ์ของอัตราการเติบโตด้านความยาวของแต่ละอัตราปล่อยต่อปัจจัยความลึกน้ำที่อนุบาลที่ต่างกัน ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์	33

ผลของอัตราปล่อยและความลึกน้ำที่ต่างกันต่อการอนุบาลลูกปลาช่อน

ให้ได้ขนาด 5-7 เซนติเมตร

ณพัชร ธงวงงาม* และ บุญส่ง ศรีเจริญธรรม^๑

^๑ ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดลพบุรี

^๒ สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของอัตราปล่อยและความลึกน้ำที่ต่างกันต่อการอนุบาลลูกปลาช่อนให้ได้ขนาด 5-7 เซนติเมตร ได้วางแผนการทดลองแบบ 3x5 แฟกตอเรียล ประกอบด้วยปัจจัยอัตราปล่อย 3 ระดับ คือ 3, 6 และ 9 ตัวต่อลิตร และปัจจัยความลึกน้ำที่อนุบาล 5 ระดับ คือ 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร โดยอนุบาลลูกปลาช่อนรุ่นเดียวกันในบ่อคอนกรีตกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 เซนติเมตร ในระบบน้ำไหลผ่าน ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ปลาทดลองมีความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 28.0 ± 0.2 มิลลิเมตร น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.19 ± 0.01 กรัม ให้อาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ แบบให้กินจนอิ่มวันละ 3 ครั้ง ข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์สถิติด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนและการถดถอย ดำเนินการทดลองที่สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดลพบุรี ระหว่างเดือนกันยายนถึงธันวาคม 2549

ผลการทดลองพบว่า ปัจจัยอัตราปล่อยและปัจจัยระดับความลึกน้ำในการอนุบาลลูกปลาช่อนไม่มีอิทธิพลร่วมกัน ($p > 0.05$) แต่ทั้งสองปัจจัยมีอิทธิพลต่อขนาดปลาโดยความยาวและน้ำหนักเฉลี่ย การเติบโตด้านความยาวและน้ำหนัก และอัตราการเติบโตจำเพาะอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ ($p < 0.01$) แต่ไม่มีอิทธิพลต่ออัตราการรอดตายและสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความยาวปลา ($p > 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 5 สัปดาห์ ลูกปลาช่อนมีความยาวเฉลี่ย 71.3-75.5, 65.8-71.0, 61.4-67.9 มิลลิเมตร มีอัตราการเติบโตด้านความยาวเฉลี่ยต่อวัน 1.24-1.36, 1.08-1.23, 0.95-1.14 มิลลิเมตรต่อวัน จากการอนุบาล 5 ระดับความลึกน้ำ ที่อัตราปล่อย 3, 6 และ 9 ตัวต่อลิตร ตามลำดับ โดยมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยทุกชุดการทดลองเท่ากับร้อยละ 83.04 ± 0.78 และลูกปลาที่อนุบาลในอัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร ที่ความลึกน้ำ 10 เซนติเมตร มีอัตราการเติบโตดีที่สุดที่สุด 1.36 มิลลิเมตรต่อวัน การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบหลายชั้นของข้อมูลความยาวเฉลี่ยพบมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) ดังสมการ Y (ความยาวปลา; มม.) = $35.0545 - 0.701778X_1$ (อัตราปล่อย; ตัวต่อลิตร) - $0.0622833X_2$ (ความลึกน้ำ; ซม.) + $1.18034X_3$ (ระยะเวลาอนุบาล; วัน) $R^2 = 0.9761$ โดยอิทธิพลของปัจจัยอัตราปล่อยและความลึกน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความยาวในทิศทางปฏิภาคผกผัน

จากการศึกษาดัชนีทุนและผลตอบแทนของการอนุบาลลูกปลาช่อนที่อัตราปล่อย 3, 6 และ 9 ตัวต่อลิตร ที่ระดับความลึกน้ำ 5 ระดับ พบต้นทุนการผลิตต่อหน่วยของอัตราปล่อยมีความแตกต่างกัน แต่ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยระหว่างความลึกน้ำที่ระดับ 20-50 เซนติเมตร มีค่าใกล้เคียงกันมากในทุกะดับอัตราปล่อย โดยมีกำไรสุทธิสูงสุด 286.48 บาทต่อบ่อ และมีผลตอบแทนต่อการลงทุนสูงสุดร้อยละ 28.69 ดัชนีทุนและผลตอบแทนของชุดการทดลองที่เหมาะสมในการนำไปปฏิบัติมากที่สุดคือการอนุบาลลูกปลาช่อนที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร ที่ความลึกน้ำ 40-50 เซนติเมตร ซึ่งมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 0.47-0.48 บาทต่อตัว

คำสำคัญ: ปลาช่อน, การอนุบาล, อัตราปล่อย, ความลึกน้ำ, การเติบโต

* ผู้รับผิดชอบ : ศศ หมู่ ๘ ตำบลบางนา อำเภอท่าเรือ จังหวัดลพบุรี ๑๕๑๕๐ โทร. ๐ ๓๖๕๗ ๓๑๘๖

Effects of Stocking Density and Water Depth on Nursing of Snakehead Fish *Channa striata* (Bloch, 1797) up to 5-7 cm Fingerling Size

Naphat Sanguanngam¹* and Boonsong Sricharoendham²

¹ Lopburi Inland Fisheries Research and Development Center

² Inland Fisheries Resource Research and Development Institute

ABSTRACT

This study was carried out in order to determine the effect of stocking densities and various water depths on growth performance, survival rate, and size distribution of nursing snakehead *Channa striata* (Bloch, 1797) fry. Three stocking densities (3, 6, 9 fry/L) and five water depths (10, 20, 30, 40 and 50 cm) were tested in the same batch of snakehead fry (28.0±0.2 mm and 0.19±0.01 g). The experimental design was factorial (3×5) using triplicates in the open flow-through system. Fish were nursed until their average size achieved to 6.0 cm long for 5 weeks in 45 circular cement tanks. Data were analyzed statistically by T-test, ANOVA and Regression analysis. The experiment was operated at Sing Buri Inland Fisheries Station during September to December, 2006.

The results showed that there was no significant interaction between two factors of stocking density and water depth ($p>0.05$) but there was highly significant different with the two main effects on growth performance of final length and weight, length growth rate, daily weight gain and specific growth rate ($p<0.01$) among their treatments. Survival rate and coefficient of variation of length were not significantly affected by two main effect of stocking density and water depth ($p>0.05$). An average survival rate of snakehead fry nursing was observed to be 83.04±0.78. At the end of the experiment, final length were found in the range of 71.3-75.5, 65.8-71.0, 61.4-67.9 mm and length growth rate were found about 1.24-1.36, 1.08-1.23, 0.95-1.14 mm/day of density of 3, 6 and 9 fry/L in 5 weeks nursing period, respectively. The highest growth rate of 1.36 mm/day was observed at the 3-fry/L of 10-cm depth tank. The multiple linear regression model was appropriate for their relationship among fingerling size to stocking density, water depth and experimental period as equation of $\text{Length} = 35.0545 - 0.701778\text{Density} - 0.0622833\text{Depth} + 1.18034\text{Day}$; $R^2 = 0.9761$ ($p<0.01$). The growth performances were inversely affected by stocking density and water depth.

The results indicated that the break even cost on nursing of 3, 6 and 9 fry/L in 5 water depth were showed high variation among 3 densities and similar together among 20-50 cm water depth nursing tanks of each density group. The highest net profit was 286.48 Baht/tank and the highest rate return to investment was 28.69%. In conclusion, the optimum stocking density and water depth of snakehead fry nursing was found at 9 fry/L of 40-50 cm depth whereas at 0.47-0.48 Baht per capita.

Key words: Snakehead, *Channa striata*, nursing, stocking density, water depth, growth rate

*Corresponding author: 99 Moo 9 Banggna Subdistrict, Thawung District, Lopburi Province, 15150 Tel 0 3657 3186

คำนำ

ปลาช่อน *Channa striata* (Bloch, 1797) เป็นปลาน้ำจืดพื้นเมืองที่พบได้ทั่วไปและเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นที่นิยมของผู้บริโภค เนื้อมีรสชาติดี สามารถบริโภคได้ทั้งสดและแปรรูป แต่เดิมปลาช่อนที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไปเป็นปลาที่จับจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ต่อมาเมื่อมีความต้องการเพิ่มมากขึ้นทำให้มีราคาสูง จึงเริ่มมีการเลี้ยงปลาช่อนในบ่อดินเกิดขึ้นโดยการรวบรวมลูกพันธุ์จากแหล่งน้ำธรรมชาติแล้วนำไปเลี้ยงต่ออีก 8-12 เดือน การเลี้ยงดังกล่าวยังมีปัญหาอัตราการรอดตายต่ำและขนาดปลาไม่สม่ำเสมอ จึงได้เริ่มพัฒนาโดยการรวบรวมลูกพันธุ์มาอนุบาลในบ่อดินให้ได้ขนาด 10-15 เซนติเมตร โดยใช้อาหารปลาเป็ดสดผสมรำในสัดส่วน 4:1 (วิทย์, 2511) และสัดส่วน 20:1 (จุฬารัตน์, 2522) หรือปลาเป็ดผสมหัวอาหาร (ยุพินท์, 2541) เมื่ออนุบาลลูกปลาจนได้ขนาดที่ต้องการแล้วจึงนำไปเลี้ยงต่อ ส่งผลให้มีอัตราการตายที่สูงขึ้น มีระยะเวลาเลี้ยงจนได้ขนาดตลาดประมาณ 5-6 เดือน โดยขนาดปลาไม่แตกต่างกันมากนัก

จากความสำเร็จในการเพาะพันธุ์และการอนุบาลลูกปลาช่อนด้วยอาหารสำเร็จรูปที่ผ่านมา ทำให้การเลี้ยงปลาช่อนมีความสะดวกมากยิ่งขึ้นและสามารถส่งเสริมให้เลี้ยงได้แพร่หลายทั่วไป การพัฒนาเริ่มต้นจากสถานีประมงน้ำจืดจังหวัดสิงห์บุรีประสบความสำเร็จในการเพาะพันธุ์และอนุบาลลูกปลาช่อนจนได้ปริมาณมากในเชิงพาณิชย์ (ทวี และ จินตนา 2538; จินตนา และคณะ, 2542; สมพงษ์และ วินัย, 2546) และต่อมาวินัย และจำเรียง (2545) รายงานว่าขนาดลูกปลาที่เหมาะสมในการเปลี่ยนอาหารจากอาหารมีชีวิต (ไรแดง) เป็นอาหารสำเร็จรูปควรมียายุประมาณ 20 วัน ลูกปลาจะมีการเติบโตและอัตราการรอดตายสูง ทวี (2537) ศึกษาการอนุบาลลูกปลาช่อนขนาดเล็กด้วยอาหารที่ต่างกัน 3 ชนิด คือ ปลาเป็ด อาหารผสมโปรตีน 50 เปอร์เซ็นต์ และอาหารเม็ดลอยน้ำ โดยให้อาหารในปริมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักตัว รวมระยะเวลา 14 วัน ในบ่อคอนกรีตกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร ความลึกน้ำ 60 เซนติเมตร พบว่าการอนุบาลลูกปลาช่อนขนาดเล็กด้วยปลาเป็ดมีอัตราการรอดตายสูงสุทธ้อยู่ที่ 36.7 ทวี และ จินตนา (2539) ศึกษาอัตราการปล่อยที่เหมาะสมของการอนุบาลปลาช่อนระยะแรกพักในถังไฟเบอร์กลาสกลม ความจุ 200 ลิตร ความลึกน้ำ 60 เซนติเมตร ด้วยอัตราปล่อย 125, 250 และ 500 ตัวต่อน้ำ 150 ลิตร เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าอัตราปล่อยที่เหมาะสมของการอนุบาลลูกปลาช่อนควรปล่อยที่ 500 ตัวต่อน้ำ 150 ลิตร หรือ 3.33 ตัวต่อลิตร ต่อมา วินัย และ จำเรียง (2545) ทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนขนาด 2.50 เซนติเมตร ด้วยอัตราความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 200, 400 และ 600 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ในถังไฟเบอร์กลาสกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร ในระบบน้ำหมุนเวียน ความลึกน้ำ 60 เซนติเมตร พบลูกปลามีอัตราการตายค่อนข้างต่ำระหว่างร้อยละ 42.5-44.0 และมีความยาวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 20 สัปดาห์ ระหว่าง 15.97-16.97 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของอัตราการตายและการเติบโต จินตนา และ สุภาพร (2547) ศึกษาการเลี้ยงปลาช่อนด้วยอัตราความหนาแน่นที่ต่างกัน 4 ระดับ คือ 1, 2, 4 และ 8 ตัวต่อลิตร ในบ่อคอนกรีตกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 เซนติเมตร ความลึกน้ำประมาณ 15 เซนติเมตร ในระบบน้ำไหลผ่าน อัตราการไหล 15 ลิตรต่อชั่วโมง พบว่าระดับความหนาแน่นของการเลี้ยงที่ 8 ตัวต่อลิตร มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด 2.40-3.43 บาทต่อตัว นอกจากนี้ยังมีการศึกษาโดยใช้ระดับความลึกน้ำที่ต่างกันของ จินตนา และ ทวี (2544) ที่ศึกษาความต้องการโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับ

ลูกปลาช่อนโดยดำเนินการในตู้กระจกขนาด 36x60x35 เซนติเมตร ที่ความลึกน้ำประมาณ 23 เซนติเมตร พบว่าลูกปลาที่มีอัตราการรอดตายไม่ต่างกันระหว่างร้อยละ 46.24-57.97 วินัย และ จำเรียง (2545) ศึกษาความถี่ในการให้อาหารที่เหมาะสมของการอนุบาลลูกปลาช่อนในตู้กระจกขนาด 45x90x45 เซนติเมตร โดยใช้ความลึกน้ำประมาณ 33 เซนติเมตร พบว่าลูกปลามีค่าการเติบโตไม่แตกต่างกัน

จากรูปแบบการทดลองและการศึกษาที่ผ่านมาของการอนุบาลปลาช่อนหรือพันธุ์ปลาชนิดต่างๆ จะเห็นว่าประเด็นการศึกษาส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นเกี่ยวกับการประเมินผลความหนาแน่นของอัตราปล่อยที่เหมาะสมตามรูปแบบภาชนะที่ใช้ทดลอง เช่น บ่อดิน กระชัง บ่อซีเมนต์ ถังไฟเบอร์กลาส บ่อคอนกรีตกลม หรือตู้กระจก ซึ่งอาจจะยังไม่ได้คำนึงถึงอิทธิพลของปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยในสภาพแวดล้อมจริงของการปฏิบัติ นั้น ปริมาณพันธุ์ปลาที่เหมาะสม นอกจากจะเป็นผลมาจากปัจจัยความหนาแน่นของอัตราปล่อยที่ต่างกันแล้ว ยังมีอิทธิพลของปัจจัยอื่นๆ เช่น ขนาดภาชนะที่ใช้อนุบาล ระดับความลึกน้ำที่อนุบาล การจัดการระบบน้ำ คุณภาพน้ำ และพฤติกรรมของสัตว์น้ำแต่ละชนิดที่ดำเนินการอนุบาล สำหรับปัจจัยขนาดภาชนะและระดับความลึกน้ำที่ใช้อนุบาลนั้น นอกจากจะส่งผลถึงความหนาแน่นหรือความต้องการจำนวนพันธุ์ปลาในแต่ละระดับขนาดภาชนะและความลึกน้ำที่ต่างกันแล้ว ยังส่งผลถึงการพิจารณาสรุปประเด็นโดยรวมที่เป็นผลของการศึกษาและข้อเสนอแนะเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติต่อไปว่าจะมีความถูกต้อง แม่นยำ และครอบคลุมในปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องหรือไม่ เพียงใด หรือว่ายังขาดรายละเอียดของข้อจำกัดและข้อสังเกต ทำให้นำไปสู่ความผิดพลาดคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นได้เมื่อมีการนำผลการทดลองไปปฏิบัติต่อไป

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้พิจารณาเห็นถึงความสำคัญของการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบขนาดภาชนะที่ใช้อนุบาลและระดับความลึกน้ำในการอนุบาลร่วมกับอัตราการปล่อยที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกปลาช่อนให้ได้ขนาดตามความต้องการ โดยได้ดำเนินการศึกษาในสองการทดลอง การทดลองแรกเป็นการศึกษาอิทธิพลของอัตราปล่อยและขนาดภาชนะที่ต่างกัน ส่วนการทดลองที่สองซึ่งดำเนินการครั้งนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของอัตราปล่อยและระดับความลึกน้ำที่ต่างกัน ซึ่งทั้งสองการทดลองจะเป็นงานวิจัยที่สามารถสนับสนุนให้เกิดความกระฉับกระชวยในประเด็นอิทธิพลของขนาดภาชนะ ระดับความลึกน้ำ และอัตราปล่อยที่เหมาะสม สำหรับการอนุบาลลูกปลาช่อนหรือแม้แต่พันธุ์ปลาชนิดอื่นให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยอัตราปล่อยที่ต่างกัน 3 ระดับ และปัจจัยความลึกน้ำที่ใช้อนุบาลที่ต่างกัน 5 ระดับ ในการอนุบาลลูกปลาช่อนขนาด 2-3 เซนติเมตร ให้ได้ขนาด 5-7 เซนติเมตร
2. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์และแบบจำลองการทำนายและประเมินแนวทางการอนุบาลลูกปลาช่อนที่มีระดับอัตราปล่อยและระดับความลึกน้ำที่ต่างกันเพื่อให้ได้ลูกปลาช่อนขนาด 5-7 เซนติเมตร
3. เพื่อศึกษาดัชนีทุนและผลตอบแทนของการอนุบาลลูกปลาช่อนในระบบน้ำไหลผ่านที่มีอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และระดับความลึกน้ำที่ใช้อนุบาลต่างกัน 5 ระดับ

วิธีดำเนินการ

1. การวางแผนการทดลอง

1.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 3x5 แฟกตอเรียล ประกอบด้วยปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปัจจัยระดับอัตราปล่อย และ 2) ปัจจัยระดับความลึกน้ำที่ใช้อนุบาล โดยทุกชุดการทดลอง (treatment) ในแต่ละระดับปัจจัยที่ศึกษามีจำนวน 3 ซ้ำ รายละเอียดชุดการทดลองในแต่ละปัจจัยที่ศึกษามีดังนี้ (ภาพที่ 1)

ปัจจัยที่ 1 ระดับอัตราปล่อย ประกอบด้วย 3 ชุดการทดลอง

- ชุดการทดลองที่ 1 (T1) อัตราปล่อยปลาอนุบาลที่ 3 ตัวต่อลิตร
- ชุดการทดลองที่ 2 (T2) อัตราปล่อยปลาอนุบาลที่ 6 ตัวต่อลิตร
- ชุดการทดลองที่ 3 (T3) อัตราปล่อยปลาอนุบาลที่ 9 ตัวต่อลิตร

ปัจจัยที่ 2 ระดับความลึกน้ำที่ใช้อนุบาล ดำเนินการทดลองในบ่อกอนกรีตกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 เซนติเมตร ในระบบน้ำไหลผ่าน ประกอบด้วย 5 ชุดการทดลอง คือ

- ชุดการทดลองที่ 1 (D1) ความลึกน้ำอนุบาลที่ระดับ 10 เซนติเมตร (ปริมาณน้ำประมาณ 60 ลิตร)
- ชุดการทดลองที่ 2 (D2) ความลึกน้ำอนุบาลที่ระดับ 20 เซนติเมตร (ปริมาณน้ำประมาณ 120 ลิตร)
- ชุดการทดลองที่ 3 (D3) ความลึกน้ำอนุบาลที่ระดับ 30 เซนติเมตร (ปริมาณน้ำประมาณ 180 ลิตร)
- ชุดการทดลองที่ 4 (D4) ความลึกน้ำอนุบาลที่ระดับ 40 เซนติเมตร (ปริมาณน้ำประมาณ 240 ลิตร)
- ชุดการทดลองที่ 5 (D5) ความลึกน้ำอนุบาลที่ระดับ 50 เซนติเมตร (ปริมาณน้ำประมาณ 300 ลิตร)

1.2 สถานที่และระยะเวลาการทดลอง

ดำเนินการทดลองที่บริเวณโรงเพาะฟักของสถานีประมงน้ำจืดจังหวัดสิงห์บุรี ระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม 2549 (ภาพที่ 2)

2. วัสดุอุปกรณ์

2.1 การเตรียมภาชนะทดลอง

จัดเตรียมบ่อกอนกรีตกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 เซนติเมตร จำนวน 45 บ่อ โดยเติมน้ำให้ได้ระดับความลึก 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร ระดับความลึกละ 9 บ่อ ปริมาณน้ำที่มีในแต่ละบ่อประมาณ 60, 120, 180, 240 และ 300 ลิตร ตามลำดับ ติดตั้งระบบการให้อากาศและระบบน้ำไหลผ่านในแต่ละบ่อ

3. วิธีดำเนินการ

3.1 การเตรียมปลาทดลอง

ลูกปลาช่อนที่ทดลองเป็นปลาที่ได้จากการเพาะพันธุ์ในรุ่นเดียวกันในเดือนกันยายน 2549 โดยคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ปลาช่อนจำนวน 60 คู่ มาฉีดฮอร์โมนเพื่อกระตุ้นการวางไข่และปล่อยผสมพันธุ์กันเองแบบธรรมชาติ การฉีดฮอร์โมนกระตุ้นแม่พันธุ์ใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate อัตรา 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ domperidone 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนพ่อพันธุ์ใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate อัตรา 15 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ domperidone 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังฉีดฮอร์โมนแล้วปล่อยพ่อแม่พันธุ์ที่อัตราส่วน 1:1 ลงในถังพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร สูง 65 เซนติเมตร ความลึกน้ำ 45 เซนติเมตร พร้อมรังไข่เทียมจำนวน 1 รัง หลังจากแม่ปลาวางไข่จึงรวบรวมไข่ไปฟักในถังไฟเบอร์กลาสกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร ความลึกน้ำ 60 เซนติเมตร ให้อากาศผ่านหัวทรายเบาๆ 4 จุด เมื่อถุงไข่แดงยุบ เริ่มให้ไรแดงเป็นอาหาร โดยให้กินอย่างเพียงพอ และเมื่อลูกปลาอายุได้ 5 วัน ย้ายลงอนุบาลในบ่อดินขนาด 800 ตารางเมตร จำนวน 2 บ่อ ซึ่งเตรียมบ่อโดยสูบน้ำให้แห้ง โรยปูนขาว 60 กิโลกรัมต่อไร่ ตากบ่อประมาณ 5 วัน เติมน้ำเข้าบ่อผ่านฝากรองขนาด 20 ช่องตาต่อนิ้ว ให้ระดับน้ำประมาณ 40 เซนติเมตร เติมนุ้ปุ๋ยสูตร 16-20-0 จำนวน 5 กิโลกรัม ปุ๋ยสูตร 46-0-0 จำนวน 5 กิโลกรัม อามิ-อามิ จำนวน 50 ลิตร ปูนขาว 20 กิโลกรัม รำละเอียดห่มก 10 กิโลกรัม และคลอเรลลา 1,000 ลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 3 วัน ให้น้ำเป็นสีเขียวเข้มจึงเติมไรแดง 3 กิโลกรัม ทิ้งไว้อีก 3-4 วัน ไรแดงจะขยายพันธุ์เต็มที่จึงเพิ่มน้ำลงในบ่อให้มีระดับสูงขึ้นอีก 20-30 เซนติเมตร แล้วนำลูกปลาช่อนปล่อยลงบ่อในเวลาเช้าจำนวนประมาณ 150,000 ตัวต่อบ่อ ในระยะ 5 วันแรกไม่ให้อาหาร หลังจากนั้นให้ปลาปนผสมรำละเอียดสัดส่วน 1:1 วันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 และ 16.00 น. เมื่อลูกปลาอายุ 12 วัน ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปชนิดลอยน้ำโปรตีนไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ให้กินจนอิ่ม วันละ 3 ครั้ง อนุบาลลูกปลาในบ่อดินจนมีอายุประมาณ 20 วัน ลูกปลาจะมีความยาวประมาณ 2-3 เซนติเมตร จึงคัดเลือกลูกปลาช่อนที่มีขนาดใกล้เคียงกันมาทำการทดลองจำนวน 48,600 ตัว สุ่มช่วงขนาดลูกปลาเริ่มต้นการทดลองจำนวนซ้ำละ 50 ตัว แล้วปล่อยปลาทดลองตามความหนาแน่นที่กำหนด ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ มีจำนวนลูกปลารวมในแต่ละชุดการทดลอง ดังนี้ (ภาพที่ 1 และ 2)

อัตราปล่อย	ระดับความลึกน้ำ				
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร
3 ตัวต่อลิตร	180	360	540	720	900
6 ตัวต่อลิตร	360	720	1,080	1,440	1,800
9 ตัวต่อลิตร	540	1,080	1,620	2,160	2,700

3.2 การให้อาหาร

อาหารที่ใช้ทดลองเป็นอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำที่ระดับโปรตีนไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 3 ครั้ง เวลา 07.00, 13.00 และ 19.00 น. แบบให้อินจินอัม โดยสังเกตจากการกินอาหารของลูกปลา แล้วบันทึกปริมาณอาหารที่ให้ในแต่ละวัน จนลูกปลามีขนาด 5-7 เซนติเมตร

3.3 การสุ่มตัวอย่างปลา

ขณะที่ทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนได้สุ่มตัวอย่างเพื่อชั่งน้ำหนักและวัดความยาวระหว่างการทดลองสัปดาห์ละครั้ง โดยชั่งน้ำหนักที่ความละเอียด 0.01 กรัม และวัดความยาวที่ความละเอียด 1 มิลลิเมตร จำนวนซ้ำละ 5 ตัว เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ และใช้เกณฑ์ตัดสินใจสิ้นสุดการทดลองเมื่อลูกปลาช่อนทุกชุดการทดลองมีขนาดความยาวเฉลี่ย 6 เซนติเมตรขึ้นไป เมื่อสิ้นสุดการทดลองวัดความยาวปลาทดลองทั้งหมดหรือจำนวน 300 ตัว สำหรับชุดการทดลองที่มีจำนวนปลามากกว่า 300 ตัวขึ้นไป แล้วนับจำนวนปลาที่เหลือรอดทั้งหมดในแต่ละซ้ำ นำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

3.4 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่ออนุบาลสัปดาห์ละครั้ง โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่เวลา 09.00 น. ในวันแรกของสัปดาห์ พร้อมทั้งดูดตะกอนทุกวันก่อนการให้อาหาร สำหรับพารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่ทำการตรวจวิเคราะห์ได้ดำเนินการตามวิธีที่กล่าวอ้างในโมตรี และ จารูวรรณ (2528) ประกอบด้วยพารามิเตอร์น้ำ ดังนี้

อุณหภูมิ	โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท
ปริมาณออกซิเจนละลาย	วิเคราะห์โดยใช้ DO meter ของ Hanna HI 9142 หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร
ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ	วิเคราะห์โดยใช้ pH meter รุ่น WP 80
ความเป็นด่างของน้ำ	วิเคราะห์โดยวิธีไตเตรท หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร
ความกระด้างของน้ำ	วิเคราะห์โดยวิธีไตเตรท หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร
ปริมาณแอมโมเนีย	วิเคราะห์โดยเครื่องดูดกลืนแสง (spectrophotometer) Shimadzu รุ่น UV1200 หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่สุ่มตัวอย่างตลอดช่วงเวลากการทดลองอนุบาลมาคำนวณค่าขนาดปลาเฉลี่ย การเติบโตเฉลี่ย อัตราการเติบโตจำเพาะ อัตรารอดตาย และการกระจายของขนาดความยาวปลา (Emst, 2000; วิล, 2536) และนำไปวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

- 1) ความยาวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (final length, มิลลิเมตร)
- 2) อัตราการเติบโตด้านความยาว (length growth rate, LGR; มิลลิเมตร/วัน)

$$= \frac{\text{ความยาวปลาสิ้นสุดการทดลอง} - \text{ความยาวปลาเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาทดลอง}}$$

3) น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (daily weight gain, DWG; กรัม/วัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลาสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาทดลอง}}$$

4) อัตราการเติบโตจำเพาะด้านความยาว (specific growth rate, SGR; เปอร์เซ็นต์/วัน)

$$= \frac{(\ln \text{ ความยาวปลาสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ ความยาวปลาเริ่มต้น})}{\text{ระยะเวลาทดลอง}} \times 100$$

5) อัตราการเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนัก (specific growth rate, SGR; เปอร์เซ็นต์/วัน)

$$= \frac{(\ln \text{ น้ำหนักปลาสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักปลาเริ่มต้น})}{\text{ระยะเวลาทดลอง}} \times 100$$

6) อัตราการรอดตาย (survival rate; เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{จำนวนปลาสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้นการทดลอง}} \times 100$$

7) กราฟการกระจายของขนาดความยาวปลา (size distribution)

8) สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความยาวปลา (coefficient of variation; CV)

$$= \frac{\text{ค่าความแปรปรวนของความยาวปลา}}{\text{ค่าเฉลี่ยของความยาวปลา}} \times 100$$

9) เปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการอนุบาลลูกปลาช่อนที่ขนาดความยาวเฉลี่ย

6.0 เซนติเมตร โดยทำการเปรียบเทียบจากการคำนวณต้นทุนการผลิตที่ระยะเวลาการอนุบาลลูกปลาจนได้ขนาดที่กำหนดซึ่งมีจำนวนวันอนุบาลที่แตกต่างกัน ตามวิธีของสมศักดิ์ (2530) และ Kay (1986) ดังนี้

$$\text{ต้นทุนการผลิตลูกปลา (บาท/ตัว)} = \frac{\text{ต้นทุนทั้งหมด}}{\text{จำนวนลูกปลาทั้งหมด}}$$

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

$$\text{ต้นทุนผันแปร} = \text{พันธุ์ปลา} + \text{อาหาร} + \text{แรงงาน} + \text{ไฟฟ้า} + \text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน}$$

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

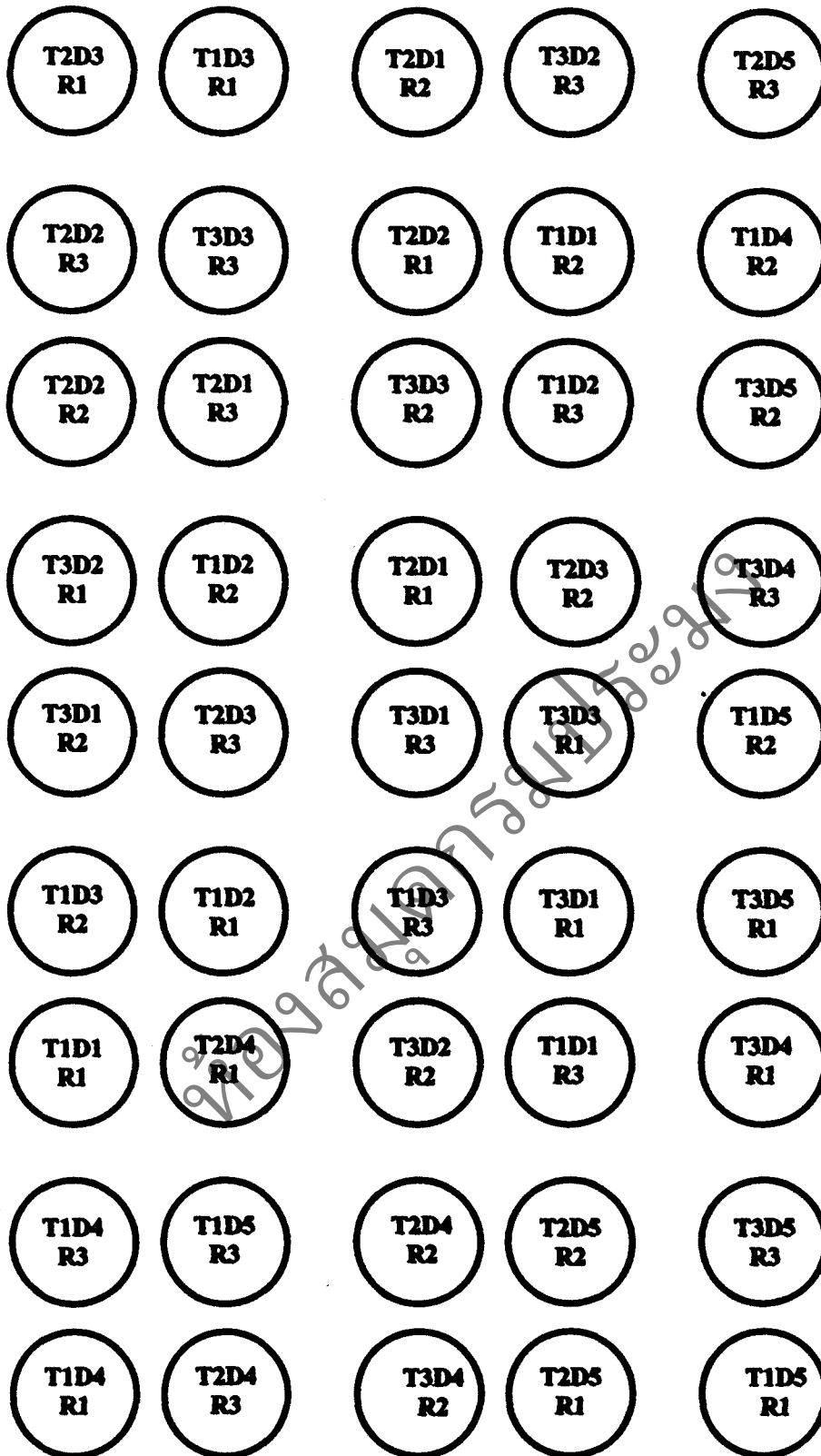
$$\text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน} = \text{ค่าที่คำนวณจากอัตราดอกเบี้ยของเงินฝากประจำ 12 เดือน}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = \text{กติกวิธีเส้นตรงโดยกำหนดมูลค่าซากเป็นศูนย์เมื่อหมดอายุใช้งาน}$$

$$\text{รายได้ทั้งหมด} = \text{จำนวนผลผลิต (ตัว)} \times \text{ราคาผลผลิตที่จำหน่ายได้ (บาท)}$$

$$\text{รายได้สุทธิ} = \text{รายได้ทั้งหมด} - \text{ต้นทุนผันแปร}$$

$$\text{กำไรสุทธิ} = \text{รายได้ทั้งหมด} - \text{ต้นทุนทั้งหมด}$$



ภาพที่ 1 ผังการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนประกอบด้วยปัจจัยอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ (T1, T2, T3) และปัจจัยความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ (D1, D2, D3, D4, D5) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ (R1, R2, R3) ดำเนินการทดลองที่โรงพยาบาลของสถานีประมงน้ำจืดจังหวัดสิงห์บุรี ระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม 2549

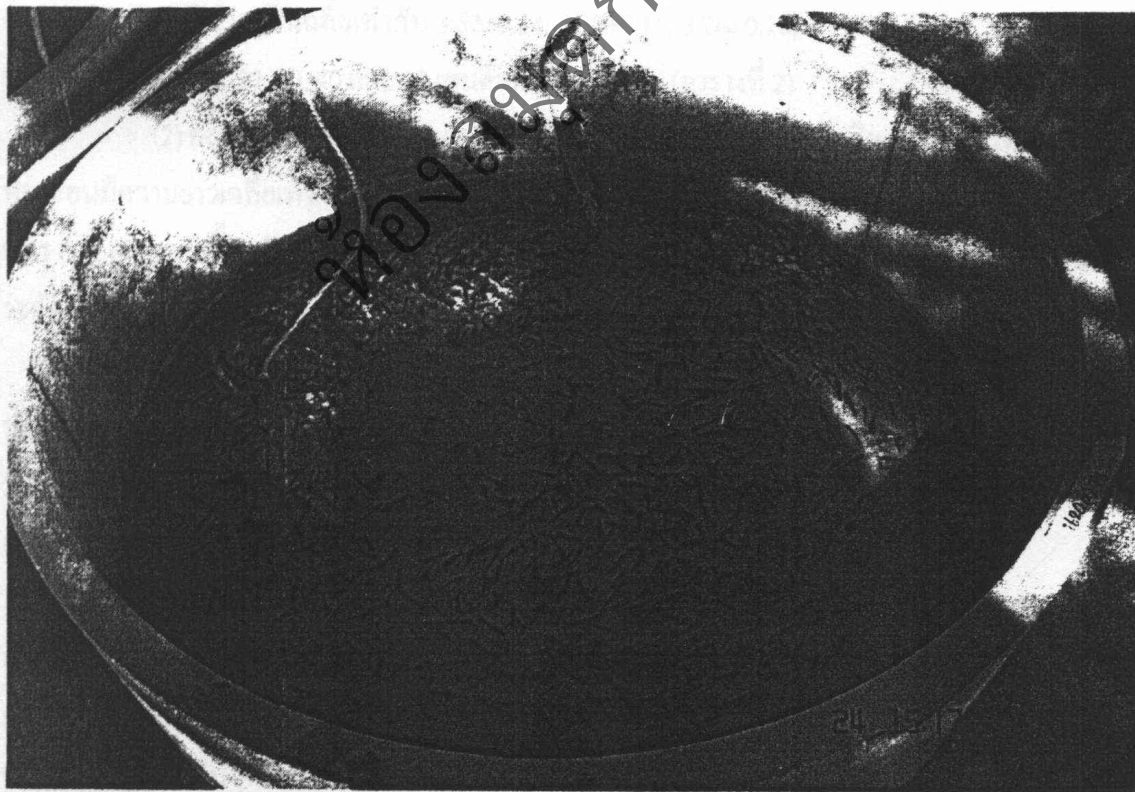
5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองในแต่ละปัจจัยและชุดการทดลองมาวิเคราะห์สถิติ ดังนี้

1) การวิเคราะห์ข้อมูลแบบปัจจัยเดียวด้วยวิธีวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบกลุ่ม (Group comparison T-test) ของอัตราปล่อยปลาอนุบาลที่มีจำนวนปลาเท่ากัน แต่มีความลึกน้ำต่างกัน รวม 4 ชุดการทดลอง (อนันต์ชัย, 2549)

2) การวิเคราะห์ข้อมูลแบบสองปัจจัยด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบแฟคตอเรียล เพื่อประเมินค่าอิทธิพลร่วมระหว่างสองปัจจัยที่ศึกษาด้วยกรณีตัวหุ่นแบบกำหนด (fixed model) แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดทดลองของแต่ละปัจจัยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (อนันต์ชัย, 2549) ของข้อมูลความยาวและน้ำหนักปลา และการเติบโตโดยความยาวและน้ำหนัก อัตรารอดตาย และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) ของความยาวปลา

3) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบง่ายและแบบหลายขั้น (อนันต์ชัย, 2549) เพื่อประเมินสมการความสัมพันธ์และระดับอิทธิพลของปัจจัย แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลง และสร้างแบบจำลองการทำนายและประเมินแนวทางที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมให้ได้ขนาด 5-7 เซนติเมตร



ภาพที่ 2 ลักษณะบ่อคอนกรีตกลมที่ใช้อนุบาลลูกปลาช่อนระหว่างการทดลอง ที่สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดสิงห์บุรี

ผลการศึกษา

1. อิทธิพลของปัจจัยอัตราปล่อยและความลึกน้ำ

1.1 อิทธิพลต่อขนาดปลา อัตราการเติบโต และอัตราการรอดตาย

1.1.1 ระยะเวลาทดลองและอิทธิพลต่อขนาดปลา

จากการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนที่อัตราปล่อย 3 ระดับ คือ 3, 6 และ 9 ตัวต่อลิตร และความลึกน้ำที่ใช้ออนุบาล 5 ระดับ คือ 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร ในบ่อคอนกรีตกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 เซนติเมตร พื้นที่บ่อ 0.6 ตารางเมตร ในระบบน้ำไหลผ่าน เมื่อเริ่มต้นทดลองลูกปลามีความยาวเฉลี่ย 28.02 ± 0.09 มิลลิเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.19 ± 0.01 กรัม และเมื่อสิ้นสุดการทดลองซึ่งกำหนดให้ลูกปลาทุกชุดการทดลองมีความยาวเฉลี่ย 6.0 เซนติเมตรขึ้นไป พบว่ามีช่วงเวลากการอนุบาลนาน 5 สัปดาห์ โดยลูกปลาที่อนุบาลในทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาวเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยดังรายละเอียดในตารางที่ 1, 2 และ 3 และภาพที่ 3 - 7 และผลการทดลองของแต่ละระดับอัตราปล่อยและความลึกน้ำที่ศึกษามี ดังนี้

(1) กลุ่มชุดการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนที่อัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลาช่อนมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 75.51 ± 1.04 , 74.58 ± 1.13 , 73.61 ± 0.77 , 72.47 ± 1.35 และ 71.32 ± 0.96 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1) และมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 3.52 ± 0.14 , 3.39 ± 0.15 , 3.26 ± 0.10 , 3.11 ± 0.17 และ 2.97 ± 0.12 กรัม ที่ระดับความลึกน้ำ 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

(2) กลุ่มชุดการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนที่อัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลาช่อนมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 70.99 ± 0.92 , 69.64 ± 1.28 , 68.04 ± 0.98 , 66.66 ± 1.93 และ 65.80 ± 0.73 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1) และมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 2.93 ± 0.11 , 2.77 ± 0.15 , 2.58 ± 0.11 , 2.43 ± 0.21 และ 2.34 ± 0.08 กรัม ที่ระดับความลึกน้ำ 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

(3) กลุ่มชุดการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลาช่อนมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 67.89 ± 0.57 , 66.26 ± 0.76 , 64.37 ± 0.94 , 62.61 ± 1.20 และ 61.43 ± 2.94 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1) และมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 2.57 ± 0.06 , 2.39 ± 0.08 , 2.19 ± 0.10 , 2.02 ± 0.11 และ 1.91 ± 0.27 กรัม ที่ระดับความลึกน้ำ 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ผลการทดลองโดยรวมพบว่า ขนาดความยาวเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลองของลูกปลาช่อนที่อนุบาลในชุดอัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร มีการเติบโตมากกว่าลูกปลาช่อนที่อนุบาลในชุดอัตราปล่อย 6 และ 9 ตัวต่อลิตร และลูกปลาช่อนที่อนุบาลในชุดอัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร ก็มีการเติบโตมากกว่าลูกปลาช่อนที่อนุบาลในชุดอัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร สำหรับลูกปลาช่อนที่อนุบาลในระดับความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับของแต่ละชุดอัตราปล่อย พบว่าที่ระดับความลึกน้ำในการอนุบาลที่น้อยกว่า ลูกปลาช่อนมีการเติบโตโดยขนาดความยาวเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยมากกว่าลูกปลาช่อนที่อนุบาลในระดับความลึกน้ำที่มากกว่า

เมื่อเปรียบเทียบขนาดความยาวและน้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลาช่อนที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่มีจำนวนลูกปลาอนุบาลต่อบ่อที่เท่ากัน แต่มีความลึกน้ำต่างกัน ซึ่งมี 4 ชุดการทดลอง คือ 360, 540, 720 และ 1,080 ตัวต่อบ่อ พบว่าลูกปลาช่อนที่อนุบาลในบ่อที่มีความลึกน้ำมากกว่า มีขนาดและการเติบโตมากกว่าลูกปลาช่อนที่อนุบาลในบ่อที่มีความลึกน้ำน้อยกว่าในทุกอัตราปล่อยที่ทดลอง (ตารางที่ 3 และภาพที่ 6 และ 7)

ตารางที่ 1 ความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร) ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

ระยะเวลา อนุบาล	ระดับความลึกน้ำ				
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร
อัตราปล่อย 3 ตัว/ลิตร					
เริ่มต้นทดลอง	28.03±0.01	27.95±0.13	28.04±0.17	27.99±0.06	28.04±0.09
สัปดาห์ที่ 1	39.09±0.66	39.03±0.34	38.89±0.57	38.64±0.35	38.23±0.27
สัปดาห์ที่ 2	48.89±0.41	48.59±0.92	48.19±1.02	47.48±0.85	46.85±0.56
สัปดาห์ที่ 3	59.72±1.35	58.82±2.04	57.84±1.30	56.54±2.31	55.66±1.11
สัปดาห์ที่ 4	67.60±0.53	67.01±0.61	66.18±0.96	64.95±1.49	63.77±0.82
สัปดาห์ที่ 5	75.51±1.04	74.58±1.13	73.61±0.77	72.47±1.35	71.32±0.96
อัตราปล่อย 6 ตัว/ลิตร					
เริ่มต้นทดลอง	27.99±0.01	28.03±0.04	28.03±0.13	28.03±0.09	28.04±0.05
สัปดาห์ที่ 1	38.57±0.48	38.52±1.04	38.40±0.46	38.09±0.28	37.72±0.60
สัปดาห์ที่ 2	47.69±0.53	47.29±0.33	47.20±0.58	46.68±0.46	46.01±0.42
สัปดาห์ที่ 3	56.26±1.46	56.12±0.88	55.19±0.81	53.44±0.52	53.17±0.85
สัปดาห์ที่ 4	63.90±0.50	63.38±0.85	62.11±0.48	60.87±1.09	60.00±1.22
สัปดาห์ที่ 5	70.99±0.92	69.64±1.28	68.04±0.98	66.66±1.93	65.80±0.73
อัตราปล่อย 9 ตัว/ลิตร					
เริ่มต้นทดลอง	28.03±0.01	27.95±0.13	28.04±0.17	27.99±0.06	28.04±0.09
สัปดาห์ที่ 1	37.76±0.19	37.64±0.33	37.41±0.15	37.34±0.14	37.00±0.15
สัปดาห์ที่ 2	46.16±0.85	46.13±1.15	45.71±1.21	45.82±0.87	45.16±1.17
สัปดาห์ที่ 3	53.29±1.42	52.56±0.60	52.55±1.23	51.66±1.05	50.32±1.00
สัปดาห์ที่ 4	60.22±1.59	59.57±0.54	59.14±0.72	58.52±0.65	56.60±1.01
สัปดาห์ที่ 5	67.89±0.57	66.26±0.76	64.37±0.94	62.61±1.20	61.43±2.94

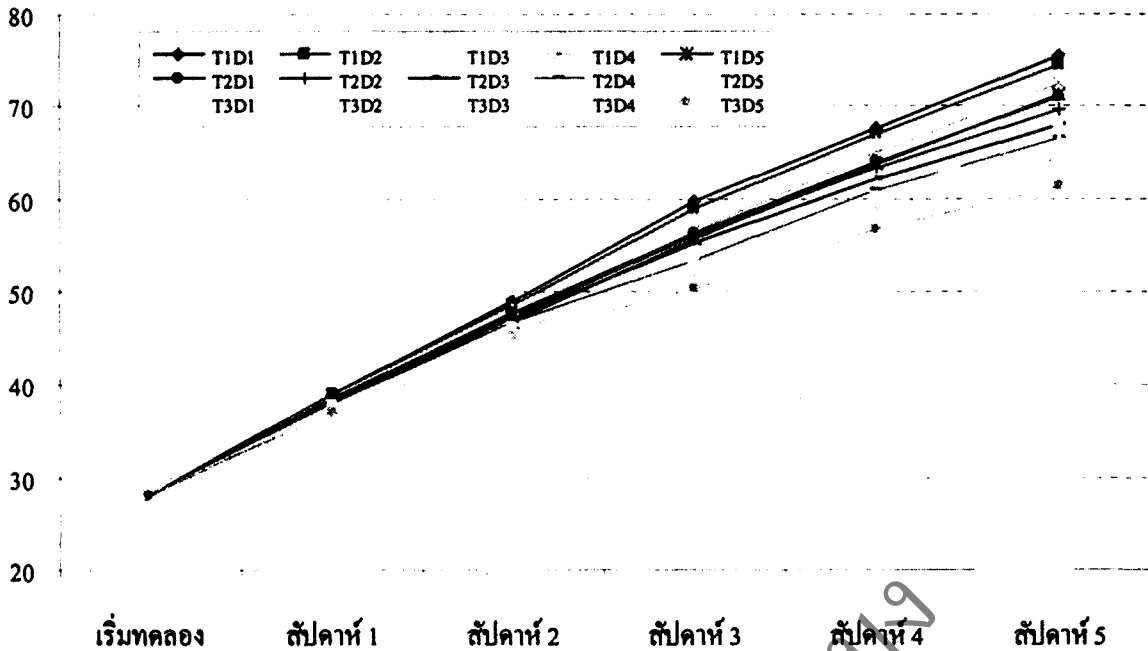
ตารางที่ 2 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

ระยะเวลา อนุบาล	ระดับความลึกน้ำ				
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร
อัตราปล่อย 3 ตัว/ลิตร					
เริ่มต้นทดลอง	0.19±0.00	0.19±0.00	0.19±0.00	0.19±0.01	0.19±0.00
สัปดาห์ที่ 1	0.50±0.03	0.50±0.01	0.49±0.02	0.48±0.01	0.47±0.01
สัปดาห์ที่ 2	0.97±0.02	0.95±0.05	0.93±0.06	0.89±0.05	0.85±0.03
สัปดาห์ที่ 3	1.75±0.12	1.68±0.17	1.60±0.11	1.50±0.18	1.42±0.08
สัปดาห์ที่ 4	2.53±0.06	2.47±0.07	2.38±0.10	2.25±0.15	2.13±0.08
สัปดาห์ที่ 5	3.52±0.14	3.39±0.15	3.26±0.10	3.11±0.17	2.97±0.12
อัตราปล่อย 6 ตัว/ลิตร					
เริ่มต้นทดลอง	0.19±0.01	0.19±0.00	0.19±0.01	0.19±0.00	0.19±0.00
สัปดาห์ที่ 1	0.48±0.02	0.48±0.04	0.47±0.02	0.46±0.01	0.45±0.02
สัปดาห์ที่ 2	0.90±0.03	0.88±0.02	0.87±0.03	0.84±0.02	0.81±0.02
สัปดาห์ที่ 3	1.47±0.11	1.46±0.07	1.39±0.06	1.26±0.04	1.24±0.06
สัปดาห์ที่ 4	2.14±0.05	2.09±0.08	1.97±0.05	1.86±0.10	1.78±0.11
สัปดาห์ที่ 5	2.93±0.11	2.77±0.15	2.58±0.11	2.43±0.21	2.34±0.08
อัตราปล่อย 9 ตัว/ลิตร					
เริ่มต้นทดลอง	0.19±0.00	0.19±0.00	0.19±0.01	0.19±0.00	0.19±0.00
สัปดาห์ที่ 1	0.45±0.01	0.45±0.01	0.44±0.01	0.44±0.00	0.42±0.01
สัปดาห์ที่ 2	0.82±0.04	0.82±0.06	0.79±0.06	0.80±0.04	0.77±0.06
สัปดาห์ที่ 3	1.25±0.10	1.20±0.04	1.20±0.08	1.14±0.07	1.06±0.06
สัปดาห์ที่ 4	1.80±0.14	1.74±0.05	1.70±0.06	1.65±0.05	1.50±0.08
สัปดาห์ที่ 5	2.57±0.06	2.39±0.08	2.19±0.10	2.02±0.11	1.91±0.27

ตารางที่ 3 ความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร) และน้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อยค่อบอนุบาลที่เท่ากัน แต่มีระดับความลึกน้ำที่ต่างกัน ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

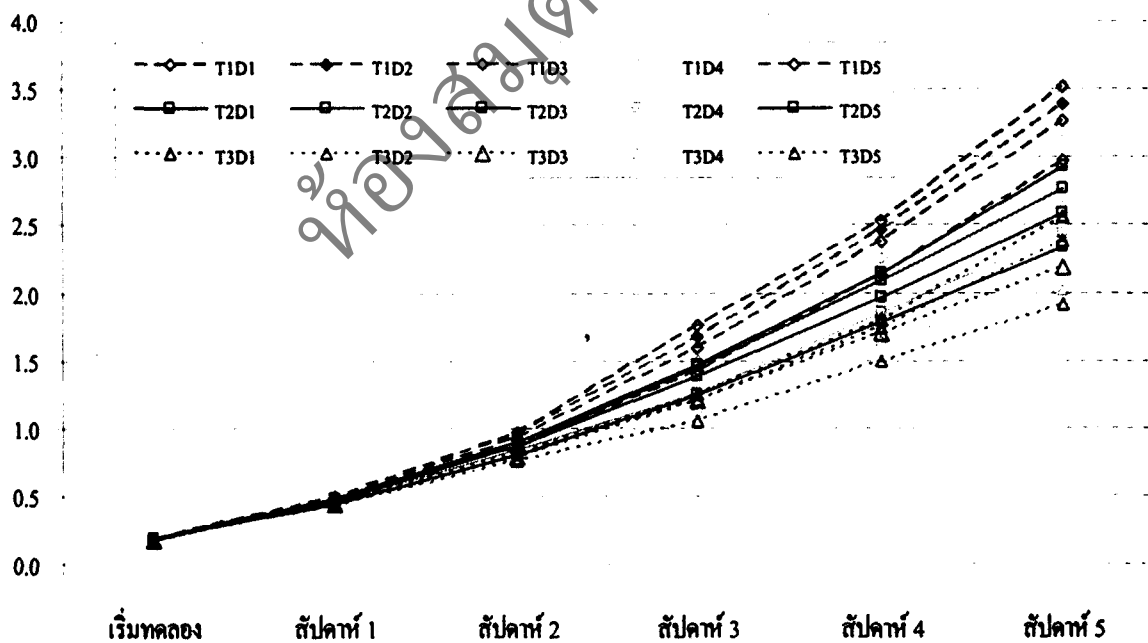
จำนวนปลาที่ ปล่อยอนุบาล	ระดับความลึกน้ำ				
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร
ความยาว (มิลลิเมตร)					
360 ตัว/บ่อ	70.99±0.92	74.58±1.13	-	-	-
540 ตัว/บ่อ	67.89±0.57	-	73.61±0.77	-	-
720 ตัว/บ่อ	-	69.64±1.28	-	72.47±1.35	-
1,080 ตัว/บ่อ	-	66.26±0.76	68.04±0.98	-	-
น้ำหนัก (กรัม)					
360 ตัว/บ่อ	2.93±0.11	3.39±0.15	-	-	-
540 ตัว/บ่อ	2.57±0.48	-	3.26±0.10	-	-
720 ตัว/บ่อ	-	2.77±0.15	-	3.11±0.17	-
1,080 ตัว/บ่อ	-	2.39±0.08	2.58±0.11	-	-

ความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร)



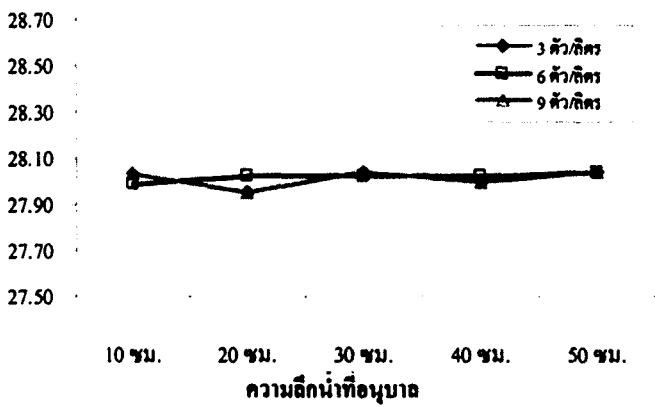
ภาพที่ 3 ความยาวเฉลี่ยของลูกปลาช่อนที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ (T1, T2, T3) และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ (D1, D2, D3, D4, D5) ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)

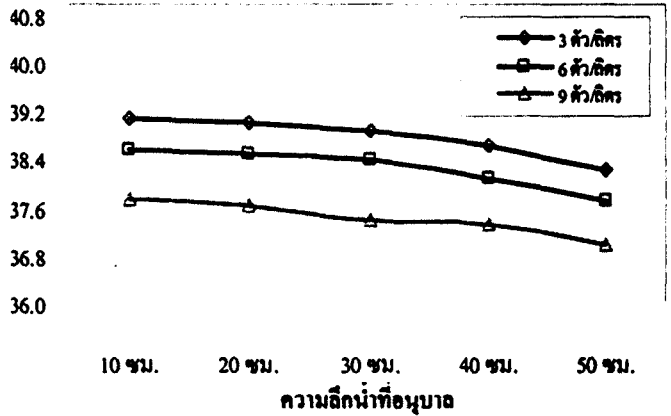


ภาพที่ 4 น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลาช่อนที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ (T1, T2, T3) และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ (D1, D2, D3, D4, D5) ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

ความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร)

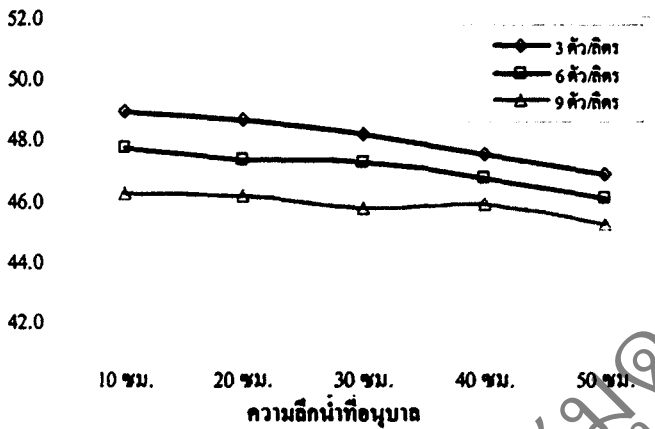


ความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร)



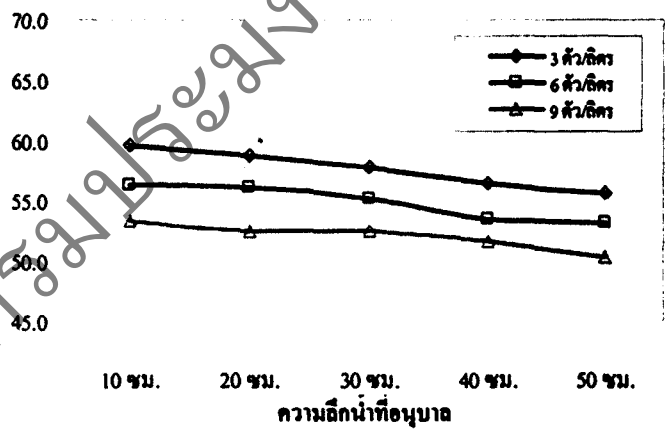
(ก) ความยาวปลาเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นทดลอง

ความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร)



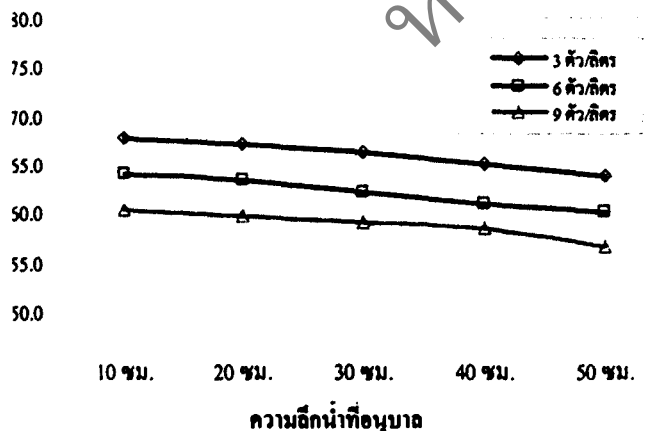
(ข) ความยาวปลาเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 1

ความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร)



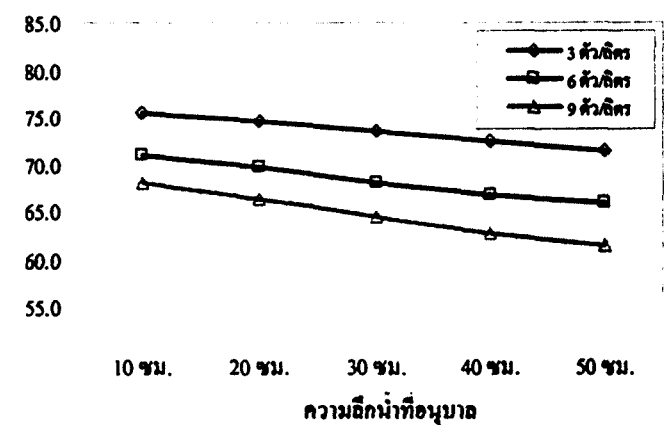
(ค) ความยาวปลาเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 2

ความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร)



(ง) ความยาวปลาเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 3

ความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร)

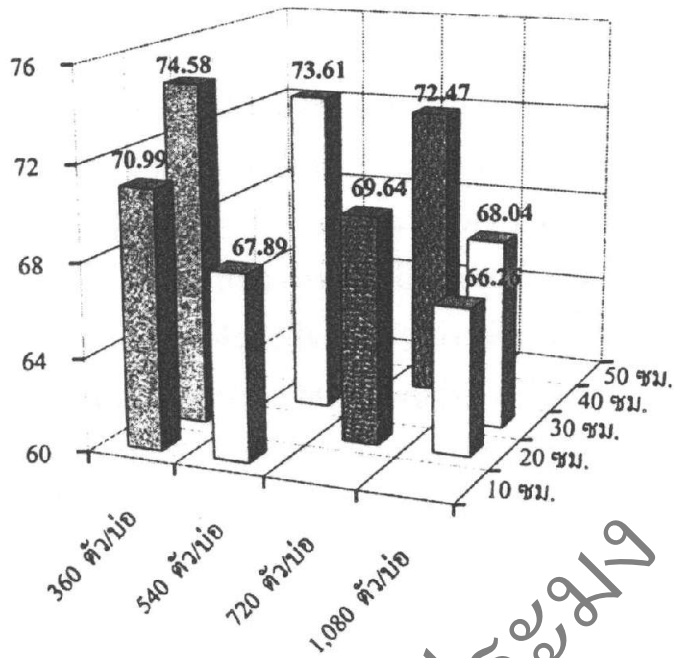


(จ) ความยาวปลาเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 4

(ฉ) ความยาวปลาเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 5

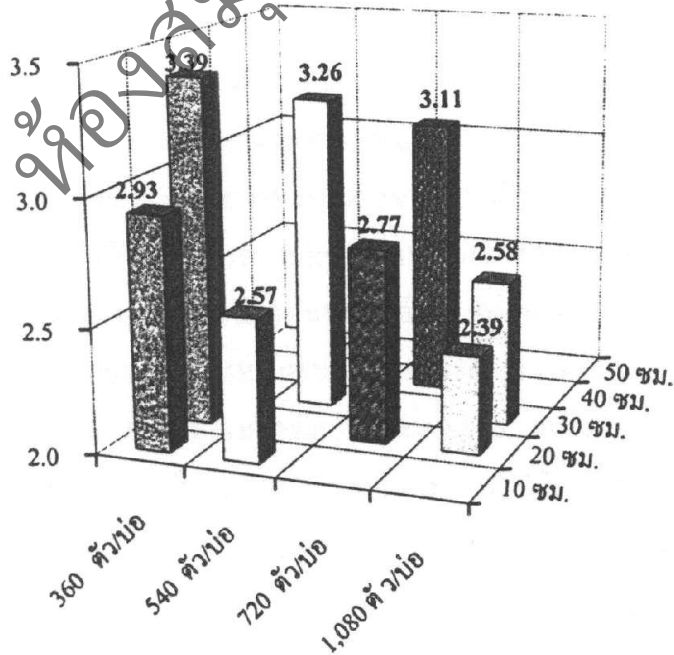
ภาพที่ 5 ขนาดความยาวเฉลี่ยของลูกปลาช่อนแต่ละสัปดาห์ที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ (T1, T2, T3) และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ (D1, D2, D3, D4, D5) ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

ความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร)



ภาพที่ 6 ความยาวเฉลี่ยของลูกปลาช่อนที่ทดลองอนุบาลด้วยจำนวนปลาที่เท่ากันแต่มีระดับความลึกน้ำที่ต่างกัน ใน 4 ชุดการทดลอง ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)



ภาพที่ 7 น้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลาช่อนที่ทดลองอนุบาลด้วยจำนวนปลาที่เท่ากันแต่มีระดับความลึกน้ำที่ต่างกัน ใน 4 ชุดการทดลอง ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

1.1.2 อิทธิพลต่ออัตราการเติบโต

จากการวิเคราะห์ข้อมูลอัตราการเติบโตด้านความยาวและน้ำหนักของลูกปลาทดลอง โดยค่าอัตราการเติบโตด้านความยาว (length growth rate) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อวัน และ ปริมาณน้ำหนักเพิ่มต่อวัน (daily weight gain) มีหน่วยเป็นกรัมต่อวัน ของลูกปลาที่อนุบาลในบ่อ คอนกรีตกลมที่อัตราปล่อย 3 ระดับ และความลึกน้ำ 5 ระดับ พบมีรายละเอียดการเติบโตดังใน ตารางที่ 4 และ 5 และภาพที่ 8, 9, 10 และ 11 จากลักษณะการเติบโตโดยการเปลี่ยนแปลงขนาด ความยาวและน้ำหนักปลาแต่ละสัปดาห์จะเห็นว่า การเติบโตด้านความยาวและปริมาณน้ำหนักเพิ่ม ต่อวันของลูกปลาที่อนุบาลที่อัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร มีอัตราการเติบโตมากกว่าลูกปลาที่อนุบาลที่ อัตราปล่อย 6 และ 9 ตัวต่อลิตร และลูกปลาที่อนุบาลที่อัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร ก็มีอัตราการเติบโต มากกว่าลูกปลาที่อนุบาลที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร โดยอัตราการเติบโตโดยน้ำหนักเพิ่มต่อวันมี ปริมาณน้อยหรือเติบโตช้าในช่วงแรก หลังจากนั้นมีการอัตราการเติบโตเพิ่มมากขึ้น ส่วนการ เติบโตด้านความยาวของลูกปลาที่อนุบาลพบมีอัตราการเติบโตมากในช่วงแรก หลังจากนั้นอัตรา การเติบโตเริ่มลดลง อัตราการเติบโตของลูกปลาช่อนที่อนุบาลในระดับความลึกน้ำที่ต่างกันของแต่ละ ชุดอัตราปล่อย พบมีพิสัยของการเติบโตด้านความยาวอยู่ระหว่าง 1.24-1.36, 1.08-1.23 และ 0.95-1.14 มิลลิเมตรต่อวัน ที่อัตราปล่อย 3, 6 และ 9 ตัวต่อลิตร ตามลำดับ และพิสัยของปริมาณ น้ำหนักเพิ่มต่อวันเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.079-0.095, 0.061-0.078 และ 0.049-0.068 กรัมต่อวัน ที่อัตรา ปล่อย 3, 6 และ 9 ตัวต่อลิตร ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบปริมาณความแตกต่างของอัตราการเติบโตระหว่าง 5 ระดับความ ลึกน้ำที่ใช้ทดลองอนุบาลในแต่ละชุดความหนาแน่นของอัตราปล่อยที่ต่างกัน (ภาพที่ 8 และ 9) พบว่า อัตราการเติบโตเฉลี่ยด้านความยาวและน้ำหนักของลูกปลาที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมทั้ง 3 กลุ่มอัตราปล่อย พบมีแนวโน้มความแตกต่างของการเติบโตทั้ง 5 ระดับความลึกน้ำ โดยลูกปลา ที่อนุบาลที่อัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร พบมีค่าความแตกต่างของการเติบโตด้านความยาวและน้ำหนัก ระหว่าง 5 ระดับความลึกน้ำน้อยที่สุด มีช่วงความแตกต่างของการเติบโตระหว่าง 0.12 มิลลิเมตร ต่อวัน และ 0.013 กรัมต่อวัน ในขณะที่ลูกปลาที่อนุบาลอัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร พบมีค่าความ แตกต่างของการเติบโตด้านความยาวและน้ำหนักระหว่าง 5 ระดับความลึกน้ำมากขึ้น โดยมีความ แตกต่างของการเติบโตเท่ากับ 0.15 มิลลิเมตรต่อวัน และ 0.015 กรัมต่อวัน สำหรับลูกปลาที่ อนุบาลที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร พบมีค่าความแตกต่างของการเติบโตด้านความยาวและน้ำหนัก ระหว่าง 5 ระดับความลึกน้ำมากที่สุด โดยมีความแตกต่างของการเติบโตเท่ากับ 0.19 มิลลิเมตรต่อวันและ 0.019 กรัมต่อวัน ตามลำดับ

ห้องสมุด
จันทบุรี. อ. จอห์นสัน

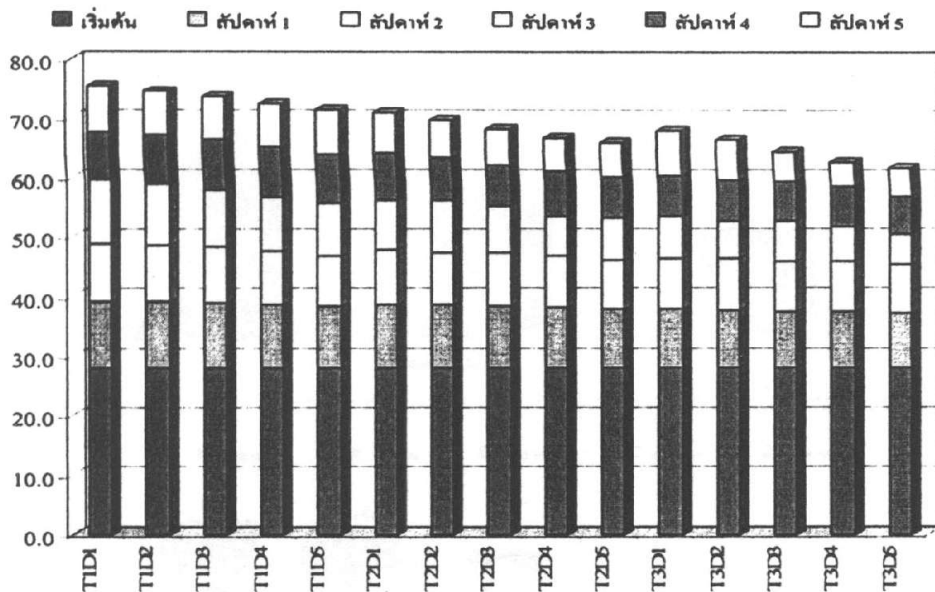
ตารางที่ 4 อัตราการเติบโตด้านความยาว (มิลลิเมตร/วัน) ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

ระยะเวลา อนุบาล	ระดับความลึกน้ำ				
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร
อัตราปล่อย 3 ตัว/ลิตร					
สัปดาห์ที่ 0 - 1	1.58±0.09	1.58±0.07	1.55±0.09	1.52±0.05	1.46±0.05
สัปดาห์ที่ 1 - 2	1.40±0.12	1.37±0.18	1.33±0.13	1.26±0.17	1.23±0.12
สัปดาห์ที่ 2 - 3	1.55±0.18	1.46±0.26	1.38±0.07	1.29±0.29	1.26±0.08
สัปดาห์ที่ 3 - 4	1.13±0.26	1.17±0.23	1.19±0.09	1.20±0.16	1.16±0.05
สัปดาห์ที่ 4 - 5	1.13±0.11	1.08±0.08	1.11±0.06	1.07±0.08	1.17±0.16
ค่าเฉลี่ย ± SD	1.36±0.03	1.33±0.03	1.30±0.02	1.27±0.04	1.24±0.03
อัตราปล่อย 6 ตัว/ลิตร					
สัปดาห์ที่ 0 - 1	1.51±0.07	1.50±0.15	1.48±0.06	1.44±0.05	1.38±0.09
สัปดาห์ที่ 1 - 2	1.30±0.11	1.25±0.18	1.26±0.09	1.23±0.04	1.18±0.03
สัปดาห์ที่ 2 - 3	1.22±0.14	1.26±0.08	1.14±0.10	0.97±0.01	1.02±0.13
สัปดาห์ที่ 3 - 4	1.09±0.15	1.04±0.10	0.99±0.13	1.06±0.09	0.97±0.06
สัปดาห์ที่ 4 - 5	0.91±0.16	0.80±0.14	0.84±0.10	0.83±0.12	0.83±0.08
ค่าเฉลี่ย ± SD	1.23±0.03	1.19±0.04	1.14±0.03	1.10±0.03	1.08±0.06
อัตราปล่อย 9 ตัว/ลิตร					
สัปดาห์ที่ 0 - 1	1.39±0.03	1.38±0.03	1.34±0.01	1.34±0.02	1.28±0.03
สัปดาห์ที่ 1 - 2	1.20±0.10	1.21±0.13	1.19±0.15	1.21±0.14	1.17±0.16
สัปดาห์ที่ 2 - 3	1.02±0.17	0.92±0.09	0.98±0.05	0.83±0.04	0.74±0.03
สัปดาห์ที่ 3 - 4	0.99±0.39	1.00±0.16	0.94±0.23	0.98±0.24	0.90±0.05
สัปดาห์ที่ 4 - 5	1.10±0.18	0.96±0.04	0.75±0.06	0.58±0.10	0.69±0.37
ค่าเฉลี่ย ± SD	1.14±0.02	1.09±0.02	1.04±0.03	0.99±0.03	0.95±0.08

ตารางที่ 5 อัตราการเติบโตด้านน้ำหนัก (กรัม/วัน) ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความถี่น้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

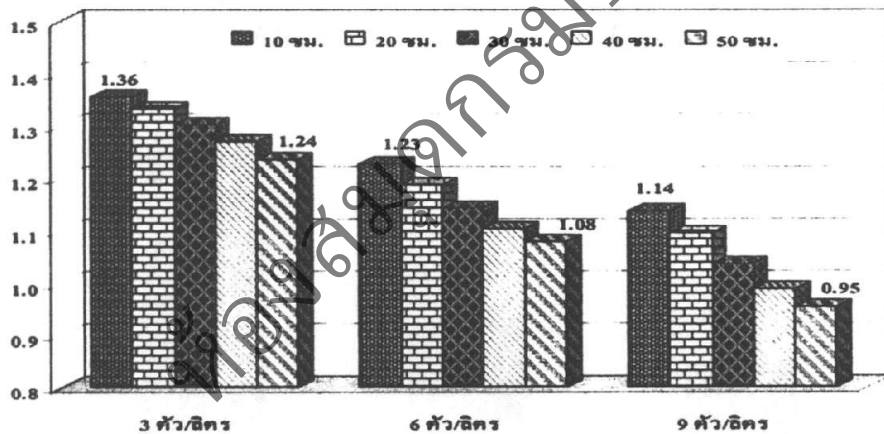
ระยะเวลา อนุบาล	ระดับความถี่น้ำ				
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร
อัตราปล่อย 3 ตัว/ลิตร					
สัปดาห์ที่ 0 - 1	0.04±0.01	0.04±0.00	0.04±0.00	0.04±0.00	0.04±0.00
สัปดาห์ที่ 1 - 2	0.07±0.01	0.07±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01
สัปดาห์ที่ 2 - 3	0.11±0.04	0.10±0.02	0.10±0.01	0.09±0.03	0.08±0.02
สัปดาห์ที่ 3 - 4	0.11±0.01	0.11±0.06	0.11±0.05	0.11±0.01	0.10±0.02
สัปดาห์ที่ 4 - 5	0.14±0.03	0.13±0.05	0.13±0.06	0.12±0.02	0.13±0.04
ค่าเฉลี่ย ± SD	0.095±0.00	0.092±0.01	0.088±0.01	0.084±0.01	0.079±0.01
อัตราปล่อย 6 ตัว/ลิตร					
สัปดาห์ที่ 0 - 1	0.04±0.00	0.04±0.01	0.04±0.00	0.04±0.00	0.04±0.00
สัปดาห์ที่ 1 - 2	0.06±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01	0.05±0.00	0.05±0.00
สัปดาห์ที่ 2 - 3	0.08±0.02	0.08±0.03	0.07±0.04	0.06±0.04	0.06±0.03
สัปดาห์ที่ 3 - 4	0.10±0.03	0.09±0.04	0.08±0.03	0.09±0.03	0.08±0.05
สัปดาห์ที่ 4 - 5	0.10±0.06	0.09±0.06	0.09±0.02	0.08±0.03	0.08±0.04
ค่าเฉลี่ย ± SD	0.078±0.01	0.074±0.00	0.068±0.01	0.064±0.01	0.061±0.01
อัตราปล่อย 9 ตัว/ลิตร					
สัปดาห์ที่ 0 - 1	0.04±0.00	0.04±0.00	0.04±0.00	0.04±0.00	0.04±0.00
สัปดาห์ที่ 1 - 2	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.02
สัปดาห์ที่ 2 - 3	0.06±0.01	0.05±0.02	0.06±0.01	0.05±0.03	0.04±0.03
สัปดาห์ที่ 3 - 4	0.08±0.03	0.08±0.03	0.07±0.04	0.07±0.04	0.06±0.03
สัปดาห์ที่ 4 - 5	0.11±0.06	0.09±0.06	0.07±0.04	0.05±0.01	0.06±0.03
ค่าเฉลี่ย ± SD	0.068±0.01	0.063±0.01	0.057±0.01	0.052±0.01	0.049±0.01

ความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร)

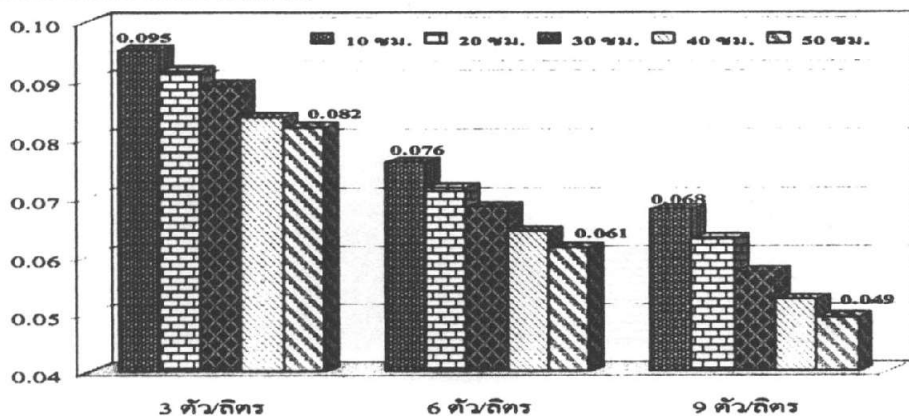


ภาพที่ 8 อัตราการเติบโตด้านความยาวแต่ละสัปดาห์ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ (T1, T2, T3) และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ (D1, D2, D3, D4, D5) ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

อัตราการเติบโตด้านความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร/วัน)

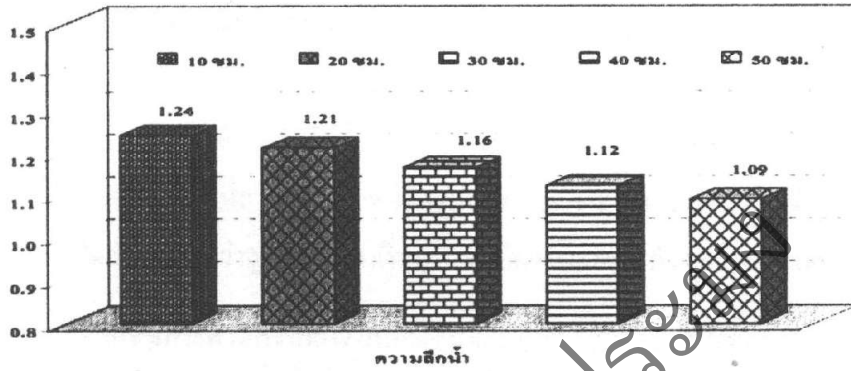
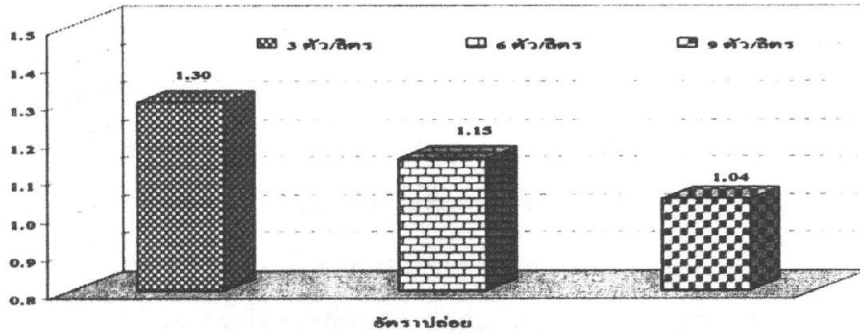


การเติบโตโดยน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย (กรัม/วัน)



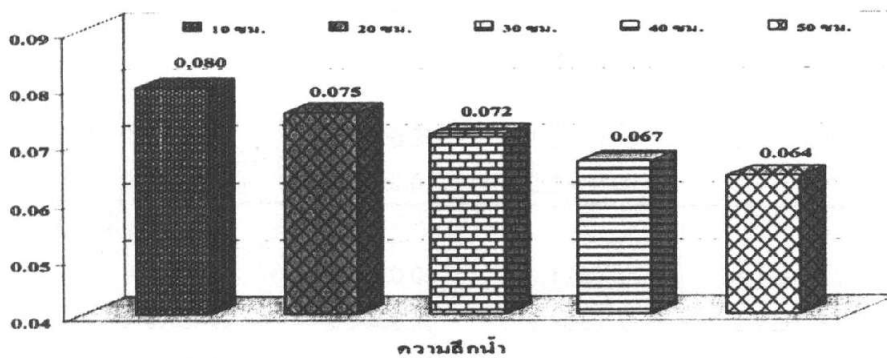
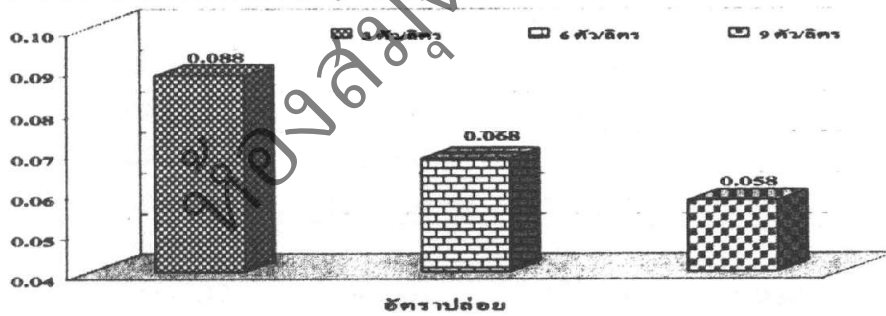
ภาพที่ 9 การเติบโตเฉลี่ยต่อวันของลูกปลาช่อนที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

อัตราการเติบโตด้านความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร/วัน)



ภาพที่ 10 อัตราการเติบโตด้านความยาวของลูกปลาช่อนที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

อัตราการเติบโตด้านน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย (กรัม/วัน)



ภาพที่ 11 อัตราการเติบโตด้านน้ำหนักของลูกปลาช่อนที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

1.1.3 อิทธิพลต่ออัตราการเติบโตจำเพาะ

จากการคำนวณค่าอัตราการเติบโตจำเพาะของลูกปลาช่อนที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลม 3 อัตราปล่อย และ 5 ระดับความลึกน้ำ พบมีรายละเอียดอัตราการเติบโตจำเพาะดังในตารางที่ 6 และ 7 จากข้อมูลอัตราการเติบโตจำเพาะจะเห็นว่า ปริมาณอัตราการเติบโตจำเพาะด้านความยาวและน้ำหนักของลูกปลาช่อนที่อนุบาลที่อัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร พบมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.67-2.83 และ 7.89-8.37 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน อัตราการเติบโตจำเพาะที่อัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.44-2.66 และ 7.19-7.86 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน และอัตราการเติบโตจำเพาะที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.24-2.53 และ 6.58-7.49 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน โดยค่าอัตราการเติบโตจำเพาะด้านความยาวและน้ำหนักแสดงความแตกต่างของการเติบโตของ 3 ระดับอัตราปล่อย ตลอดช่วงเวลาการอนุบาลได้ชัดเจนน้อยกว่าความแตกต่างโดยค่าการเติบโตของความยาว และค่าอัตราการเติบโตจำเพาะด้านความยาวและด้านน้ำหนักของลูกปลาที่อนุบาลที่อัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร มีการเติบโตดีกว่าลูกปลาที่อนุบาลที่อัตราปล่อย 6 และ 9 ตัวต่อลิตร และที่อัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร ก็มีอัตราการเติบโตจำเพาะดีกว่าลูกปลาช่อนที่อนุบาลที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร เช่นกัน

ตารางที่ 6 อัตราการเติบโตจำเพาะด้านความยาว (เปอร์เซ็นต์/วัน) ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

ระยะเวลา อนุบาล	ระดับความลึกน้ำ				
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร
อัตราปล่อย 3 ตัว/ลิตร					
สัปดาห์ที่ 0 - 1	4.75±0.24	4.77±0.19	4.67±0.24	4.60±0.14	4.43±0.14
สัปดาห์ที่ 1 - 2	3.20±0.30	3.13±0.39	3.06±0.27	2.94±0.38	2.90±0.27
สัปดาห์ที่ 2 - 3	2.86±0.30	2.73±0.44	2.61±0.12	2.49±0.51	2.46±0.11
สัปดาห์ที่ 3 - 4	1.77±0.43	1.87±0.40	1.93±0.16	1.99±0.30	1.94±0.11
สัปดาห์ที่ 4 - 5	1.58±0.14	1.53±0.09	1.58±0.08	1.57±0.14	1.73±0.20
ค่าเฉลี่ย ± SD	2.83±0.04	2.80±0.04	2.76±0.03	2.72±0.05	2.67±0.04
อัตราปล่อย 6 ตัว/ลิตร					
สัปดาห์ที่ 0 - 1	4.58±0.17	4.54±0.41	4.50±0.14	4.38±0.15	4.24±0.26
สัปดาห์ที่ 1 - 2	3.03±0.25	2.93±0.44	2.95±0.20	2.90±0.09	2.84±0.11
สัปดาห์ที่ 2 - 3	2.36±0.22	2.45±0.13	2.23±0.19	1.93±0.02	2.07±0.25
สัปดาห์ที่ 3 - 4	1.82±0.27	1.74±0.16	1.69±0.23	1.86±0.13	1.72±0.08
สัปดาห์ที่ 4 - 5	1.36±0.22	1.21±0.20	1.29±0.15	1.30±0.16	1.32±0.14
ค่าเฉลี่ย ± SD	2.66±0.04	2.60±0.05	2.53±0.03	2.47±0.09	2.44±0.04
อัตราปล่อย 9 ตัว/ลิตร					
สัปดาห์ที่ 0 - 1	4.25±0.07	4.25±0.06	4.12±0.05	4.12±0.06	3.96±0.10
สัปดาห์ที่ 1 - 2	2.87±0.19	2.90±0.26	2.86±0.32	2.92±0.32	2.84±0.34
สัปดาห์ที่ 2 - 3	2.05±0.33	1.87±0.22	1.99±0.11	1.71±0.07	1.55±0.09
สัปดาห์ที่ 3 - 4	1.75±0.69	1.79±0.29	1.69±0.42	1.78±0.44	1.68±0.03
สัปดาห์ที่ 4 - 5	1.72±0.31	1.52±0.04	1.21±0.09	0.96±0.15	1.16±0.62
ค่าเฉลี่ย ± SD	2.53±0.03	2.47±0.04	2.37±0.05	2.30±0.05	2.24±0.14

ตารางที่ 7 อัตราการเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์/วัน) ของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

ระยะเวลา อนุบาล	ระดับความลึกน้ำ				
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร
อัตราปล่อย 3 ตัว/ลิตร					
สัปดาห์ที่ 0 - 1	13.93±0.74	13.77±0.27	13.81±0.79	13.52±0.79	13.04±0.53
สัปดาห์ที่ 1 - 2	9.49±0.88	9.29±1.16	9.09±0.80	8.73±1.13	8.61±0.79
สัปดาห์ที่ 2 - 3	8.48±0.87	8.09±1.32	7.74±0.35	7.39±1.51	7.30±0.34
สัปดาห์ที่ 3 - 4	5.26±1.27	5.54±1.19	5.71±0.48	5.89±0.89	5.77±0.32
สัปดาห์ที่ 4 - 5	4.69±0.41	4.54±0.26	4.70±0.22	4.65±0.40	5.13±0.59
ค่าเฉลี่ย ± SD	8.37±0.13	8.25±0.16	8.17±0.12	8.04±0.14	7.89±0.12
อัตราปล่อย 6 ตัว/ลิตร					
สัปดาห์ที่ 0 - 1	13.43±1.02	13.51±0.77	13.39±0.17	12.91±0.31	12.36±0.78
สัปดาห์ที่ 1 - 2	9.11±0.75	8.69±1.31	8.76±0.60	8.66±0.27	8.62±0.32
สัปดาห์ที่ 2 - 3	7.02±0.66	7.17±1.38	6.62±0.55	5.65±0.02	6.24±0.74
สัปดาห์ที่ 3 - 4	5.46±0.81	5.23±0.49	5.05±0.67	5.58±0.38	5.14±0.23
สัปดาห์ที่ 4 - 5	3.98±0.64	4.02±0.60	4.05±0.44	4.01±0.48	3.74±0.41
ค่าเฉลี่ย ± SD	7.86±0.21	7.73±0.23	7.53±0.15	7.33±0.22	7.19±0.11
อัตราปล่อย 9 ตัว/ลิตร					
สัปดาห์ที่ 0 - 1	12.57±0.30	12.52±0.21	12.20±0.64	12.14±0.12	11.43±0.28
สัปดาห์ที่ 1 - 2	8.51±0.58	8.61±0.78	8.48±0.95	8.67±0.96	8.44±1.02
สัปดาห์ที่ 2 - 3	6.09±0.98	5.54±0.65	5.91±0.33	5.08±0.22	4.59±0.28
สัปดาห์ที่ 3 - 4	5.18±2.05	5.31±0.87	5.01±1.24	5.29±1.30	4.98±0.08
สัปดาห์ที่ 4 - 5	5.09±0.91	4.52±0.13	3.59±0.25	2.86±0.45	3.44±1.83
ค่าเฉลี่ย ± SD	7.49±0.05	7.30±0.16	7.04±0.23	6.81±0.16	6.58±0.42

1.1.4 อิทธิพลต่ออัตราการรอดตาย

จากการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนที่มีอัตราปล่อยและระดับความลึกน้ำที่ต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าอัตราการรอดตายของลูกปลาช่อนที่อนุบาลที่อัตราปล่อย 3, 6 และ 9 ตัวต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 83.13±0.96, 83.09±0.74 และ 82.89±1.60 และอัตราการรอดตายของลูกปลาช่อนที่อนุบาลที่ระดับความลึกน้ำ 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 84.23±0.14, 83.22±0.21, 82.79±0.63, 82.84±0.10 และ 82.12±0.40 ตามลำดับ โดยอัตราการรอดตายเฉลี่ยตลอดการทดลองมีค่าเท่ากับร้อยละ 83.04±0.78 (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 อัตรารอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และ ความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

ปัจจัยอัตรา ปล่อย	ปัจจัยระดับความลึกน้ำ					ค่าเฉลี่ย
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร	
3 ตัว/ลิตร	84.26±3.06	83.43±1.95	83.46±1.78	82.82±1.21	81.67±2.95	83.13±0.96 ^a
6 ตัว/ลิตร	84.35±0.58	83.01±0.99	82.27±2.59	82.94±1.57	82.44±1.20	83.09±0.74 ^a
9 ตัว/ลิตร	84.07±1.47	83.21±1.69	82.20±1.30	82.75±1.99	82.23±1.60	82.89±1.60 ^a
ค่าเฉลี่ย	84.23±0.14 ^a	83.22±0.21 ^a	82.79±0.63 ^a	82.84±0.10 ^a	82.12±0.40 ^a	83.04±0.78

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ ($p < 0.01$)

1.1.5 คุณภาพน้ำ

การศึกษาคุณภาพน้ำระหว่างการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนด้วยระดับอัตราปล่อย 3, 6 และ 9 ตัวต่อลิตร และ ระดับความลึกน้ำต่างกัน 5 ระดับ พบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายมีค่าอยู่ในช่วง 4.2-8.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรด-ด่างมีค่าอยู่ในช่วง 7.0-8.3 ความกระด้างของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 132-250 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่างของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 110-128 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 25.5-28.5 องศาเซลเซียส และแอมโมเนียรวมมีค่าอยู่ในช่วง 0.01-0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 คุณภาพน้ำในบ่อทดลองระหว่างการอนุบาลลูกปลาช่อนที่อัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และ ความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

คุณภาพน้ำ	ปัจจัยระดับความลึกน้ำ				
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	25.6-28.5	25.5-28.5	25.6-28.5	25.6-28.4	25.5-28.4
ออกซิเจนละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร)	4.6-8.2	4.5-8.0	4.5-8.2	4.4-8.0	4.2-8.0
ความเป็นกรด-ด่าง	7.3-8.3	7.3-8.2	7.2-8.3	7.1-8.2	7.0-8.1
ความกระด้าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	135-250	135-250	136-240	132-248	132-245
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	110-126	112-126	110-128	110-128	110-126
แอมโมเนียรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.02-0.03	0.01-0.04	0.02-0.04	0.01-0.05	0.02-0.06

1.2 อิทธิพลต่อการกระจายของขนาดความยาวปลา

1.2.1 การกระจายของขนาดปลาตามอันตรภาคชั้น

เมื่อสิ้นสุดการทดลองได้นำข้อมูลความยาวปลามาเปรียบเทียบกับกราฟการกระจายตามขนาดอันตรภาคความยาว ผลการศึกษาพบว่า การกระจายของขนาดความยาวปลาที่อนุบาลในอัตราปล่อย 3, 6 และ 9 ตัวต่อลิตร และความลึกน้ำ 10, 20, 30, 40, และ 50 เซนติเมตร มีแนวโน้มกระจายแตกต่างกัน โดยการกระจายของความยาวปลาที่อนุบาลตามอัตราปล่อยพบลูกปลาที่อนุบาลในอัตราปล่อยที่หนาแน่นมากจะมีช่วงการกระจายของขนาดอันตรภาคชั้นความยาวแคบกว่าลูกปลาที่อนุบาลในอัตราปล่อยที่หนาแน่นน้อยกว่า และลักษณะของเส้นกราฟการกระจายของความยาวปลาจะตั้งอยู่ทางด้านซ้ายของแกนความยาวปลา ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลุ่มประชากรปลาโดยรวมมีขนาดความยาวน้อยกว่าลูกปลาที่อนุบาลในอัตราปล่อยที่หนาแน่นน้อย ซึ่งพบเส้นกราฟความยาวกระจายตั้งอยู่ด้านขวาของแกนขนาดของลูกปลา

สำหรับเส้นกราฟการกระจายของความยาวลูกปลาที่อนุบาลในระดับความลึกน้ำที่น้อยกว่าก็พบมีช่วงฐานการกระจายของขนาดความยาวที่กว้างมากที่สุด โดยเส้นกราฟความยาวที่เป็นช่วงฐานนิยมของระดับความลึกมากจะมีช่วงปริมาณไม่มากนัก ในขณะที่ลูกปลาที่อนุบาลในระดับความลึกที่น้อยกว่าจะมีช่วงการกระจายของขนาดปลาที่กว้างมากขึ้น โดยจำนวนปลาของขนาดความยาวที่เป็นช่วงฐานนิยมพบมีค่าใกล้เคียงในทุกระดับความลึกน้ำ การกระจายของขนาดความยาวลูกปลาที่อนุบาลในระดับอัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร มีช่วงการกระจายของขนาดความยาวที่กว้างมากที่สุด ลูกปลาที่อยู่ในความยาวที่เป็นช่วงฐานนิยมของระดับความลึกน้อยจะมีจำนวนที่ไม่มากนัก ในขณะที่ลูกปลาที่อนุบาลในระดับอัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร ระดับอัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร จะมีช่วงการกระจายของขนาดปลาที่แคบลงมา และขนาดความยาวลูกปลาที่อยู่ในช่วงฐานนิยมของระดับอัตราปล่อยที่มีความหนาแน่นต่ำก็ยังคงพบมีจำนวนไม่มากนักเช่นกัน ในส่วนของลูกปลาที่อนุบาลในระดับอัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร จะมีช่วงการกระจายของขนาดปลาที่แคบมากขึ้น และจำนวนปลาตามขนาดความยาวที่เป็นช่วงฐานนิยมจะพบมีค่าใกล้เคียงในทุกระดับอัตราปล่อย ดังในตารางที่ 10 และ ภาพที่ 11

จากการแบ่งกลุ่มขนาดลูกปลาชั้นที่อนุบาลในอัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร พบว่า สัดส่วนของลูกปลาที่มีขนาดเล็กกว่า 60.0 มิลลิเมตร มีอยู่ร้อยละ 2.0, 3.3, 2.7, 2.0 และ 3.0 และสัดส่วนขนาดลูกปลาที่ขนาดใหญ่มากกว่า 60.0 มิลลิเมตร มีอยู่ร้อยละ 98.0, 96.7, 97.3, 98.0 และ 97.0 ที่ระดับความลึกน้ำ 10-50 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับกลุ่มลูกปลาที่อนุบาลในอัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร มีสัดส่วนของขนาดลูกปลาที่เล็กกว่า 60.0 มิลลิเมตร อยู่ร้อยละ 16.3, 16.3, 22.7, 21.3.0 และ 17.30 และมีสัดส่วนของขนาดลูกปลาที่ใหญ่กว่า 60.0 มิลลิเมตร อยู่ร้อยละ 83.7, 83.7, 77.3, 78.7 และ 82.7 ที่ระดับความลึกน้ำ 10-50 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มลูกปลาที่อนุบาลในอัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร พบมีสัดส่วนขนาดลูกปลาที่เล็กกว่า 60.0 มิลลิเมตร อยู่ร้อยละ 23.0, 22.7, 23.0, 20.3 และ 30.3 และมีสัดส่วนขนาดลูกปลาที่ใหญ่กว่า 60.0 มิลลิเมตร อยู่ร้อยละ 77.0, 77.3, 77.0, 79.0 และ 69.7 ที่ระดับความลึกน้ำ 10-50 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังนั้น ระดับอัตราปล่อยที่มีความหนาแน่นน้อยมีสัดส่วนขนาดความยาวมากกว่า 60.0 มิลลิเมตร เพิ่มมากขึ้น สำหรับสัดส่วนตามระดับความลึกน้ำพบที่ระดับความลึกน้ำที่มากขึ้นพบมีลูกปลาที่มีขนาดเล็กกว่า 60.0 มิลลิเมตร เพิ่มขึ้น และลูกปลาที่มีขนาดมากกว่า 60.0 มิลลิเมตร ลดน้อยลง (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ร้อยละการกระจายของขนาดความยาวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองในอัตราปล่อยที่ต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

(1) การอนุบาลลูกปลาในระดับอัตราปล่อย 3 ตัว/ลิตร

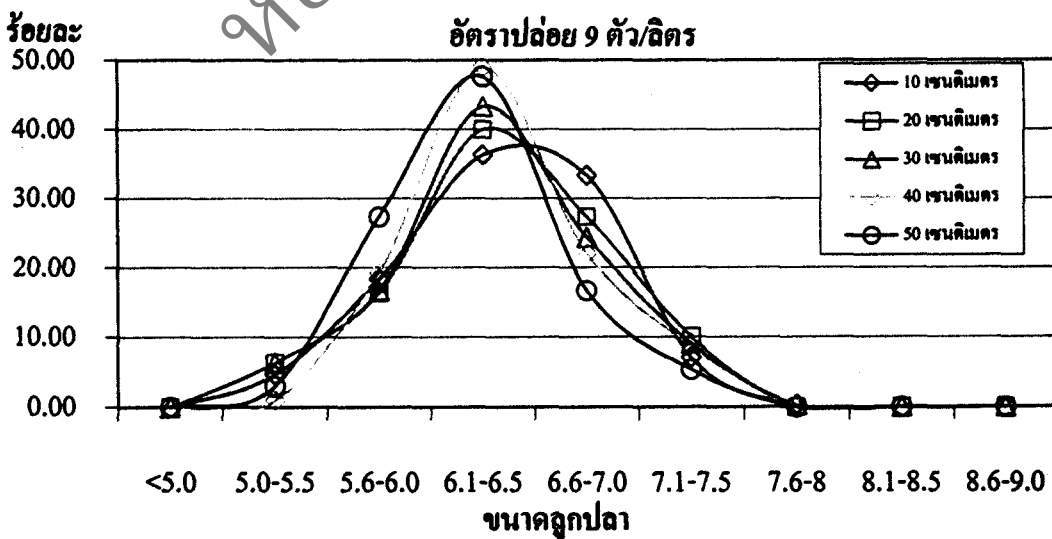
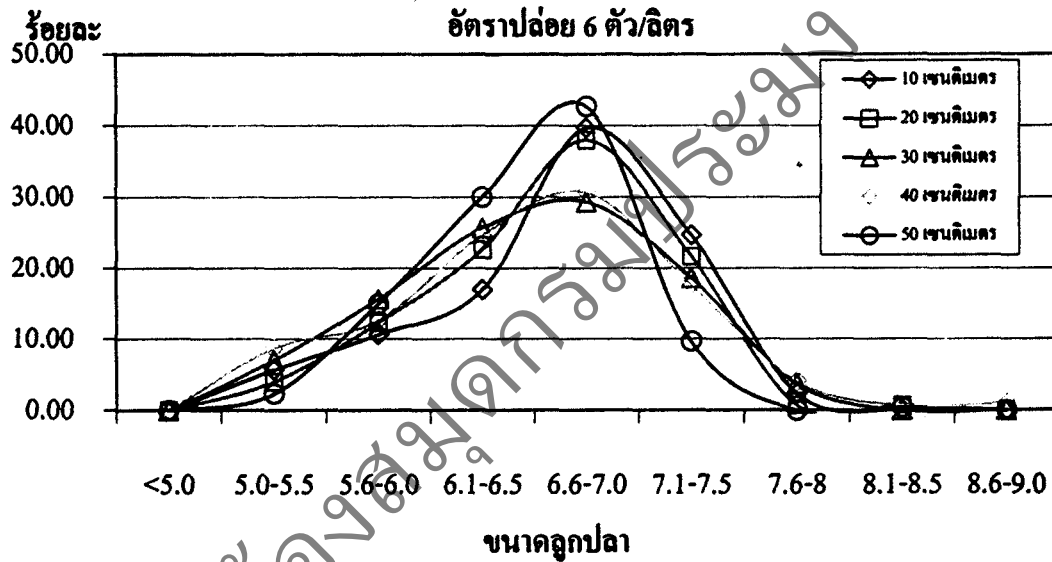
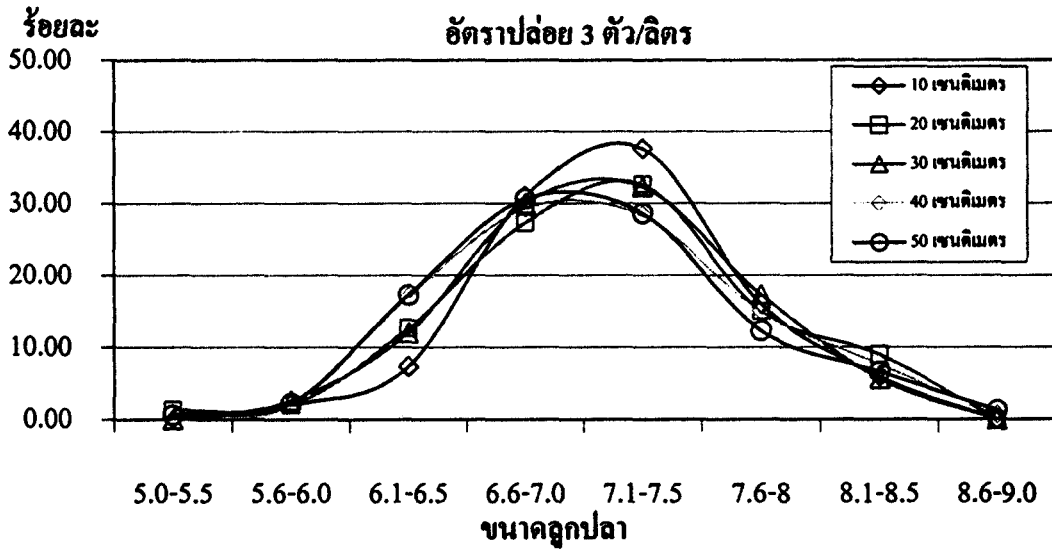
ความยาวปลา (เซนติเมตร)	ระดับความลึกของน้ำ				
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร
5.0-5.5	-	1.3	-	-	0.7
5.6-6.0	2.0	2.0	2.7	2.0	2.3
6.1-6.5	7.3	12.7	12.0	17.0	17.3
6.6-7.0	31.0	27.3	30.0	29.3	30.7
7.1-7.5	37.7	32.7	32.3	28.3	28.7
7.6-8.0	16.0	15.0	17.3	15.0	12.3
8.1-8.5	6.0	9.0	5.7	7.7	1.3
8.6-9.0	-	-	-	0.7	-

(2) การอนุบาลลูกปลาในระดับอัตราปล่อย 6 ตัว/ลิตร

ความยาวปลา (เซนติเมตร)	ระดับความลึกของน้ำ				
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร
5.0-5.5	5.7	4.0	7.0	8.7	2.3
5.6-6.0	10.7	12.3	15.7	12.67	15.0
6.1-6.5	17.0	22.7	25.7	24.7	30.0
6.6-7.0	39.7	38.0	29.3	30.7	42.7
7.1-7.5	24.7	21.7	18.7	17.7	9.7
7.6-8.0	2.3	0.7	3.7	4.0	-
8.1-8.5	-	0.7	-	0.7	0.3
8.6-9.0	-	-	-	1.0	-

(3) การอนุบาลลูกปลาในอัตราปล่อย 9 ตัว/ลิตร

ความยาวปลา (เซนติเมตร)	ระดับความลึกของน้ำ				
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร
5.0-5.5	4.7	6.3	6.3	1.0	3.0
5.6-6.0	18.3	16.3	16.7	19.3	27.3
6.1-6.5	36.3	40.0	43.3	49.0	47.7
6.6-7.0	33.3	27.3	24.3	22.0	16.7
7.1-7.5	7.0	10.0	9.0	8.7	5.3
7.6-8.0	0.3	-	0.3	-	-
8.1-8.5	-	-	-	-	-
8.6-9.0	-	-	-	-	-



ภาพที่ 12 การกระจายของอันตรภาคชั้นความยาวของลูกปลาช่อนที่อนุบาลในอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ (T1, T2, T3) และความถี่น้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ (D1, D2, D3, D4, D5) ในระยะเวลาทดลอง 5 สัปดาห์

1.2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความยาวปลา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความยาวปลาพบว่า ลูกปลาช่อนที่อนุบาลที่ระดับความลึกน้ำ 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความยาวปลาเฉลี่ยเท่ากับ 10.08 ± 0.48 , 10.69 ± 0.36 , 10.30 ± 0.34 , 9.98 ± 0.36 และ 9.99 ± 0.95 ตามลำดับ และลูกปลาช่อนที่อนุบาลที่ระดับความหนาแน่น 3, 6 และ 9 ตัวต่อลิตร มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความยาวปลาเฉลี่ยเท่ากับ 10.17 ± 0.51 , 10.21 ± 0.71 และ 10.24 ± 0.51 ตามลำดับ โดยการเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความยาวปลามีค่าใกล้เคียงกัน ไม่พบมีแนวโน้มที่แสดงความแตกต่างกันอย่างชัดเจน รายละเอียดได้แสดงไว้ในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลองในระดับอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ในระยะเวลาการอนุบาล 5 สัปดาห์

ปัจจัยระดับอัตราปล่อย	ปัจจัยระดับความลึกน้ำ					ค่าเฉลี่ย
	100 ตัว/ม ²	600 ตัว/ม ²	1,200 ตัว/ม ²	1,800 ตัว/ม ²	2,400 ตัว/ม ²	
3 ตัว/ลิตร	9.52 ± 0.75	10.28 ± 0.37	9.99 ± 0.18	10.15 ± 0.94	10.93 ± 1.85	$10.17 \pm 0.51^*$
6 ตัว/ลิตร	10.31 ± 0.83	10.83 ± 1.75	10.66 ± 1.02	10.22 ± 0.68	9.03 ± 1.23	$10.21 \pm 0.71^*$
9 ตัว/ลิตร	10.40 ± 0.36	10.95 ± 1.82	10.26 ± 0.17	9.57 ± 0.91	10.00 ± 0.44	$10.24 \pm 0.51^*$
ค่าเฉลี่ย	$10.08 \pm 0.48^*$	$10.69 \pm 0.36^*$	$10.30 \pm 0.34^*$	$9.98 \pm 0.36^*$	$9.99 \pm 0.95^*$	10.21 ± 0.30

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$)

1.3 การวิเคราะห์สถิติ

1.3.1 การเปรียบเทียบด้วยวิธีวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบกลุ่ม (Group comparison T-test)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองแบบปัจจัยเดียวด้วยวิธีวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบกลุ่มของจำนวนปลาปล่อยอนุบาลที่เท่ากันในบ่อทดลองที่มีระดับความลึกน้ำต่างกันจำนวน 4 ชุดการทดลอง ประกอบด้วย

- 1) จำนวนลูกปลาอนุบาล 360 ตัวต่อบ่อ ที่ความลึกน้ำ 10 และ 20 เซนติเมตร
- 2) จำนวนลูกปลาอนุบาล 540 ตัวต่อบ่อ ที่ความลึกน้ำ 10 และ 30 เซนติเมตร
- 3) จำนวนลูกปลาอนุบาล 720 ตัวต่อบ่อ ที่ความลึกน้ำ 20 และ 40 เซนติเมตร
- 4) จำนวนลูกปลาอนุบาล 1,080 ตัวต่อบ่อ ที่ความลึกน้ำ 20 และ 30 เซนติเมตร

ด้วยชุดข้อมูลขนาดความยาวเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการเติบโต และอัตราการเติบโตจำเพาะพบมีผลการวิเคราะห์ดังในตารางที่ 12 โดยการเปลี่ยนแปลงของขนาดความยาวเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการเติบโต และอัตราการเติบโตจำเพาะของลูกปลาที่อนุบาลในบ่อที่มีระดับความลึกน้ำมากกว่าจะมีขนาดปลาและการเติบโตมากกว่าลูกปลาที่อนุบาลในบ่อที่มีระดับความลึกน้ำที่น้อยกว่าในทุกชุดการทดลอง

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของขนาดปลาและการเติบโตของลูกปลาช่อนที่อนุบาลด้วยจำนวนปลา
ต่อบ่อที่เท่ากัน แต่ต่างระดับความลึกน้ำ

จำนวนปลาที่ ปล่อยอนุบาล	ระดับความลึกน้ำ				
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร
ความยาวเฉลี่ย (มิลลิเมตร)					
360 ตัว/บ่อ	70.99±0.92 ^a	74.58±1.13 ^b	-	-	-
540 ตัว/บ่อ	67.89±0.57 ^a	-	73.61±0.77 ^b	-	-
720 ตัว/บ่อ	-	69.64±1.28 ^a	-	72.47±1.35 ^b	-
1,080 ตัว/บ่อ	-	66.26±0.76 ^a	68.04±0.98 ^b	-	-
น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)					
360 ตัว/บ่อ	2.93±0.11 ^a	3.39±0.15 ^b	-	-	-
540 ตัว/บ่อ	2.57±0.48 ^a	-	3.26±0.10 ^b	-	-
720 ตัว/บ่อ	-	2.77±0.15 ^a	-	3.11±0.17 ^b	-
1,080 ตัว/บ่อ	-	2.39±0.08 ^a	2.58±0.11 ^b	-	-
การเติบโตด้านความยาว (มิลลิเมตร/วัน)					
360 ตัว/บ่อ	1.23±0.03 ^a	1.33±0.03 ^b	-	-	-
540 ตัว/บ่อ	1.14±0.11 ^a	-	1.30±0.02 ^b	-	-
720 ตัว/บ่อ	-	1.19±0.04 ^a	-	1.27±0.04 ^b	-
1,080 ตัว/บ่อ	-	1.09±0.02 ^a	1.14±0.03 ^b	-	-
การเติบโตด้านน้ำหนัก (กรัม/วัน)					
360 ตัว/บ่อ	0.08±0.01 ^a	0.09±0.01 ^b	-	-	-
540 ตัว/บ่อ	0.07±0.01 ^a	-	0.09±0.01 ^b	-	-
720 ตัว/บ่อ	-	0.07±0.01 ^a	-	0.08±0.01 ^b	-
1,080 ตัว/บ่อ	-	0.06±0.01 ^a	0.07±0.01 ^b	-	-

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวหนึ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.01)

1.3.2 การวิเคราะห์อิทธิพลร่วมและอิทธิพลหลักของ 2 ปัจจัย

จากการวิเคราะห์สถิติของข้อมูลที่ได้จากการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่มีอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำต่างกัน 5 ระดับ ประกอบด้วยข้อมูลความยาวเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการเติบโตด้านความยาวและน้ำหนักเฉลี่ย และอัตรารอดตาย ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบของการทดลองแฟกตอเรียลของกรณีตัวหุ่นแบบกำหนด (fixed model) เพื่อทดสอบอิทธิพลร่วมระหว่างสองปัจจัยที่ศึกษาว่ามีอิทธิพลร่วมต่อกันหรือไม่ อย่างไร และทดสอบอิทธิพลหลักของแต่ละปัจจัยว่าในแต่ละระดับปัจจัยที่ศึกษามีผลกระทบมากน้อยอย่างไรต่อขนาดปลา อัตราการเติบโต และอัตรารอดของลูกปลาที่อนุบาล

ผลการวิเคราะห์สถิติของข้อมูลขนาดปลา อัตราการเติบโต และอัตราการรอดได้แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยที่ศึกษาทั้ง 2 ปัจจัย ไม่มีอิทธิพลร่วมกัน แต่มีอิทธิพลหลักต่อปัจจัยอัตราปล่อยและปัจจัยระดับความลึกน้ำที่ทดลอง โดยผลการวิเคราะห์สถิติในภาพรวมของทุกชุดข้อมูลที่ศึกษารูปได้ ดังนี้

- (1) ขนาดความยาวเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ของอิทธิพลร่วมและอิทธิพลหลักตามปัจจัยอัตราปล่อยและปัจจัยระดับความลึกน้ำ
- (2) ขนาดความยาวเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย และอัตราการเติบโตของความยาวและน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบมีความแตกต่างกันของอิทธิพลหลักในปัจจัยอัตราปล่อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)
- (3) ขนาดความยาวเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย และอัตราการเติบโตของความยาวและน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบมีความแตกต่างกันของอิทธิพลหลักในปัจจัยระดับความลึกน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)
- (4) ขนาดความยาวเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย และอัตราการเติบโตของความยาวและน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ไม่พบมีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างปัจจัยอัตราปล่อยและความลึกน้ำ ($p>0.05$)
- (5) อัตราการรอดตายและสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความยาวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ไม่พบมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ของอิทธิพลร่วมและอิทธิพลหลักของปัจจัยอัตราปล่อยและความลึกน้ำ

1.3.3 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง

(1) ข้อมูลความยาวเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ย

จากการวิเคราะห์สถิติด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ของชุดข้อมูลความยาวเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อย 3, 6 และ 9 ตัวต่อลิตร และความลึกน้ำ 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร ซึ่งมีรายละเอียดดังในตารางที่ 13 โดยค่าความยาวเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) มากกว่าลูกปลาที่อนุบาลที่อัตราปล่อย 6 และ 9 ตัวต่อลิตร และการอนุบาลที่อัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร ก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) มากกว่าการอนุบาลที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร ส่วนค่าความยาวเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยของลูกปลาที่อนุบาลที่ความลึกน้ำ 10, 20 และ 30 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ของทุกชุดการทดลอง และมีความแตกต่างมากกว่าการอนุบาลที่ระดับความลึกน้ำ 40 และ 50 เซนติเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) เช่นกัน แต่การอนุบาลที่ระดับความลึกน้ำ 40 และ 50 เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

(2) การเติบโตด้านความยาวและน้ำหนัก

จากการวิเคราะห์สถิติด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ของชุดข้อมูลการเติบโตด้านความยาวและน้ำหนักของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อย 3, 6 และ 9 ตัวต่อลิตร และความลึกน้ำ 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร ซึ่งมีรายละเอียดดังในตารางที่ 13 โดยค่าการเติบโตด้านความยาวและน้ำหนักของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอัตรา

ปล่อย 3 ตัวต่อลิตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) มากกว่าลูกปลาที่อนุบาลที่อัตราปล่อย 6 และ 9 ตัวต่อลิตร และการอนุบาลที่อัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร ก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) มากกว่าการอนุบาลที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร ส่วนค่าการเติบโตด้านความยาวและน้ำหนักของลูกปลาที่อนุบาลที่ความลึกน้ำ 10 และ 20 เซนติเมตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) มากกว่าการอนุบาลที่ความลึกน้ำ 30, 40 และ 50 เซนติเมตร และการอนุบาลที่ระดับความลึกน้ำ 30 เซนติเมตร ก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) มากกว่าการอนุบาลที่ความลึกน้ำ 40 และ 50 เซนติเมตร ส่วนการอนุบาลที่ระดับความลึกน้ำระหว่างช่วงชุดการทดลอง 10 กับ 20 เซนติเมตร และ 40 กับ 50 เซนติเมตร นั้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

(3) อัตราการเติบโตเฉพาะด้านความยาวและน้ำหนัก

จากการวิเคราะห์สถิติด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ของชุดข้อมูลอัตราการเติบโตเฉพาะด้านความยาวและน้ำหนักของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อย 3, 6 และ 9 ตัวต่อลิตร และความลึกน้ำ 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร ซึ่งมีรายละเอียดดังในตารางที่ 13 โดยค่าอัตราการเติบโตเฉพาะด้านความยาวและน้ำหนักของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) มากกว่าลูกปลาที่อนุบาลที่อัตราปล่อย 6 และ 9 ตัวต่อลิตร และการอนุบาลที่อัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร ก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) มากกว่าการอนุบาลที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร ส่วนค่าอัตราการเติบโตเฉพาะด้านความยาวและน้ำหนักของลูกปลาที่อนุบาลที่ความลึกน้ำ 10 เซนติเมตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) มากกว่าการอนุบาลที่ความลึกน้ำ 30, 40 และ 50 เซนติเมตร และการอนุบาลที่ระดับความลึกน้ำ 20 เซนติเมตร ก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) มากกว่าการอนุบาลที่ความลึกน้ำ 40 และ 50 เซนติเมตร ส่วนการอนุบาลที่ระดับความลึกน้ำระหว่างช่วงชุดการทดลองของ 10 กับ 20 เซนติเมตร คู่ 20 กับ 30 เซนติเมตร และคู่ 40 กับ 50 เซนติเมตร นั้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่มีอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ

(1) ความยาวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ปัจจัยอัตราปล่อย	ปัจจัยระดับความลึกน้ำ					ค่าเฉลี่ย
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร	
3 ตัว/ลิตร	75.51±1.04	74.58±1.13	73.61±0.77	72.47±1.35	71.32±0.96	73.50±1.66 ^a
6 ตัว/ลิตร	70.99±0.92	69.64±1.28	68.04±0.98	66.66±1.93	65.80±0.73	68.22±2.12 ^b
9 ตัว/ลิตร	67.89±0.57	66.26±0.76	64.37±0.94	62.61±1.20	61.43±2.94	64.51±2.63 ^c
ค่าเฉลี่ย	71.46±3.83 ^a	70.16±4.18 ^b	68.67±4.65 ^c	67.25±4.96 ^d	66.18±4.96 ^d	68.74±4.31

ตารางที่ 13 ต่อ

(2) นำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ปัจจัยอัตรา ปล่อย	ปัจจัยระดับความลึกน้ำ					ค่าเฉลี่ย
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร	
3 ตัว/ลิตร	3.52±0.14	3.39±0.15	3.26±0.10	3.11±0.17	2.97±0.12	3.25±0.22 ^a
6 ตัว/ลิตร	2.93±0.11	2.77±0.15	2.58±0.11	2.43±0.21	2.34±0.08	2.61±0.24 ^b
9 ตัว/ลิตร	2.57±0.06	2.39±0.08	2.19±0.10	2.02±0.11	1.91±0.27	2.22±0.27 ^c
ค่าเฉลี่ย	3.00±0.48 ^a	2.85±0.51 ^b	2.68±0.54 ^c	2.52±0.55 ^d	2.41±0.53 ^d	2.69±0.50

(3) อัตราการเติบโตด้านความยาวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ปัจจัยอัตรา ปล่อย	ปัจจัยระดับความลึกน้ำ					ค่าเฉลี่ย
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร	
3 ตัว/ลิตร	1.36±0.03	1.33±0.03	1.30±0.02	1.27±0.04	1.24±0.03	1.30±0.05 ^a
6 ตัว/ลิตร	1.23±0.03	1.19±0.04	1.14±0.03	1.10±0.06	1.08±0.02	1.15±0.06 ^b
9 ตัว/ลิตร	1.14±0.02	1.09±0.02	1.04±0.03	0.99±0.03	0.95±0.08	1.04±0.08 ^c
ค่าเฉลี่ย	1.24±0.11 ^a	1.21±0.12 ^a	1.16±0.13 ^b	1.12±0.14 ^c	1.09±0.14 ^c	1.16±0.12

(4) นำหนักเพิ่มต่อวันเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ปัจจัยอัตรา ปล่อย	ปัจจัยระดับความลึกน้ำ					ค่าเฉลี่ย
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร	
3 ตัว/ลิตร	0.10±0.00	0.09±0.01	0.09±0.01	0.08±0.00	0.08±0.01	0.09±0.01 ^a
6 ตัว/ลิตร	0.08±0.01	0.07±0.00	0.07±0.00	0.06±0.01	0.06±0.00	0.07±0.01 ^b
9 ตัว/ลิตร	0.07±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01	0.05±0.00	0.05±0.01	0.06±0.01 ^c
ค่าเฉลี่ย	0.080±0.01 ^a	0.076±0.01 ^a	0.071±0.02 ^b	0.067±0.02 ^c	0.063±0.02 ^c	0.072±0.01

(5) อัตราการเติบโตเฉพาะด้านความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ปัจจัยอัตรา ปล่อย	ปัจจัยระดับความลึกน้ำ					ค่าเฉลี่ย
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร	
3 ตัวต่อลิตร	2.83±0.04	2.80±0.04	2.76±0.03	2.72±0.05	2.69±0.04	2.76±0.07 ^a
6 ตัวต่อลิตร	2.66±0.04	2.60±0.05	2.53±0.03	2.47±0.09	2.44±0.04	2.54±0.09 ^b
9 ตัวต่อลิตร	2.53±0.03	2.47±0.04	2.37±0.05	2.30±0.05	2.24±0.14	2.38±0.12 ^c
ค่าเฉลี่ย	2.67±0.15 ^a	2.62±0.17 ^{ab}	2.56±0.19 ^b	2.50±0.21 ^c	2.45±0.21 ^c	2.56±0.18

(6) อัตราการเติบโตเฉพาะด้านนำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ปัจจัยอัตรา ปล่อย	ปัจจัยระดับความลึกน้ำ					ค่าเฉลี่ย
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร	
3 ตัว/ลิตร	8.37±0.13	8.25±0.16	8.17±0.12	8.04±0.14	7.89±0.12	8.14±0.18 ^a
6 ตัว/ลิตร	7.86±0.21	7.72±0.23	7.53±0.15	7.33±0.22	7.19±0.11	7.52±0.27 ^b
9 ตัว/ลิตร	7.49±0.05	7.30±0.16	7.04±0.23	6.81±0.16	6.58±0.42	7.04±0.37 ^c
ค่าเฉลี่ย	7.90±0.44 ^a	7.76±0.47 ^{ab}	7.58±0.57 ^b	7.39±0.62 ^c	7.22±0.66 ^c	7.57±0.54

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

2. ความสัมพันธ์และแบบจำลองของปัจจัยที่ศึกษา

2.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ศึกษา

(1) ความสัมพันธ์ต่ออัตราการเติบโตของสองปัจจัย

การศึกษครั้งนี้ได้วิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบหลายชั้นของข้อมูลอัตราการเติบโตด้านความยาวกับปัจจัยอัตราปล่อยและปัจจัยความลึกน้ำที่ใช้อุณหภูมิ เพื่อประเมินความสัมพันธ์ของอัตราการเติบโตด้านความยาวปลาในช่วงการอนุบาลเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ 5 กับสองปัจจัยที่ศึกษาดังกล่าว ผลการวิเคราะห์การถดถอยพบว่าอัตราการเติบโตด้านความยาว (มิลลิเมตรต่อวัน) ของลูกปลาช่อนที่ทดลองมีสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$Y (\text{อัตราการเติบโตด้านความยาว, มิลลิเมตร/วัน}) = 1.53174 - 0.043733X_1 (\text{อัตราปล่อย}) - 0.0035478X_2 (\text{ความลึกน้ำ})$$

โดยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับแล้ว (adjust R^2) มีค่าเท่ากับ 0.8957 ซึ่งเป็นระดับที่สูงมากที่บ่งบอกว่าชุดข้อมูลที่ทำกรวิเคราะห์นั้นมีความสัมพันธ์และผันแปรตามกันมากถึงร้อยละ 89.57 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (Standard error of estimate) มีค่าเท่ากับ 0.04071 ซึ่งมีค่าน้อยและบ่งบอกถึงการกระจายของข้อมูลที่ตี ส่วนการวิเคราะห์การยอมรับของสมการความสัมพันธ์ที่ได้ก็พบว่ามีความน่าเชื่อถืออย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) โดยตัวแปรตามหรืออัตราการเติบโตด้านความยาวที่ได้จากการทดลองอนุบาลมีความสัมพันธ์โดยตรงกับกับตัวแปรอิสระทั้งสองปัจจัยดังกล่าว รายละเอียดผลการวิเคราะห์แสดงในตารางภาคผนวกที่ 2

จากสมการความสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ได้จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราการเติบโตด้านความยาวจะขึ้นกับทั้งปัจจัยความหนาแน่นของอัตราปล่อยและปัจจัยความลึกน้ำที่ใช้อุณหภูมิ โดยอิทธิพลจากการเพิ่มระดับของทั้งสองปัจจัยจะให้ผลตรงกันข้ามต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเติบโตด้านความยาว ซึ่งมีผลทำให้อัตราการเติบโตด้านความยาวมีการเปลี่ยนแปลงลดลง และระดับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงที่ได้รับจากการเปลี่ยนค่าหนึ่งหน่วยของทั้งสองปัจจัยจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเติบโตด้านความยาวต่างกัน ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้จากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (b) ของตัวแปรของทั้งสองปัจจัย ดังนี้

1) ปัจจัยความหนาแน่นของอัตราปล่อยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าไปจากเดิมหนึ่งหน่วยคือจำนวนหนึ่งตัวต่อปริมาตรน้ำหนึ่งลิตรที่ปล่อย จะทำให้ค่าอัตราการเติบโตด้านความยาวมีการเปลี่ยนแปลงตามไปในทิศทางตรงกันข้ามเท่ากับ 0.043733 เท่าของอัตราการเติบโตด้านความยาว (มิลลิเมตรต่อวัน) ที่มีอยู่เดิม

2) ปัจจัยระดับความลึกน้ำที่อนุบาลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าไปจากเดิมหนึ่งหน่วยคือหนึ่งเซนติเมตร (มีปริมาตรน้ำเพิ่มขึ้นในบ่ออนุบาล 6 ลิตร) จะทำให้ค่าอัตราการเติบโตด้านความยาวมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางตรงกันข้ามเท่ากับ 0.003548 เท่าของอัตราการเติบโตด้านความยาว (มิลลิเมตรต่อวัน) ที่มีอยู่เดิม

(2) ความสัมพันธ์ต่ออัตราการเติบโตของปัจจัยอัตราปล่อย

จากการวิเคราะห์การถดถอยของความยาวปลากับปัจจัยอัตราปล่อยทั้ง 3 ระดับ พบว่าขนาดความยาวปลากับอัตราปล่อยทั้ง 3 ระดับ มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง โดยทิศทางของการเปลี่ยนแปลงมี

แนวโน้มสัมพัทธ์แบบปฏิภาคผกผันคือ เมื่อเพิ่มระดับความหนาแน่นของอัตราปล่อยมากขึ้นมีผลให้ขนาดความยาวปลาตกลง (ภาพที่ 12) ลักษณะการถดถอยของเส้นตรงที่บ่งชี้ความสัมพันธ์ดังกล่าวของแต่ละระดับความลึกน้ำที่ใช้อุณหภูมิระดับสัมประสิทธิ์การถดถอยที่แตกต่างกันออกไป โดยค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่พบในบ่ออนุบาลที่มีความลึกน้ำ 10 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ -0.1966 และสัมประสิทธิ์การถดถอยที่พบในบ่ออนุบาลที่มีความลึกน้ำ 50 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ -0.2540 ซึ่งมีค่าที่แตกต่างกันไม่มากนัก ตามสมการดังนี้

- 1) สมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการอนุบาลที่ระดับความลึกน้ำ 10 เซนติเมตร

$$Y (\text{ความยาวเพิ่มต่อวัน}) = 1.5747 - 0.1966 \ln(X) (\text{อัตราปล่อย; ตัวลิตร์}) \quad R^2 = 0.9975$$

- 2) สมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการอนุบาลที่ระดับความลึกน้ำ 20 เซนติเมตร

$$Y (\text{ความยาวเพิ่มต่อวัน}) = 1.5705 - 0.2153 \ln(X) (\text{อัตราปล่อย; ตัวลิตร์}) \quad R^2 = 0.9990$$

- 3) สมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการอนุบาลที่ระดับความลึกน้ำ 30 เซนติเมตร

$$Y (\text{ความยาวเพิ่มต่อวัน}) = 1.5663 - 0.2390 \ln(X) (\text{อัตราปล่อย; ตัวลิตร์}) \quad R^2 = 0.9989$$

- 4) สมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการอนุบาลที่ระดับความลึกน้ำ 40 เซนติเมตร

$$Y (\text{ความยาวเพิ่มต่อวัน}) = 1.5533 - 0.2548 \ln(X) (\text{อัตราปล่อย; ตัวลิตร์}) \quad R^2 = 0.9981$$

- 5) สมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการอนุบาลที่ระดับความลึกน้ำ 50 เซนติเมตร

$$Y (\text{ความยาวเพิ่มต่อวัน}) = 1.5205 - 0.2540 \ln(X) (\text{อัตราปล่อย; ตัวลิตร์}) \quad R^2 = 0.9931$$

- (3) ความสัมพันธ์ต่อการเติบโตของปัจจัยระดับความลึกน้ำ

จากการวิเคราะห์การถดถอยของความยาวปลากับปัจจัยระดับความลึกน้ำที่ใช้อุณหภูมิทั้ง 5 ระดับ ในแต่ละระดับอัตราปล่อยพบว่า ขนาดความยาวปลากับระดับความลึกน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปมีความสัมพันธ์กันในลักษณะเชิงเส้นตรง โดยทิศทางของการเปลี่ยนแปลงมีแนวโน้มสัมพัทธ์แบบปฏิภาคผกผันคือ เมื่อเพิ่มระดับความลึกน้ำที่อนุบาลมากขึ้นมีผลให้ขนาดความยาวปลาตกลง ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่พบในการอนุบาลที่อัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร มีค่าเท่ากับ -0.0719 และสัมประสิทธิ์การถดถอยที่พบในการอนุบาลที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร มีค่าเท่ากับ -0.1159 ซึ่งมีค่าที่แตกต่างกันประมาณ 2 เท่า ลักษณะการถดถอยของของเส้นกราฟความสัมพันธ์มีดังในภาพที่ 13 และมีสมการแสดงความสัมพันธ์ ดังนี้

- 1) สมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการอนุบาลที่อัตราปล่อย 3 ตัว/ลิตร

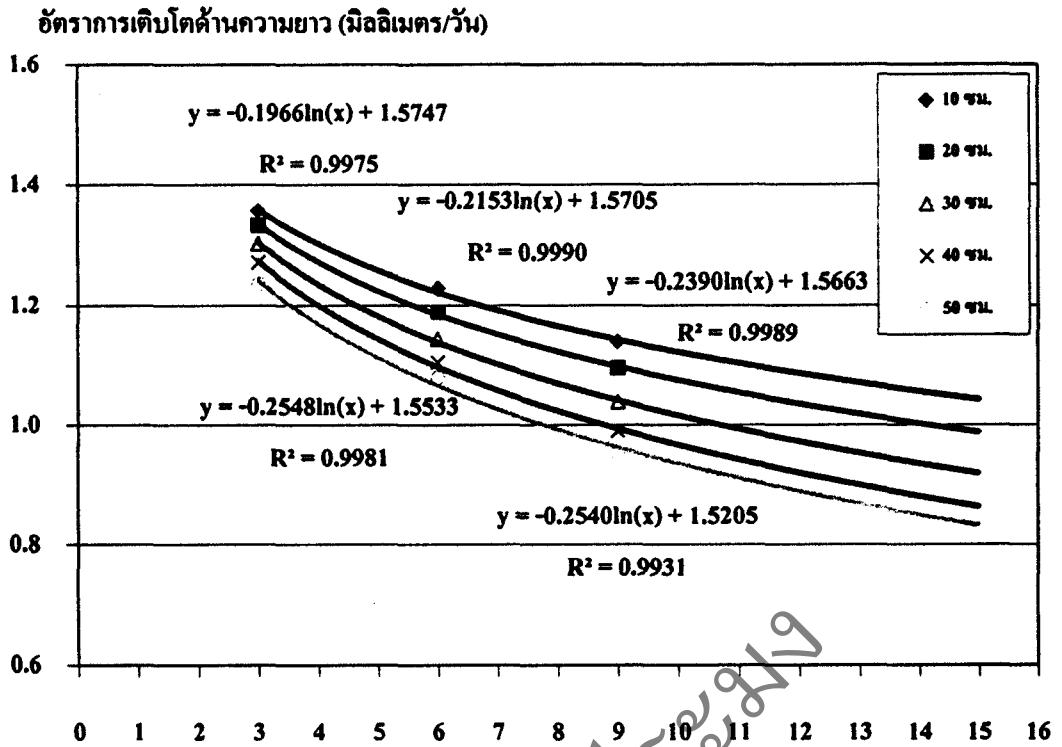
$$Y (\text{ความยาวเพิ่มต่อวัน}) = 1.5341 - 0.0719 \ln(X) (\text{ความลึกน้ำ; เซนติเมตร}) \quad R^2 = 0.9172$$

- 2) สมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการอนุบาลที่อัตราปล่อย 6 ตัว/ลิตร

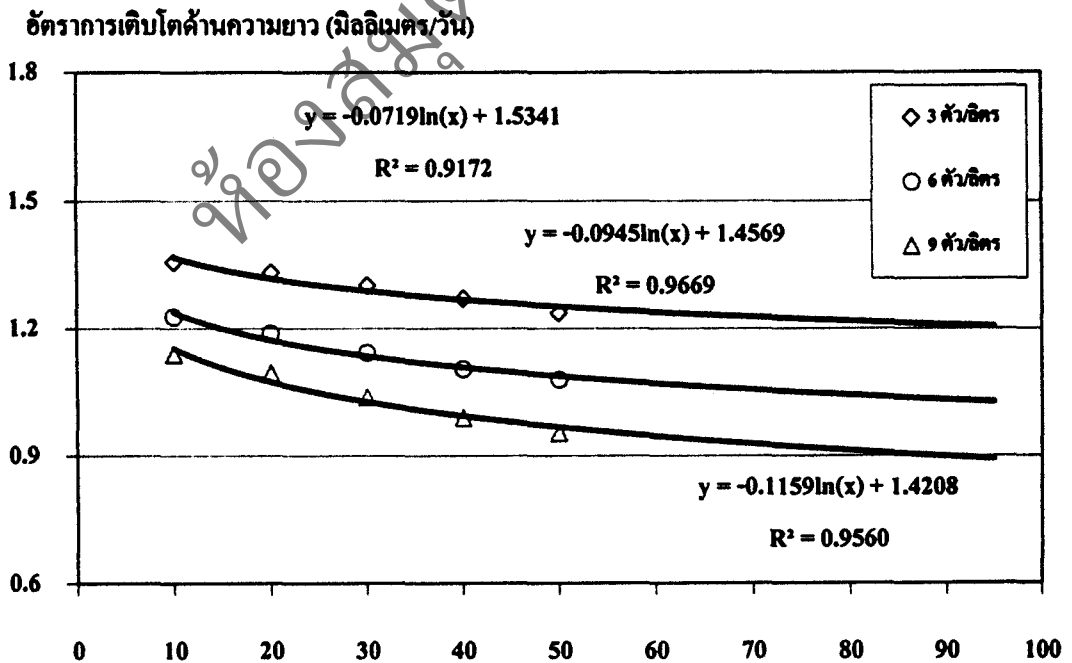
$$Y (\text{ความยาวเพิ่มต่อวัน}) = 1.4569 - 0.0945 \ln(X) (\text{ความลึกน้ำ; เซนติเมตร}) \quad R^2 = 0.9669$$

- 3) สมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการอนุบาลที่อัตราปล่อย 9 ตัว/ลิตร

$$Y (\text{ความยาวเพิ่มต่อวัน}) = 1.4208 - 0.1159 \ln(X) (\text{ความลึกน้ำ; เซนติเมตร}) \quad R^2 = 0.9560$$



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ของอัตราการเติบโตด้านความยาวของแต่ละระดับความลึกน้ำต่อปัจจัยอัตราปล่อยที่ต่างกัน ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ของอัตราการเติบโตด้านความยาวของแต่ละอัตราปล่อยต่อปัจจัยความลึกน้ำที่อนุบาลที่ต่างกัน ในระยะเวลาการทดลอง 5 สัปดาห์

2.2 แบบจำลองขนาดและอัตราการเติบโตของลูกปลา

จากการวิเคราะห์การถดถอยแบบหลายตัวแปรเพื่อสร้างแบบจำลองการประเมินและทำนายขนาดความยาวและอัตราการเติบโตของลูกปลาช่อนที่อนุบาลต่อปัจจัยอัตราปล่อย ปัจจัยความลึกน้ำที่อนุบาล และปัจจัยระยะเวลาการอนุบาลด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบหลายชั้น (Multiple linear regression) ดังรายละเอียดการวิเคราะห์ในตารางภาคผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์พบว่า สมการความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดและมีความน่าเชื่อถือมากคือ Y (ความยาวปลา; มิลลิเมตร) = $35.0545 - 0.701778X_1$ (อัตราปล่อย; ตัว/ลิตร) + $1.18034X_2$ (ระยะเวลาอนุบาล; วัน) - $0.062283X_3$ (ความลึกน้ำ; เซนติเมตร) โดยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับแล้ว (adjust R^2) มีค่าเท่ากับ 0.9761 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าผลผลิต (Standard error of estimate) มีค่าเท่ากับ 2.1867 ส่วนการวิเคราะห์การยอมรับของสมการความสัมพันธ์ที่ได้พบว่ามีระดับความน่าเชื่อถืออย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) โดยค่าตัวแปรตามหรือความยาวปลาที่ได้จากการทดลองอนุบาลมีความสัมพันธ์โดยตรงกับกับค่าตัวแปรอิสระทั้ง 3 ปัจจัยดังกล่าวถึงร้อยละ 97.61 และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบหลายชั้นของตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัวแปรที่ประมาณได้ ก็มีระดับความน่าเชื่อถืออย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$)

3. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน

3.1 การคำนวณต้นทุนการผลิต

การศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ของวงจรอนุบาลลูกปลาช่อนขนาด 2-3 เซนติเมตร ให้ได้ขนาด 5-7 เซนติเมตร ในระบบน้ำไหลผ่านในบ่อคอนกรีตกลมที่มีอัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ ได้ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนโดยคำนวณรายละเอียดต้นทุนทั้งหมดจากต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรของระยะเวลาโดยมีจำนวนวันที่ดำเนินการอนุบาลจนลูกปลาช่อนจนได้ขนาดความยาวเฉลี่ย 6.0 เซนติเมตร ที่ต่างกัน ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณระยะเวลาการอนุบาลดังในตารางที่ 14 และการคำนวณต้นทุนในตารางที่ 15, 17 และ 19

(1) ต้นทุนคงที่ การคำนวณค่าต้นทุนคงที่ของการศึกษาในครั้งนี้ประกอบด้วย

- ค่าเสื่อมราคา คำนวณโดยวิธีเส้นตรง ซึ่งกำหนดให้มูลค่าซากมีค่าเท่ากับศูนย์เมื่อหมดอายุใช้งาน อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองที่นำมาคำนวณค่าเสื่อมราคาประกอบด้วย บ่อคอนกรีตกลม อุปกรณ์เครื่องให้อากาศและระบบการให้อากาศ และอุปกรณ์เครื่องสูบน้ำและระบบการควบคุมและจ่ายน้ำ ซึ่งคำนวณจากราคาอุปกรณ์ที่จัดซื้อจริงในช่วงเวลาที่ผ่านมาร่วมด้วยอายุใช้งานที่ประเมินของแต่ละประเภทอุปกรณ์ที่ดำเนินการจริงของแต่ละชุดการทดลอง

- ค่าเสียโอกาสในการลงทุน คำนวณจากอัตราดอกเบี้ยของเงินฝากประจำ 12 เดือน ของธนาคารพาณิชย์ในช่วงที่ทำการทดลองปี 2549 ซึ่งมีอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 3 ต่อปี รวมกับระยะเวลาที่ดำเนินการจริงของแต่ละชุดการทดลอง

ตารางที่ 14 ต้นทุนการผลิตของการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และระดับความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ

ชุดการทดลอง		ความยาวปลา(มม.)ที่ระยะเวลาการอนุบาล			ระยะเวลาอนุบาล ลูกปลาได้ความยาว ≥60.0 มม. (วัน)	ความยาวลูก ปลาที่ได้จาก การประเมิน
อัตรา ปล่อย	ความลึก น้ำ	สัปดาห์ที่ 3 (21 วัน)	สัปดาห์ที่ 4 (28 วัน)	สัปดาห์ที่ 5 (35 วัน)		
3 ตัว/ลิตร	10 ซม.	59.72	67.60	75.51	22	60.8
	20 ซม.	58.82	67.01	74.58	22	60.0
	30 ซม.	57.84	66.18	73.61	23	60.2
	40 ซม.	56.54	64.95	72.47	24	60.1
	50 ซม.	55.66	63.77	71.32	25	60.3
6 ตัว/ลิตร	10 ซม.	56.26	63.90	70.99	25	60.6
	20 ซม.	56.12	63.38	69.64	25	60.3
	30 ซม.	55.19	62.11	68.04	26	60.1
	40 ซม.	53.44	60.87	66.66	28	60.9
	50 ซม.	53.17	60.00	65.80	28	60.0
9 ตัว/ลิตร	10 ซม.	53.29	60.22	67.89	28	60.2
	20 ซม.	52.56	59.57	66.26	29	60.5
	30 ซม.	52.55	59.14	64.37	30	60.6
	40 ซม.	51.66	58.52	62.61	31	60.3
	50 ซม.	50.32	56.60	61.43	33	60.1

(2) ต้นทุนผันแปร การคำนวณค่าต้นทุนผันแปรของการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย

- ค่าพันธุ์ปลาช่อน คำนวณจากราคาจำหน่ายลูกพันธุ์ปลาช่อนของกรมประมงที่กำหนดให้ลูกปลาขนาด 2-3 เซนติเมตร มีราคาจำหน่ายตัวละ 0.20 บาท

- ค่าอาหารปลา คำนวณจากปริมาณอาหารที่ใช้จริงตลอดระยะเวลาการทดลองของแต่ละชุดการทดลองร่วมกับราคาอาหารที่จัดหาซึ่งมีราคากิโลกรัมละ 50 บาท

- ค่าแรงงาน คำนวณจากอัตราค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำรายวัน วันละ 163 บาท รวมกับระยะเวลาที่ปฏิบัติงานจริงวันละประมาณ 8 ชั่วโมงต่อระบบการทดลอง (รวม 45 ถึงอนุบาล) แล้วจำแนกสัดส่วน

ค่าแรงงานออกเป็นรายบ่ออนุบาลตามแต่ละขนาดบ่อทดลองที่ดำเนินการ ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการดูแล
ดูแลก่อน ให้อาหาร เป็นสัดส่วนที่ใกล้เคียงกับสัดส่วนของขนาดบ่ออนุบาลที่มีค่าเท่ากับ 1:2:3:4:5

- ค่าไฟฟ้า คำนวณจากปริมาณความต้องการกระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์เครื่องสูบน้ำและ
เครื่องให้อากาศร่วมกับระยะเวลาที่ใช้งานและราคาค่ากระแสไฟฟ้าต่อหน่วย

- ค่าเสียโอกาสในการลงทุน คำนวณจากอัตราดอกเบี้ยของเงินฝากประจำ 12 เดือน ของ
ธนาคารพาณิชย์ในช่วงที่ทำการทดลองปี 2549 ซึ่งมีอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 3 ต่อปี ร่วมกับระยะเวลาที่
ดำเนินการจริงของแต่ละชุดการทดลอง

3.2 ต้นทุนการผลิตรวม

จากการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่มีอัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร และ
ระดับความลึกน้ำ 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบมีต้นทุนการผลิตทั้งหมด
เท่ากับ 109.94, 199.42, 295.62, 393.94 และ 495.78 บาท ตามลำดับ ซึ่งสามารถแยกเป็นต้นทุนผันแปร
เท่ากับ 105.02 บาท (95.53%), 194.50 บาท (97.53%), 290.48 บาท (98.26%), 388.58 บาท (98.64%) และ
490.19 บาท (98.87%) และต้นทุนคงที่ของทุกชุดการทดลองเท่ากับ 4.92 (4.47%), 4.92 (2.47%), 5.14
(1.74%), 5.37 (1.36%) และ 5.59 (1.13%) ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

โดยลูกปลาช่อนที่ทดลองอนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่มีอัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร และระดับ
ความลึกน้ำ 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบมีต้นทุนการผลิตทั้งหมดเท่ากับ
173.25, 323.64, 477.95, 649.22 และ 791.74 บาท ตามลำดับ ซึ่งสามารถแยกเป็นต้นทุนผันแปรเท่ากับ
167.66 บาท (96.77%), 318.05 บาท (98.27%), 472.13 บาท (98.78%), 642.96 บาท (99.04%) และ 785.47
บาท (99.21%) และต้นทุนคงที่ของทุกชุดการทดลองเท่ากับ 5.59 (3.23%), 5.59 (1.73%), 5.81 (1.22%),
6.26 (0.96%) และ 6.26 (0.79%) ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

และลูกปลาช่อนที่ทดลองอนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่มีอัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร และระดับ
ความลึกน้ำ 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบมีต้นทุนการผลิตทั้งหมดเท่ากับ
230.63, 442.79, 658.96, 872.09 และ 1,090.85 บาท ตามลำดับ ซึ่งสามารถแยกเป็นต้นทุนผันแปรเท่ากับ
224.37 บาท (97.28%), 436.30 บาท (98.54%), 652.25 บาท (98.98%), 865.16 บาท (99.20%) และ
1,083.46 บาท (99.32%) และต้นทุนคงที่ของทุกชุดการทดลองเท่ากับ 6.26 (2.72%), 6.49 (1.46%), 6.71
(1.02%), 6.93 (0.80%) และ 7.38 (0.68%) ตามลำดับ (ตารางที่ 19)

3.3 ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย

เมื่ออนุบาลลูกปลาช่อนจนมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 6.0 เซนติเมตร ในบ่อคอนกรีตกลมที่
อัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร ที่ระดับความลึกน้ำ 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร พบมีต้นทุนการผลิตต่อ
หน่วยเท่ากับ 0.68, 0.62, 0.61, 0.62 และ 0.62 บาทต่อตัว ตามลำดับ ที่อัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร พบมี

ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 0.53, 0.50, 0.50, 0.51 และ 0.50 บาทต่อตัว ตามลำดับ และที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร พบมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 0.49, 0.47, 0.47, 0.47 และ 0.48 บาทต่อตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 15, 17 และ 19)

3.4 รายได้ กำไร และผลตอบแทนต่อการลงทุน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการอนุบาลลูกปลาส่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร ด้วยระดับความลึกน้ำ 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร พบมีรายได้ทั้งหมดเท่ากับ 97.20, 193.08, 288.59, 383.40 และ 478.60 บาท มีรายได้สุทธิเท่ากับ -7.82, -1.42, -1.90, -5.18 และ -11.59 บาท มีกำไรสุทธิเท่ากับ -12.74, -6.34, -7.04, -10.54 และ -17.18 บาท และมีผลตอบแทนต่อการลงทุนร้อยละ -11.59, -3.18, -2.38, -2.68 และ -3.47 ตามลำดับ (ตารางที่ 16)

โดยลูกปลาส่อนที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร ด้วยระดับความลึกน้ำ 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร มีรายได้ทั้งหมดเท่ากับ 194.59, 385.39, 571.21, 763.78 และ 984.02 บาท มีรายได้สุทธิเท่ากับ 26.93, 67.34, 99.08, 120.82 และ 162.55 บาท กำไรสุทธิเท่ากับ 21.34, 61.75, 93.27, 114.56 และ 156.29 บาท มีผลตอบแทนต่อการลงทุนร้อยละ 12.32, 19.08, 19.51, 17.65 และ 19.74 ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

และลูกปลาส่อนที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร ด้วยระดับความลึกน้ำ 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร มีรายได้ทั้งหมดเท่ากับ 283.01, 560.97, 844.57, 1,122.34 และ 1,377.32 บาท มีรายได้สุทธิเท่ากับ 58.64, 124.67, 192.32, 257.18 และ 293.86 บาท กำไรสุทธิเท่ากับ 52.38, 118.18, 185.61, 250.24 และ 286.48 บาท มีผลตอบแทนต่อการลงทุนร้อยละ 22.71, 26.69, 28.17, 28.69 และ 26.26 ตามลำดับ (ตารางที่ 20)

3.5 เปรียบเทียบต้นทุน รายได้ กำไรสุทธิ และผลตอบแทน

เมื่อนำข้อมูลผลการดำเนินการอนุบาลจากการศึกษาทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับกันดังในตารางที่ 21 โดยทำการเปรียบเทียบในหน่วยของต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนต่อวัน เนื่องจากการอนุบาลมีจำนวนวันที่ดำเนินการอนุบาลจนลูกปลาส่อนได้ขนาดความยาวเฉลี่ย 6.0 เซนติเมตร ไม่เท่ากัน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ต้นทุนการผลิตรวมทั้งหมดของการอนุบาลลูกปลาส่อนที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร ความลึกน้ำ 50 เซนติเมตร มีจำนวนมากที่สุดเท่ากับ 1,090.85 บาท และที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร ความลึกน้ำ 40 เซนติเมตร มีจำนวนมารองลงมาเท่ากับ 872.09 บาท ซึ่งทั้งสองหน่วยการทดลองพบมีต้นทุนการผลิตต่อตัวต่อวันต่ำสุดในจำนวนที่เท่ากันคือ 0.015 บาทต่อตัวต่อวัน แต่มีปริมาณการลงทุนที่ต่างกันจำนวน 218.76 บาท

ตารางที่ 15 ต้นทุนการผลิตของการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ

รายละเอียดต้นทุน	ระดับความลึกน้ำ									
	10 เซนติเมตร		20 เซนติเมตร		30 เซนติเมตร		40 เซนติเมตร		50 เซนติเมตร	
	บาท	%	บาท	%	บาท	%	บาท	%	บาท	%
ต้นทุนผันแปร										
- ค่าพันธุ์ปลา	36.00	32.74	72.00	36.10	108.00	36.53	144.00	36.55	180.00	36.31
- ค่าอาหารปลา	23.98	21.81	45.57	22.85	68.88	23.30	91.50	23.23	114.86	23.17
- ค่าสารเคมีและยา (เกลือ)	1.25	1.14	2.50	1.25	3.75	1.27	5.00	1.27	6.25	1.26
- ค่าแรงงาน	26.5	24.16	53.13	26.64	83.31	28.18	115.91	29.42	150.93	30.44
- ค่าไฟฟ้า	17.05	15.50	20.96	10.51	26.00	8.79	31.39	7.97	37.15	7.49
- ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	0.19	0.17	0.35	0.18	0.55	0.19	0.76	0.19	1.01	0.20
รวมต้นทุนผันแปร	105.02	95.53	194.50	97.53	290.48	98.26	388.58	98.64	490.19	98.87
ต้นทุนคงที่										
- ค่าเสื่อมราคาบ่อคอนกรีต	2.89	2.63	2.89	1.45	3.02	1.02	3.16	0.80	3.29	0.66
- ค่าเสื่อมราคาเครื่องให้อากาศ	1.51	1.37	1.51	0.76	1.58	0.53	1.64	0.42	1.71	0.35
- ค่าเสื่อมราคาเครื่องสูบน้ำแบบจุ่ม	0.51	0.46	0.51	0.26	0.53	0.18	0.56	0.14	0.58	0.12
- ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
รวมต้นทุนคงที่	4.92	4.47	4.92	2.47	5.14	1.74	5.37	1.36	5.59	1.13
ต้นทุนการผลิตทั้งหมด (บาท)	109.94	100	199.42	100	295.62	100	393.94	100	495.78	100
จำนวนลูกปลาเฉลี่ยที่ได้ (ตัว)	162.00		321.80		480.98		639.00		797.70	
ต้นทุนการผลิตต่อตัว (บาท/ตัว)	0.68		0.62		0.61		0.62		0.62	

ตารางที่ 16 ต้นทุนและผลตอบแทนต่อการลงทุนของการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ

ต้นทุนและผลตอบแทน	ระดับความลึกน้ำ				
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร
ต้นทุนทั้งหมด (บาท/บ่อ)	109.94	199.42	295.62	393.94	495.78
ต้นทุนคงที่ (บาท/บ่อ)	4.92	4.92	5.14	5.37	5.59
ต้นทุนผันแปร (บาท/บ่อ)	105.02	194.50	290.48	388.58	490.19
รายได้ทั้งหมด (บาท/บ่อ)	97.20	193.08	288.59	383.40	478.60
รายได้สุทธิ (บาท/บ่อ)	-7.82	-1.42	-1.90	-5.18	-11.59
กำไรสุทธิ (บาท/บ่อ)	-12.74	-6.34	-7.04	-10.54	-17.18
ผลตอบแทนต่อการลงทุน (%)	-11.59	-3.18	-2.38	-2.68	-3.47
ราคาจำหน่าย	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

ตารางที่ 17 ต้นทุนการผลิตของการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร
และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ

รายละเอียดต้นทุน	ระดับความลึกน้ำ									
	10 เซนติเมตร		20 เซนติเมตร		30 เซนติเมตร		40 เซนติเมตร		50 เซนติเมตร	
	บาท	%	บาท	%	บาท	%	บาท	%	บาท	%
ต้นทุนผันแปร										
- ค่าพันธุ์ปลา	72.00	41.56	144.00	44.49	216.00	45.19	288.00	44.36	360.00	45.47
- ค่าอาหารปลา	44.51	25.69	86.71	26.79	127.81	26.74	176.62	27.21	209.75	26.49
- ค่าสารเคมีและยา (เกลือ)	1.25	0.72	2.50	0.77	3.75	0.78	5.00	0.77	6.25	0.79
- ค่าแรงงาน	30.19	17.42	60.37	18.65	94.18	19.70	135.23	20.83	169.04	21.35
- ค่าไฟฟ้า	19.37	11.18	23.81	7.36	29.39	6.15	36.63	5.64	38.63	4.88
- ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	0.34	0.20	0.65	0.20	1.01	0.21	1.48	0.23	1.80	0.23
รวมต้นทุนผันแปร	167.66	96.77	318.05	98.27	472.13	98.78	642.96	99.04	785.47	99.21
ต้นทุนคงที่										
- ค่าเสื่อมราคาบ่อคอนกรีต	3.29	1.90	3.29	1.02	3.42	0.72	3.68	0.57	3.68	0.47
- ค่าเสื่อมราคาเครื่องให้อากาศ	1.71	0.99	1.71	0.53	1.78	0.37	1.92	0.30	1.92	0.24
- ค่าเสื่อมราคาเครื่องสูบน้ำแบบจุ่ม	0.58	0.33	0.58	0.18	0.60	0.13	0.65	0.10	0.65	0.08
- ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
รวมต้นทุนคงที่	5.59	3.23	5.59	1.73	5.81	1.22	6.26	0.96	6.26	0.79
ต้นทุนการผลิตทั้งหมด (บาท)	173.25	100	323.64	100	477.95	100	649.22	100	791.74	100
จำนวนลูกปลาเฉลี่ยที่ได้ (ตัว)	324.32		642.31		952.02		1,272.9		1,580.0	
ต้นทุนการผลิตต่อตัว (บาท/ตัว)	0.53		0.50		0.50		0.51		0.50	

ตารางที่ 18 ต้นทุนและผลตอบแทนต่อการลงทุนของการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตรา
ปล่อย 6 ตัวต่อลิตร และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ

ต้นทุนและผลตอบแทน	ระดับความลึกน้ำ				
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร
ต้นทุนทั้งหมด (บาท/บ่อ)	173.25	323.64	477.95	649.22	791.74
ต้นทุนคงที่ (บาท/บ่อ)	5.59	5.59	5.81	6.26	6.26
ต้นทุนผันแปร (บาท/บ่อ)	167.66	318.05	472.13	642.96	785.47
รายได้ทั้งหมด (บาท/บ่อ)	194.59	385.39	571.21	763.78	984.02
รายได้สุทธิ (บาท/บ่อ)	26.93	67.34	99.08	120.82	162.55
กำไรสุทธิ (บาท/บ่อ)	21.34	61.75	93.27	114.56	156.29
ผลตอบแทนต่อการลงทุน (%)	12.32	19.08	19.51	17.65	19.74
ราคาจำหน่าย	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

ตารางที่ 19 ต้นทุนการผลิตของการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ

รายละเอียดต้นทุน	ระดับความลึกน้ำ									
	10 เซนติเมตร		20 เซนติเมตร		30 เซนติเมตร		40 เซนติเมตร		50 เซนติเมตร	
	บาท	%	บาท	%	บาท	%	บาท	%	บาท	%
ต้นทุนผันแปร										
- ค่าพันธุ์ปลา	108.00	46.83	216.00	48.78	324.00	49.17	432.00	49.54	540.00	49.50
- ค่าอาหารปลา	59.10	25.63	119.11	26.90	180.32	27.36	235.69	27.03	286.02	26.22
- ค่าสารเคมีและยา (เกลือ)	1.25	0.54	2.50	0.56	3.75	0.57	5.00	0.57	6.25	0.57
- ค่าแรงงาน	33.81	14.66	70.03	15.82	108.67	16.49	149.72	17.17	199.22	18.26
- ค่าไฟฟ้า	21.69	9.41	27.62	6.24	33.91	5.15	40.55	4.65	49.03	4.50
- ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	0.52	0.22	1.04	0.23	1.60	0.24	2.20	0.25	2.93	0.27
รวมต้นทุนผันแปร	224.37	97.28	436.30	98.54	652.25	98.98	865.16	99.20	1,083.46	99.32
ต้นทุนคงที่										
- ค่าเสื่อมราคาบ่อคอนกรีต	3.68	1.60	3.81	0.86	3.95	0.60	4.08	0.47	4.34	0.40
- ค่าเสื่อมราคาเครื่องให้อากาศ	1.92	0.83	1.99	0.45	2.05	0.31	2.12	0.24	2.26	0.21
- ค่าเสื่อมราคาเครื่องสูบน้ำแบบจุ่ม	0.65	0.28	0.67	0.15	0.69	0.11	0.72	0.08	0.76	0.07
- ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	0.01	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00
รวมต้นทุนคงที่	6.26	2.72	6.49	1.46	6.71	1.02	6.93	0.80	7.38	0.68
ต้นทุนการผลิตทั้งหมด (บาท)	230.63	100	442.79	100	658.96	100	872.09	100	1,090.85	100
จำนวนลูกปลาเฉลี่ยที่ได้ (ตัว)	471.69		934.96		1,407.62		1,870.56		2,295.54	
ต้นทุนการผลิตต่อตัว (บาท/ตัว)	0.49		0.47		0.47		0.47		0.48	

ตารางที่ 20 ต้นทุนและผลตอบแทนต่อการลงทุนของการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ

ต้นทุนและผลตอบแทน	ระดับความลึกน้ำ				
	10 เซนติเมตร	20 เซนติเมตร	30 เซนติเมตร	40 เซนติเมตร	50 เซนติเมตร
ต้นทุนทั้งหมด (บาท/บ่อ)	230.63	442.79	658.96	872.09	1,090.85
ต้นทุนคงที่ (บาท/บ่อ)	6.26	6.49	6.71	6.93	7.38
ต้นทุนผันแปร (บาท/บ่อ)	224.37	436.30	652.25	865.16	1,083.46
รายได้ทั้งหมด (บาท/บ่อ)	283.01	560.97	844.57	1,122.34	1,377.32
รายได้สุทธิ (บาท/บ่อ)	58.64	124.67	192.32	257.18	293.86
กำไรสุทธิ (บาท/บ่อ)	52.38	118.18	185.61	250.24	286.48
ผลตอบแทนต่อการลงทุน (%)	22.71	26.69	28.17	28.69	26.26
ราคาจำหน่าย	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

ตารางที่ 21 การเปรียบเทียบต้นทุน รายได้ กำไรสุทธิ และผลตอบแทนของการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อ
คอนกรีตกลมที่อัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ และความลึกน้ำที่ต่างกัน 5 ระดับ

อัตราปล่อย	ความลึก น้ำ (ซม.)	วันที่ อนุบาล (วัน)	ต้นทุน คัน แปร (บาท)	ต้นทุน คงที่ (บาท)	ต้นทุน การผลิต ทั้งหมด (บาท)	ต้นทุนการ ผลิตต่อตัว (บาท/ตัว)	ต้นทุน การผลิต ต่อตัว (บาท/ตัววัน)	รายได้ (บาท)	รายได้ ต่อวัน (บาท/วัน)	กำไร สุทธิ (บาท)	กำไรสุทธิ (บาท/วัน)	ผลตอบแทน ต่อการ ลงทุน (%)
3 ตัว/ลิตร	10	22	105.02	4.91	109.94	0.68	0.031	97.20	4.42	-12.74	-0.58	-11.59
	20	22	194.5	4.91	199.42	0.62	0.028	193.08	8.78	-6.34	-0.29	-3.18
	30	23	290.48	5.13	295.62	0.61	0.027	288.59	12.55	-7.04	-0.31	-2.38
	40	24	388.58	5.36	393.94	0.62	0.026	383.40	15.98	-10.54	-0.44	-2.68
	50	25	490.19	5.58	495.78	0.62	0.025	478.6	19.14	-17.18	-0.69	-3.47
6 ตัว/ลิตร	10	25	167.66	5.58	173.25	0.53	0.021	194.59	7.78	21.34	0.85	12.32
	20	25	318.05	5.58	323.64	0.50	0.020	385.39	15.42	61.75	2.47	19.08
	30	26	472.13	5.58	477.95	0.50	0.019	571.21	21.97	93.27	3.59	19.51
	40	28	642.96	6.25	649.22	0.51	0.018	763.78	27.28	114.56	4.09	17.65
	50	28	785.47	6.25	791.74	0.50	0.018	948.02	33.86	156.29	5.58	19.74
9 ตัว/ลิตร	10	28	224.37	6.25	230.63	0.49	0.018	283.01	10.11	52.38	1.87	22.71
	20	29	436.9	6.47	442.79	0.47	0.016	560.97	19.34	118.18	4.08	26.69
	30	30	652.25	6.69	658.96	0.47	0.016	844.57	28.15	185.61	6.19	28.17
	40	31	865.16	6.92	872.09	0.47	0.015	1,122.34	36.20	250.24	8.07	28.69
	50	33	1,083.46	7.36	1,090.85	0.48	0.015	1,377.32	41.74	286.48	8.68	26.26

สำหรับผลตอบแทนที่เป็นรายได้พบว่าการอนุบาลลูกปลาช่อนที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร ความลึกน้ำ 50 เซนติเมตร มีรายได้มากที่สุดจำนวน 1,377.32 บาท และที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร ความลึกน้ำ 40 เซนติเมตร มีรายได้มากรองลงมาจำนวน 1,122.34 บาท โดยมีส่วนต่างรายได้จำนวน 254.98 บาท และเมื่อพิจารณาถึงรายได้คือจึ้นพบว่าการอนุบาลลูกปลาช่อนที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร ความลึกน้ำ 50 เซนติเมตร มีรายได้ต่อวันและกำไรสุทธิต่อวันมากที่สุด 41.74 และ 8.68 บาท และที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร ความลึกน้ำ 40 เซนติเมตร มีรายได้ต่อวันและกำไรสุทธิต่อวันมากรองลงมา 36.20 และ 8.07 บาท โดยเมื่อนำส่วนต่างของเงินลงทุน 218.76 บาท และผลตอบแทนเพิ่มขึ้น 254.98 บาท มาวิเคราะห์พบว่า ถ้าหากดำเนินการอนุบาลที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร ความลึกน้ำ 40 เซนติเมตร แล้วต้องการเปลี่ยนไปเป็นอนุบาลที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร ความลึกน้ำ 50 เซนติเมตร จะได้รับผลตอบแทนต่อการลงทุนของเงินลงทุนเพิ่มขึ้น 218.76 บาท เท่ากับร้อยละ 16.56 ซึ่งผลตอบแทนดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าผลตอบแทนจากการลงทุนที่ได้รับจากการอนุบาลลูกปลาช่อนที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร ความลึกน้ำ 40 เซนติเมตร ที่พบมีผลตอบแทนมากที่สุดจำนวนร้อยละ 28.69

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. การเติบโตของลูกปลาช่อน

1.1 เปรียบเทียบอัตราการเติบโตของการอนุบาลลูกปลาช่อน

จากการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนขนาด 2-3 เซนติเมตร (เฉลี่ย 2.80 เซนติเมตร) ที่อัตราปล่อยต่างกัน 3 ระดับ ในบ่ออนุบาลที่มีความลึกน้ำ 5 ระดับ พบลูกปลาช่อนที่อนุบาลมีการเติบโตด้านความยาวระหว่าง 0.95-1.36 มิลลิเมตรต่อวัน โดยที่ระดับอัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยทั้ง 5 ระดับความลึกน้ำต่ำที่สุดเท่ากับ 1.04 มิลลิเมตรต่อวัน ระดับอัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยทั้ง 5 ระดับความลึกน้ำเท่ากับ 1.15 มิลลิเมตรต่อวัน และระดับอัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยทั้ง 5 ระดับความลึกน้ำที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 1.30 มิลลิเมตรต่อวัน ผลการอนุบาลที่อัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร มีการเติบโตด้านความยาวเฉลี่ยมากกว่าอัตราปล่อย 6 และ 9 ตัวต่อลิตร และที่ระดับอัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร มีการเติบโตมากกว่าที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร ซึ่งจากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระดับอัตราปล่อยที่ต่างกันนั้นมีผลต่อการเติบโตของลูกปลาช่อนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระดับอัตราปล่อยที่ต่ำกว่าจะมีผลให้ลูกปลาช่อนมีการเติบโตที่ต่ำกว่าอย่างชัดเจน (ตารางที่ 13)

ผลการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนในครั้งนี้ พบว่าอัตราการเติบโตด้านความยาวดีที่สุดอยู่ที่อัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร ที่ระดับความลึกน้ำ 10 เซนติเมตร โดยมีค่าเฉลี่ย 1.36 มิลลิเมตรต่อวัน ในระยะเวลาการอนุบาล 35 วัน (ตารางที่ 13) จากการเติบโตดังกล่าวพบมีค่าที่ใกล้เคียงกับผลการศึกษาของณพัชร และ บุญส่ง (2553) ที่อนุบาลลูกปลาช่อนขนาด 2-3 เซนติเมตร ในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 0.5-2 ตารางเมตร ที่อัตราปล่อยต่างกัน 5 ระดับในระยะเวลา 28-35 วัน ได้ลูกปลาขนาด 5-7 เซนติเมตร ซึ่งพบมีการเติบโตด้านความยาวเฉลี่ย 0.91-1.57 มิลลิเมตรต่อวัน และใกล้เคียงกับการศึกษาของทวี และ จินตนา (2539) ที่อนุบาลลูกปลาช่อนขนาด 2.33 เซนติเมตร ในบ่อคอนกรีตกลมขนาด 150 ลิตร ที่อัตราปล่อย 125 ตัวต่อน้ำ 150 ลิตร ในระยะเวลาการอนุบาล 14 วัน ได้ลูกปลาช่อนขนาด 4.9 เซนติเมตร ซึ่งมีการเติบโตด้านความยาวเฉลี่ย 0.70-1.9 มิลลิเมตรต่อวัน (ตารางที่ 22)

1.2 เปรียบเทียบอัตราการเติบโตของการอนุบาลกับปลาชนิดอื่น

จากผลการศึกษาก่อนการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมในระบบน้ำไหลผ่านครั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบอัตราการเติบโตด้านความยาวกับลูกปลาชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะในกลุ่มปลาที่มีนิสัยชอบกินเนื้อเป็นอาหารเช่นเดียวกัน พบว่า ผลการอนุบาลลูกปลาช่อนในครั้งนี้ ซึ่งมีอัตราการเติบโตด้านความยาวเฉลี่ยของทุกชุดการทดลองเท่ากับ 1.15 มิลลิเมตรต่อวัน (พิสัยระหว่าง 0.95-1.36 มิลลิเมตรต่อวัน) มีปริมาณการเติบโตด้านความยาวของลูกปลาช่อนใกล้เคียงกับการอนุบาลลูกปลาชนิดต่างๆ จากขนาด 2-3 เซนติเมตร ให้ได้ขนาด 5-6 เซนติเมตร หรือ 7-8 เซนติเมตร เช่น การอนุบาลลูกปลาสลิดในบ่อคอนกรีต

กลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 เซนติเมตร (ศราวุธ และคณะ, 2537) การอนุบาลลูกปลาทดลองในบ่อคอนกรีตกลมขนาดความจุน้ำ 1,500 ลิตร (ขงยุทธ และ วิศณุพร, 2538) ที่พบมีอัตราการเติบโตด้านความยาวเฉลี่ยระหว่าง 0.74-1.25, 0.9-1.1 มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับ แต่มีค่ามากกว่าการอนุบาลลูกปลาแขยงข้างลายในตู้กระจกที่มีความจุน้ำ 120 ลิตร (สุพัทธ์ และ ธราพันธ์, 2547) และการอนุบาลลูกปลาในบ่อซีเมนต์ขนาด 6 ตารางเมตร (จิราภา และคณะ, 2551) ที่พบมีอัตราการเติบโตด้านความยาวเฉลี่ยระหว่าง 0.4-0.5 และ 0.4-0.6 มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 22)

2. ผลของอิทธิพลของสองปัจจัย

จากการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนในระดับอัตราปล่อยที่ต่างกันและระดับความลึกน้ำที่ต่างกันในครั้งนี้พบว่า ผลการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าทั้งสองปัจจัยทดลองนั้น ไม่พบมีอิทธิพลร่วมกัน แต่ก็แสดงแนวโน้มให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของการเติบโตว่า การอนุบาลลูกปลาด้วยอัตราปล่อย (ตัวต่อปริมาตรน้ำ) และระดับความลึกน้ำที่ต่างกันนั้น การเปลี่ยนแปลงระดับความลึกน้ำที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำที่ใช้อนุบาลมากขึ้น ซึ่งเป็นผลให้มีจำนวนลูกปลาที่ทำการอนุบาลในบ่อทดลองเพิ่มขึ้น และส่งผลไปถึงระดับอัตราการเติบโตของลูกปลาที่ลดลงตามลำดับ ดังนั้นในการทำการทดลองอนุบาลหรือเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นอัตราปล่อยที่แตกต่างกันตามหน่วยความหนาแน่นต่อปริมาตรน้ำนั้น แต่หากไม่ได้มีการประเมินถึงอิทธิพลของระดับความลึกน้ำที่ใช้อนุบาลหรือเลี้ยงที่ต่างกันด้วยแล้ว อาจนำไปสู่การสรุปผลการทดลองที่ไม่ครอบคลุมเพียงพอต่อการนำไปปฏิบัติของเกษตรกรหรือผู้รับถ่ายทอดความรู้ไปดำเนินการ โดยผลการศึกษาที่สรุปไว้นั้นอาจจะไม่ได้มาจากอิทธิพลของอัตราปล่อยที่กำหนดไว้ในกรทดลองเพียงปัจจัยเดียว แต่ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีอิทธิพลและส่งผลแฝงอยู่ในข้อมูลของขนาดปลาและการเติบโตที่พบจากการทดลอง โดยที่ผู้ที่ทำการศึกษานั้นอาจจะไม่ได้อ้างอิงไว้หรือไม่ได้คำนึงถึง และเมื่อมีผู้นำผลการศึกษาดังกล่าวไปดำเนินการต่อหรือไปศึกษาต่อยอดก็จะทำให้ได้ผลทดลองที่ได้ไม่ตรงกัน เพราะปัจจัยสภาพแวดล้อมของระบบหรือของการทดลองที่แฝงอยู่ ซึ่งผู้วิจัยไม่ได้รายงานให้ทราบนั้นมีความแตกต่างกันออกไป

อย่างไรก็ตามผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถยืนยันให้เห็นอย่างชัดเจนถึงอิทธิพลของระดับความลึกน้ำที่ต่างกันแต่มีจำนวนปลาปล่อยอนุบาลเท่ากัน โดยระดับความลึกน้ำที่มีค่ามากกว่าจะมีผลต่อการเติบโตของลูกปลาทดลองเพิ่มมากขึ้น แต่ปริมาณความแตกต่างของการเติบโตนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณปลาทดลองและระดับความลึกน้ำที่ใช้ทดลอง (ตารางที่ 3 และ 12 และภาพที่ 6) สำหรับการประเมินผลของระดับความลึกน้ำที่มีประสิทธิภาพต่อการเติบโตของลูกปลาช่อนโดยที่จำนวนตัวของลูกปลาทดลองมีการเปลี่ยนแปลงผันแปรตามปริมาตรน้ำที่ใช้ในการอนุบาลด้วยนั้น การทดลองในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของระดับอัตราปล่อยและการเปลี่ยนแปลงของระดับความลึกน้ำที่ใช้อนุบาลที่เพิ่มขึ้น จะมีผลให้ลูกปลามีการเติบโตลดลงตามสมการ Y (การเติบโตความยาว, มิลลิเมตร/วัน) = $1.53174 - 0.043733X_1$

(อัตราปล่อย) - 0.0035478X₂ (ความลึกน้ำ) โดยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำเพิ่มขึ้นจำนวนหนึ่งหน่วยหรือหนึ่งเซนติเมตร จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเติบโตลดลงจำนวน 0.0035478 เท่าของการเติบโตเดิม และเมื่อเพิ่มอัตราปล่อยมากขึ้นจำนวนหนึ่งหน่วยหรือเท่ากับ 1 ตัวต่อน้ำหนึ่งลิตร ก็จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเติบโตลดลงจำนวน 0.043733 เท่าของการเติบโตเดิม ดังนั้น จากระบบการทดลองในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงขนาดการเติบโตของความยาวปลา (มิลลิเมตรต่อวัน) โดยการเพิ่มหรือลดอัตราการปล่อยปลาหรือระดับความลึกน้ำที่ใช้อนุบาลนั้น จะมีผลต่อการเติบโตของลูกปลาช่อนที่แตกต่างกัน โดยการเปลี่ยนแปลงระดับความลึกน้ำที่เพิ่มขึ้นจำนวน 12.33 หน่วย หรือจำนวนเท่ากับ 12.33 เซนติเมตร ($0.043733/0.0035478 = 12.327$) หรือคิดเป็นปริมาตรน้ำเท่ากับ 74 ลิตร นั้น จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเติบโตของลูกปลาช่อนลดลงในปริมาณที่ใกล้เคียงหรือเท่ากับการเปลี่ยนแปลงระดับอัตราปล่อยที่เพิ่มขึ้นจำนวนหนึ่งหน่วยหรือจำนวน 1 ตัวต่อลิตร

3. การศึกษาด้านทุนและผลตอบแทน

จากการศึกษาด้านทุนการผลิตของการอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร ที่ความลึกน้ำต่างกัน 5 ระดับ (10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร) มีค่าระหว่าง 109.94-495.78 บาทต่อบ่อ ประกอบด้วยต้นทุนผันแปรร้อยละ 95.53-98.87 ส่วนการอนุบาลลูกปลาในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร มีค่าระหว่าง 173.25-791.74 บาทต่อบ่อ ประกอบด้วยต้นทุนผันแปรร้อยละ 96.77-99.21 สำหรับการอนุบาลในบ่อคอนกรีตกลมที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร มีค่าระหว่าง 230.63-1,090.85 บาทต่อบ่อ ประกอบด้วยต้นทุนผันแปรร้อยละ 97.28-99.32 โดยเมื่ออนุบาลลูกปลาที่อัตราปล่อยมากขึ้นพบมีต้นทุนเพิ่มมากขึ้น ต้นทุนการผลิตที่เพิ่มมากขึ้นได้แก่ ค่าพันธุ์ปลา ค่าอาหารปลา ค่าแรงงาน และค่าไฟฟ้า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาด้านทุนการผลิตในการอนุบาลลูกปลาหลายชนิด ได้แก่ ปลากดแก้ว (ขงยุทธ และ วิชญพร, 2538) ปลาดุกบิ๊กอุย (สมศักดิ์ และคณะ, 2539) ปลาจืด (สง่า และคณะ, 2543) ปลามอ (อนันต์ และ เจริญไชย, 2544) และ ปลาช่อน (ฉพัชร และ บุญส่ง, 2553) โดยเมื่อพิจารณารายละเอียดต้นทุนผันแปรที่เป็นค่าอาหารของการอนุบาลลูกปลาช่อนครั้งนี้มีค่าระหว่างร้อยละ 21.81-27.36 พบมีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกับการอนุบาลปลาช่อน (ฉพัชร และ บุญส่ง, 2553) และการอนุบาลปลาหมอ (อนันต์ และ เจริญไชย, 2544) ที่มีค่าระหว่างร้อยละ 7.67-37.89 และร้อยละ 9.09-44.09

จากการศึกษาด้านทุนการผลิตต่อตัวของลูกปลาช่อนที่อนุบาลในบ่อคอนกรีตที่อัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร พบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.61-0.68 บาท ที่อัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร มีค่าอยู่ระหว่าง 0.50-0.53 บาท และที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร มีค่าอยู่ระหว่าง 0.47-0.49 บาท โดยลูกปลาช่อนที่อนุบาลที่ระดับน้ำลึกระหว่าง 20-50 เซนติเมตร ของแต่ละระดับอัตราปล่อยพบมีต้นทุนการผลิตต่อตัวที่ใกล้เคียงกันมาก กล่าวคือ พบมีค่าระหว่าง 0.61-0.62, 0.50-0.51 และ 0.47-0.48 บาทต่อตัว ที่อัตราปล่อย 3, 6 และ 9 ตัวต่อลิตร ตามลำดับ และปริมาณต้นทุนการผลิตที่ระดับอัตราปล่อย 6 ตัวต่อลิตร มีปริมาณค่าใกล้เคียงกับที่ระดับอัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร แต่มีค่าแตกต่างมากกว่าที่ระดับอัตราปล่อย 3 ตัวต่อลิตร อย่างมาก ในขณะที่

ที่ลูกปลาที่อนุบาลที่ระดับความลึกน้ำ 10 เซนติเมตร นั้น พบมีต้นทุนการผลิตที่มากกว่าระดับน้ำลึกอื่นๆ ในทุกระดับอัตราปล่อย และการศึกษาค้นคว้าก็พบมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตเช่นเดียวกันกับการศึกษาอื่น ที่ต้นทุนการผลิตต่อตัวมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับอัตราปล่อยเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในพันธุ์ปลาหลายชนิด ได้แก่ ปลาสลิด (ศราวุธ และคณะ, 2537) ปลาอุกบึกอุย (สมศักดิ์ และคณะ, 2539) ปลาทราย (อนุสรณ์ และ เฉชา, 2540) ปลาหมอ (ศราวุธ และคณะ, 2547) และ ปลาร่อน (ฉพัชร และ บุญส่ง, 2553)

4. การประเมินความสัมพันธ์และแบบจำลองของปัจจัยขนาดพื้นที่ ความลึกน้ำ และอัตราปล่อย

การทดลองในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการกำหนดระดับปัจจัยไว้หลายชุดการทดลอง (treatment) ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยทั้งแบบตัวแปรเดียวและหลายตัวแปรที่สามารถประเมินสมการความสัมพันธ์และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของความสัมพันธ์ หรือการสร้างแบบจำลองเพื่อประเมินและแสดงให้เห็นอิทธิพลของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งสามารถเปรียบเทียบระดับอิทธิพลของทั้งสองปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตาม เช่น การเติบโตโดยความยาวปลา ทำให้สามารถทำนายหรือประเมินแนวโน้มที่เกิดขึ้นกับระดับปัจจัยที่ไม่ได้กำหนดไว้ในการทดลองได้อีกด้วย

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของการอนุบาลปลาร่อนต่อปัจจัยขนาดพื้นที่ ความลึกน้ำ และอัตราปล่อยที่ต่างกันในการอนุบาลลูกปลาร่อนขนาด 2-3 เซนติเมตร ให้ได้ขนาด 5-7 เซนติเมตร ของคณะผู้ดำเนินการวิจัย ซึ่งได้ดำเนินการทดลองรวม 2 การทดลอง นั้น เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทั้งสองชุดมาบูรณาการและวิเคราะห์การถดถอยแบบหลายชั้นหรือหลายตัวแปรร่วมกัน เพื่อประเมินอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ที่แสดงผลต่อการเติบโตหรือการใช้ประโยชน์พื้นที่เพื่อการเติบโตของลูกปลาร่อน ซึ่งจากข้อมูลด้านชีววิทยาสัตว์น้ำบ่งชี้ให้เห็นว่าปลาร่อนเป็นกลุ่มปลาประเภทไข่น้ำลอย ขณะที่เป็นตัวอ่อนระยะแรกฟักนั้น ลูกปลาจะอยู่อาศัยและหากินในระดับผิวน้ำเป็นเวลาหลายวัน จากนั้นจึงเริ่มปรับเปลี่ยนลงสู่ชั้นความลึกน้ำที่มากขึ้น ซึ่งแตกต่างไปจากกลุ่มลูกปลาจำพวกปลาสร้อย ปลาตะเพียน (Cyprinids) ที่ลูกปลาเริ่มใช้พื้นที่ตามความลึกน้ำได้มากกว่าตั้งแต่ระยะแรกฟัก ดังนั้นการศึกษาและประเมินผลการใช้พื้นที่ในเชิงมิติของความลึก (การเปลี่ยนแปลงขนาดภาชนะในแนวตั้งมีหน่วยเป็นเซนติเมตรของความสูง) และมิติของความกว้าง (การเปลี่ยนแปลงขนาดภาชนะในแนวนอนมีหน่วยเป็นเซนติเมตรของเส้นผ่านศูนย์กลาง) ของภาชนะทดลองร่วมกับอัตราความหนาแน่นของการอนุบาลลูกปลาร่อนในครั้งนี้ มีผลของการวิเคราะห์การถดถอยของการเติบโตด้านความยาวปลา (ตารางภาคผนวกที่ 4) ดังสมการ

$$Y \text{ (การเติบโตความยาว, มิลลิเมตร/วัน)} = 0.61215 - 0.0000399477X_1 \text{ (อัตราปล่อย; ตัว/ตารางเมตร)} - 0.0241964X_2 \text{ (อัตราปล่อย; ตัว/ลิตร)} + 0.000992243X_3 \text{ (ความลึกน้ำ; เซนติเมตร)} + 0.00772462X_4 \text{ (ความกว้างภาชนะโดยเส้นผ่านศูนย์กลาง; เซนติเมตร)}$$

โดยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับแล้ว (adjust R^2) มีค่าเท่ากับ 0.9387 และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (Standard error of estimate) มีค่าเท่ากับ 0.080018 ส่วนการวิเคราะห์การยอมรับของสมการความสัมพันธ์ที่ได้พบว่ามีระดับความน่าเชื่อถืออย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) โดยค่าตัวแปรตามหรือความยาวปลาที่ได้จากการอนุบาลมีความสัมพันธ์โดยตรงกับตัวแปรอิสระดังกล่าวถึงร้อยละ 93.87 และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้นตรงของตัวแปรอิสระที่ประมาณได้ทั้งหมดก็มีระดับความน่าเชื่อถืออย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ในเกือบทุกตัวแปร ยกเว้นปัจจัยความลึกน้ำ ($p = 0.37641$)

จากสมการความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณความหนาแน่นของอัตราปล่อยปลาอนุบาลทั้งจำนวนปลาต่อพื้นที่ (X_1) และจำนวนปลาต่อปริมาตรน้ำ (X_2) ที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อการเติบโตด้านความยาวของปลาในทิศทางผกผันคือปลาช่อนที่อนุบาลมีการเติบโตลดลง โดยการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของอัตราปล่อยเชิงพื้นที่จำนวนหนึ่งหน่วย หรือ 1 ตัวต่อตารางเมตร มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเติบโตลดลงจำนวน 0.0000399477 เท่าของการเติบโตด้านความยาวเดิม และการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของอัตราปล่อยเชิงปริมาตรน้ำจำนวนหนึ่งหน่วย หรือ 1 ตัวต่อลิตร มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเติบโตลดลงจำนวน 0.0241964 เท่าของการเติบโตด้านความยาวเดิม โดยการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นของอัตราปล่อยเชิงพื้นที่จำนวน 605 ตัวต่อตารางเมตร จะมีผลต่อการเติบโตด้านความยาวที่เปลี่ยนแปลงลดลงไปจากเดิมในปริมาณใกล้เคียงหรือเท่ากับการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นของอัตราปล่อยเชิงปริมาตรน้ำจำนวน 1 ตัวต่อลิตร

ทำนองเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงขนาดภาชนะที่ใช้ออนุบาลทั้งมิติเชิงความลึก (X_3) และเชิงความกว้าง (X_4) ที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อการเติบโตด้านความยาวของปลาช่อนที่อนุบาลเพิ่มขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงขนาดภาชนะอนุบาลด้านความลึกจำนวนหนึ่งหน่วยหรือ 1 เซนติเมตร มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเติบโตเพิ่มขึ้นจำนวน 0.000992243 เท่าของการเติบโตด้านความยาวเดิม และการเปลี่ยนแปลงขนาดภาชนะอนุบาลด้านความกว้างจำนวนหนึ่งหน่วย หรือ 1 เซนติเมตร ของเส้นผ่านศูนย์กลาง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเติบโตเพิ่มขึ้นจำนวน 0.00772462 เท่าของการเติบโตด้านความยาวเดิม โดยการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของขนาดภาชนะอนุบาลด้านความลึกจำนวน 7.78 เซนติเมตร มีผลต่อการเติบโตด้านความยาวที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นไปจากเดิมในปริมาณที่ใกล้เคียงหรือเท่ากับการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของขนาดภาชนะด้านความกว้างจำนวน 1 เซนติเมตร ของเส้นผ่านศูนย์กลางภาชนะ

จากผลการศึกษาของสองการทดลองที่อนุบาลลูกปลาช่อนในภาชนะรูปทรงกระบอกที่มีปัจจัยระดับความสูง (ความลึกน้ำ) และปัจจัยขนาดความกว้างภาชนะ (ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง) ที่ต่างกัน สรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงขนาดภาชนะอนุบาลในแนวราบหรือความกว้างมีผลต่อการเติบโตด้านความยาวของลูกปลาช่อนมากกว่าการเปลี่ยนแปลงขนาดภาชนะในแนวตั้งหรือความสูงถึงจำนวน 7-8 เท่า ดังนั้นการขยายพื้นที่อนุบาลหรือพื้นที่เลี้ยงในมิติของด้านความกว้างจะให้ผลต่อการเติบโตของลูกปลาช่อนมากกว่าการขยายพื้นที่ในมิติของด้านความลึกของภาชนะ และทั้งสองมิติมีผลให้ลูกปลาช่อนมีอัตราการเติบโตที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน

ตารางที่ 22 การเปรียบเทียบผลการศึกษาจากการทดลองอนุบาลลูกปลาชนิดต่างๆ ในระบบการอนุบาลที่ต่างกันของการทดลองที่ผ่านมา

ข้อมูลการศึกษา การอนุบาลลูกปลา	กคแก้ว	กคแก้ว	สถิต	กรวย	แขวงข้างถา	หมอ	ปู	ช่อน	ช่อน	ช่อน	ช่อน	ช่อน
	ชงอุทร และ วิศุพร, 2538	ชงอุทร และ วิศุพร, 2538	ศราวุธ และ คณะ, 2537	อนุสสรณ์และ เศรษฐ, 2540	สุภัทร์ และ ธราพันธ์, 2547	ศราวุธ และ คณะ, 2547	จิราภา และคณะ, 2551	ทวี และ จินตนา, 2539	จินตนา และ ศุภาพร, 2544	สมพงษ์ และ วินัย, 2546	ฉพัชร และ บุญส่ง, 2553	การศึกษา ในครั้งนี้
ระบบการอนุบาล												
ภาชนะที่ใช้ออนุบาล	ถังไฟเบอร์ฯ จุน้ำ 1,500 ลิตร (ช่วงที่ 1)	ถังไฟเบอร์ฯ จุน้ำ 1,500 ลิตร (ช่วงที่ 2)	บ่อซีเมนต์ สก 90 ซม. น้ำลึก 50 ซม.	ตู้กระจก 45x90x45 จุน้ำ 80 ลิตร	ตู้กระจก 45x90x45 จุน้ำ 120 ลิตร	บ่อคอนกรีต สก 100 ซม. น้ำลึก 50 ลิตร	บ่อซีเมนต์ 2x3x0.5 ม น้ำลึก 50 ซม	ถังไฟเบอร์ฯ สก 80 ซม. จุน้ำ 150 ลิตร	บ่อคอนกรีต สก 90 ซม. จุน้ำ 90 ลิตร	บ่อดิน 800 ตร.ม. น้ำลึก 60 ซม.	ถังไฟเบอร์ฯ น้ำลึก 20 ซม.	บ่อคอนกรีต สก 90 ซม. น้ำลึก 10-50 ซม.
ระบบน้ำ	ถ่าย 50% ต่อ 2 วัน	ถ่าย 50% ต่อ 2 วัน	ถ่าย 50% ต่อสัปดาห์	ถ่าย 50% ต่อวัน	หมุนเวียน 12 เท่าต่อวัน	ถ่าย 0-100% ต่อวัน	ถ่าย 100 % ต่อเดือน	ถ่าย 50 % ต่อสัปดาห์	ไหลผ่าน 4 เท่าต่อวัน	-	ไหลผ่าน 10 เท่าต่อวัน	ไหลผ่าน 5 เท่าต่อวัน
ระยะเวลาทดลอง	28 วัน	37 วัน	22 วัน	27 วัน	16 สัปดาห์	45 วัน	56 วัน	14 วัน	16 สัปดาห์	21 วัน	21-35 วัน	35 วัน
อัตราปล่อย	4, 6, 8 ตัวต่อ 10 ลิตร	3.3, 7, 10 ตัว/ 100 ลิตร	100, 200 ตัวต่อตารางเมตร	1, 3, 9 ตัวต่อลิตร	2, 3, 4, 5, 6, 7 ตัวต่อ 10 ลิตร	500, 1000, 2000 ตัวต่อตารางเมตร	25, 50, 75, 100 ตัว ต่อตารางเมตร	12.5, 25, 50 ตัวต่อ 15 ลิตร	1-8 ตัวต่อลิตร	63 ตัวต่อตารางเมตร	0.5, 3, 6, 9, 12 ตัวต่อลิตร	3, 6, 9 ตัวต่อลิตร
ความยาวปลาเริ่มต้น	2.26	5.03	2.53	1.78	2.40	2.50	2.98-3.05	2.33	7.23	0.54	2.80	2.80
ความยาวปลาสุดท้าย	4.98-5.26	7.81-8.09	4.16-5.27	5.33-6.12	5.80-6.20	4.48-6.21	5.03-6.16	3.37-4.92	12.67-12.84	4.8-5.30	5.98-7.39	6.14-7.55
เติบโตความยาว(มิลลิเมตร/วัน)	0.9-1.1	0.75-0.83	0.74-1.25	1.32-1.61	0.4-0.5	1.44-1.95	0.4-0.6	0.7-1.9	0.50	1.9-2.3	0.91-2.18	0.95-1.36
น้ำหนักเพิ่มต่อวัน(กรัม/วัน)	0.042-0.044	0.091-0.113	0.037-0.085	0.037-0.056	0.015-0.018	0.047-0.091	0.041-0.072	0.011-0.061	0.103-0.116	0.044-0.059	0.062-0.103	0.05-0.10
อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	69.18-75.66	81.55-84.00	97.40-98.95	95.55-97.92	90.97-96.67	56.82-87.66	88.11-98.11	46.67-68.07	90.93-95.56	34.86-53.08	84.51-85.37	81.67-84.35
ต้นทุนผลตอบแทน												
ต้นทุนผลิตต่อหน่วย (บาท)	0.41-0.53	2.84-5.08	0.21	0.88-3.73	1.70-5.64	0.60-0.85	3.15-7.22	-	2.40-3.43	0.22	0.41-2.38	0.50-1.04
ร้อยละต้นทุนคืนแปร	91.19-95.14	87.83-91.90	-	-	66.80-69.42	-	82.05-86.31	-	98.32-99.70	67.38	68.37-97.88	95.03-99.30
ราคาจำหน่าย (บาท)	1.00	3.00-4.00	-	5.00	2.00	-	0.5-3.0	0.40	1.70-2.14	0.40	0.60	0.60

สรุปผลการทดลอง

1. การอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมด้วยปัจจัยจำนวนปลาปล่อยที่เท่ากัน แต่มีความลึกน้ำที่อนุบาลที่ต่างกันแสดงให้เห็นอิทธิพลของระดับความลึกน้ำที่มากกว่ามีผลให้ลูกปลาช่อนมีการเติบโตดีกว่าการอนุบาลในระดับความลึกน้ำที่น้อยกว่า

2. การอนุบาลลูกปลาช่อนในบ่อคอนกรีตกลมด้วยปัจจัยอัตราปล่อยและระดับความลึกน้ำที่ต่างกันมีผลต่อการเติบโตที่แตกต่างกันของทั้งสองปัจจัย แต่ไม่พบมีอิทธิพลร่วมระหว่างสองปัจจัยต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดปลา อัตราการเติบโต อัตราการเติบโตจำเพาะ อัตรารอดตาย และการกระจายของขนาดปลาโดยค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความยาว

3. การศึกษาอิทธิพลหลักของปัจจัยอัตราปล่อยต่อความยาวและอัตราการเติบโตด้านความยาวพบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ระหว่าง 5 ระดับความลึกน้ำที่อนุบาล แต่ไม่พบมีความแตกต่างของอัตรารอดตายและการกระจายของขนาดปลา

4. การศึกษาอิทธิพลหลักของปัจจัยระดับความลึกน้ำในการอนุบาลต่อความยาวและอัตราการเติบโตด้านความยาวพบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ระหว่าง 3 อัตราปล่อย แต่ไม่พบมีความแตกต่างต่ออัตรารอดตายและการกระจายของขนาดปลา

5. การแสดงอิทธิพลต่ออัตราการเติบโตโดยความยาวปลาของปัจจัยอัตราปล่อยที่ต่างกัน พบมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางผกผัน ซึ่งแสดงถึงระดับอัตราปล่อยที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ปลาเติบโตลดลง แต่ลักษณะการลดลงของการเติบโตในแต่ละระดับความลึกน้ำแตกต่างกัน โดยขนาดความลึกน้ำที่มากกว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของสมการความสัมพันธ์มีมากกว่าระดับความลึกน้ำที่น้อยกว่า

6. อัตราการเติบโตโดยค่าความยาวเพิ่มต่อวันของลูกปลาช่อน พบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.36 มิลลิเมตรต่อวัน ที่อัตราปล่อย 3 ตัวต่อตารางเมตร ของระดับความลึกน้ำ 10 เซนติเมตร โดยการเติบโตของความยาวเพิ่มตามปัจจัยอัตราปล่อยมีพิสัยระหว่าง 1.04 - 1.30 มิลลิเมตรต่อวัน และการเติบโตของความยาวเพิ่มตามปัจจัยความลึกน้ำมีพิสัยระหว่าง 1.09 - 1.24 มิลลิเมตรต่อวัน

7. การกระจายขนาดความยาวปลา พบมีแนวโน้มแตกต่างกันตามระดับอัตราปล่อยและความลึกน้ำที่อนุบาล โดยการกระจายของปลาที่ระดับอัตราปล่อยต่ำพบมีขนาดที่กว้างมากกว่าการกระจายที่ระดับอัตราปล่อยที่เพิ่มมากขึ้น และการกระจายของปลาที่มีความลึกมากจะพบมีช่วงแคบกว่าการกระจายของปลาในบ่ออนุบาลที่มีความลึกน้อย

8. สมการการเติบโตของลูกปลาช่อนที่อนุบาลในระดับอัตราปล่อยและความลึกน้ำที่ต่างกัน ในช่วง 5 สัปดาห์ พบมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงดังสมการ Y (ความยาวปลา; มิลลิเมตร) = $35.0545 - 0.701778X_1$ (อัตราปล่อย; ตัว/ลิตร) + $1.18034X_2$ (ระยะเวลาอนุบาล; วัน) - $0.0622833X_3$ (ความลึกน้ำ; เซนติเมตร) โดยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($\text{adjust } R^2$) มีค่าเท่ากับ 0.9761

9. การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนแสดงให้เห็นว่าการอนุบาลลูกปลาช่อนในแต่ละระดับ อัตราปล่อยที่ความลึกน้ำระหว่าง 20-50 เซนติเมตร พบมีต้นทุนการผลิตต่อตัวที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนปริมาณผลตอบแทนต่อการดำเนินการพบมีกำไรสุทธิสูงสุดเท่ากับ 286.48 บาทต่อบ่อ ที่อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร ของระดับความลึกน้ำ 50 เซนติเมตร และมีผลตอบแทนต่อการลงทุนสูงสุดร้อยละ 28.69 ที่ อัตราปล่อย 9 ตัวต่อลิตร ของระดับความลึกน้ำ 40 เซนติเมตร

10. การแสดงการเติบโตของความยาวปลาจากการอนุบาลลูกปลาช่อนในภาชนะรูปทรงกระบอก ที่มีระดับความลึกน้ำและขนาดความกว้างของเส้นผ่านศูนย์กลางภาชนะอนุบาลที่ต่างกัน พบมีแนวโน้มว่าการเพิ่มขนาดความกว้างของภาชนะในแนวนอนโดยความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางมีผลต่อการเติบโตของลูกปลา ช่อนมากกว่าการเพิ่มขนาดภาชนะในแนวตั้งของระดับความลึกน้ำถึงจำนวน 7-8 เท่า ซึ่งแสดงถึงพฤติกรรม และการตอบสนองของลูกปลาช่อนต่อการใช้ประโยชน์พื้นที่อนุบาลเชิงแนวราบได้มากกว่าพื้นที่เชิงแนวตั้งที่ เพิ่มขึ้นอย่างมาก

ห้องสมุดกรมประมง

เอกสารอ้างอิง

- จินตนา ไตรชนะโกคา, มะลิ ลาน้ำเที่ยง และ ทวี วิพุทธานุมาศ. 2542. การเปรียบเทียบอาหาร 3 ชนิด ในการอนุบาลลูกปลาช่อนวัยอ่อน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2542. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 20 หน้า.
- จินตนา ไตรชนะโกคา และ ทวี วิพุทธานุมาศ. 2544. ความต้องการโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับลูกปลาช่อน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 11/2544. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 19 หน้า.
- จินตนา ไตรชนะโกคา และ สุภาพร มหันต์กิจ. 2547. การเลี้ยงลูกปลาช่อนด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 68/2547. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 14 หน้า.
- จิระภา โพธิ์ศรี, เกรียงไกร สหัตถสถานนท์, ประภาส สุคันติราษฎร์ และ จูติ จันทร์คล้าย. 2551. การอนุบาลปลาบู่ที่อัตราปล่อยต่างกัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 5/2551. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 18 หน้า.
- จุฑารัตน์ แดงกนิษฐ์. 2522. อาชีพเลี้ยงและแปรรูปปลาช่อนที่สุพรรณบุรี. ข่าวประมง 5 (3-4) : 59-64.
- ฉพัชร สงวนงาม และ บุญส่ง ศรีเจริญธรรม. 2553. ผลของขนาดถังอนุบาลและอัตราปล่อยที่ต่างกันต่อการอนุบาลลูกปลาช่อนให้ได้ขนาด 5-7 เซนติเมตร. เอกสารวิชาการฉบับที่ 12/2553. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 55 หน้า.
- ทวี วิพุทธานุมาศ. 2537. การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นการอนุบาลปลาช่อนขนาดเล็ก. รายงานประจำปี 2537, สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดสิงห์บุรี, กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. หน้า 45-55
- ทวี วิพุทธานุมาศ และ จินตนา ไตรชนะโกคา. 2538. การเพาะพันธุ์ปลาช่อนโดยการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์และยาเสริมฤทธิ์. รายงานประจำปี 2538, สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดสิงห์บุรี, กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. หน้า 50-61
- ทวี วิพุทธานุมาศ และ จินตนา ไตรชนะโกคา. 2539. การศึกษาอัตราการปล่อยที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปลาช่อน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 18/2539. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 16 หน้า.
- ไมตรี คงสวัสดิ์ และ จารูวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับงานวิจัยทางการประมง. ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำ. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืดแห่งชาติ. กรมประมง. 113 หน้า.
- ยงยุทธ ทักษิณ และ วิศณุพร รัตนศรีวงศ์. 2538. การอนุบาลลูกปลากดแก้วจากขนาด 1 นิ้ว เป็น 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว. เอกสารวิชาการฉบับที่ 29/2538. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 26 หน้า.
- ยุพินท์ วิวัฒน์ชัยเศรษฐ์. 2541. ปลาช่อนไทยครองใจผู้บริโภค. วารสารการประมง 51 (6) : 563-570.
- วิทย์ ธารชลาณกิจ. 2511. ปลาช่อน. คู่มือการเลี้ยงปลา. เอกสารเผยแพร่ที่ 1. สถานปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 22 หน้า.
- วินัย จันทับทิม และจำเรียง สงวนงาม. 2545ก. การศึกษาเบื้องต้นการเลี้ยงลูกปลาช่อนขนาดเล็กด้วยระบบน้ำหมุนเวียน. รายงานประจำปี 2545. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดสิงห์บุรี, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. หน้า 35-46.

- วินัย จันททับทิม และ จำเรียง สงวนงาม. 2545ข. ความถี่ของการให้อาหารที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปลาช่อน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 5/2545. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 15 หน้า.
- วินัย จันททับทิม และ จำเรียง สงวนงาม. 2545ค. การอนุบาลลูกปลาช่อนวัยอ่อน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 13/2545. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 16 หน้า.
- วิมล จันทรโรทัย. 2536. การวางแผนวิจัยด้านอาหารปลา. วารสารการประมง 46 (4) : 323-338.
- ศราวุธ เจะโสภา, อนันต์ สี่หิรัญวงศ์ และ อนุศักดิ์ อังศุภานิช. 2537. การอนุบาลลูกปลาสลิดในบ่อซีเมนต์จากขนาด 1 นิ้ว เป็น 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว. เอกสารวิชาการฉบับที่ 47/2537. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 16 หน้า.
- ศราวุธ เจะโสภา, จิตต์กร เรืองกุล และ อุไรวรรณ สัมพันธ์รักษ์. 2547. ผลของความหนาแน่นและอัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำต่อการเจริญเติบโตของการอนุบาลลูกปลาหมอ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 5/2547. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 15 หน้า.
- สง่า ลิสง่า, นกคณ จินดาพันธ์ และ จริกรณ์ ศรียศ. 2543. การเลี้ยงปลาจืดในบ่อคอนกรีตที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 8/2543. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 15 หน้า.
- สุพัทธ์ ศรีพัฒน์ และ ธราพันธ์ วัฒนะมหาตม์. 2547. การเลี้ยงปลาแขยงข้างลายที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 37/2547. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 17 หน้า.
- สมพงษ์ สุวรรณทศ และ วินัย จันททับทิม. 2546. การเพาะพันธุ์และอนุบาลปลาช่อนเชิงพาณิชย์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2546. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 57 หน้า.
- สมศักดิ์ เพียบพร้อม. 2530. หลักและวิธีการจัดการธุรกิจฟาร์ม. โอ. เอส. พรินติ้งเฮาส์. กรุงเทพฯ. 240 หน้า.
- สมศักดิ์ รุ่งทองใบสุรีย์, จินตนา คำรงค์ไพรภพ และ บุญเลิศ ลบถม. 2539. การอนุบาลลูกปลาคูบักกอยจากขนาด 1 นิ้ว เป็น 3 นิ้ว. เอกสารวิชาการฉบับที่ 20/2539. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 18 หน้า.
- อนันต์ สี่หิรัญวงศ์ และ เจริญไชย ศรีสุวรรณ. 2544. การอนุบาลปลาหมอไทยในบ่อคอนกรีตด้วยอัตราปล่อยที่ต่างกัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 18/2544. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 24 หน้า.
- อนันต์ชัย เขื่อนธรรม. 2549. วิธีการทางสถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 568 หน้า.
- อนุสรณ์ มิวรรณ และ เฉชา รอดกระรัง. 2540. การอนุบาลลูกปลากลายโดยใช้ความหนาแน่นต่างกัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 12/2540. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 24 หน้า.
- Ernst, D. H. 2000. Performance engineering. In: Stickney, R.R. (ed.). Encyclopedia of aquaculture. John Wiley and Son, Inc. New York. 629-645.
- Kay, R. D. 1986. Farm Management : Planning, Control and Implementation. McGraw Hill Book Co., Singapore. 401 pp.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลวิเคราะห์สถิติตามวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายทางของการทดลองแฟกตอเรียล
กรณีแบบหุนตัวกำหนด ของปัจจัยขนาดถึงอนุบาลและความหนาแน่นการปล่อยที่ต่างกัน

(1) ความยาวปลาเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

Source of Variation	Sum of Squares	d.f.	Mean Square	F-ratio	Sig. level
Corrected Model	781.707(a)	14	55.836	33.116	.000
Intercept	212660.939	1	212660.939	126126.766	.000
DENSITY	611.585	2	305.792	181.362	.000
DEEP	163.994	4	40.998	24.316	.000
DENSITY * DEEP	6.124	8	.765	.454	.878
Error	50.583	30	1.686		
Total	213493.224	45			
Corrected Total	832.285	44			

(2) อัตราการเติบโตด้านความยาวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

Source of Variation	Sum of Squares	d.f.	Mean Square	F-ratio	Sig. level
Corrected Model	1.375(a)	14	.098	29.547	.000
Intercept	294.682	1	294.682	88644.424	.000
DENSITY	1.058	2	.529	159.174	.000
DEEP	.299	4	.075	22.518	.000
DENSITY * DEEP	.017	8	.002	.655	.726
Error	.100	30	.003		
Total	296.156	45			
Corrected Total	1.475	44			

(3) น้ำหนักปลาเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

Source of Variation	Sum of Squares	d.f.	Mean Square	F-ratio	Sig. level
Corrected Model	1030.4(a)	14	73.6	36.904	.000
Intercept	326.114	1	326.114	16351.953	.000
DENSITY	8.195	2	4.098	205.459	.000
DEEP	2.087	4	.522	26.163	.000
DENSITY * DEEP	.022	8	.003	.136	.997
Error	.598	30	.020		
Total	337.016	45			
Corrected Total	10.902	44			

(4) น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

Source of Variation	Sum of Squares	d.f.	Mean Square	F-ratio	Sig. level
Corrected Model	.640(a)	14	.046	33.219	.000
Intercept	60.901	1	60.901	44273.384	.000
DENSITY	.496	2	.248	180.422	.000
Depth	.137	4	.034	24.956	.000
DENSITY * DEPTH	.006	8	.001	.551	.809
Error	.041	30	.001		
Total	61.581	45			
Corrected Total	.681	44			

(5) อัตราการเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

Source of Variation	Sum of Squares	d.f.	Mean Square	F-ratio	Sig. level
Corrected Model	12.173(a)	14	.869	20.906	.000
Intercept	2576.344	1	2576.344	61946.338	.000
DENSITY	9.592	2	4.796	115.321	.000
Depth	2.312	4	.578	13.896	.000
DENSITY * Depth	.269	8	.034	.807	.601
Error	1.248	30	.042		
Total	2589.764	45			
Corrected Total	13.420	44			

(6) อัตราการเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

Source of Variation	Sum of Squares	d.f.	Mean Square	F-ratio	Sig. level
Corrected Model	.009(a)	14	.001	28.649	.000
Intercept	.230	1	.230	10691.208	.000
DENSITY	.007	2	.004	166.764	.000
Depth	.001	4	.000	16.497	.000
DENSITY * Depth	3.387E-05	8	4.233E-06	.197	.989
Error	.001	30	2.151E-05		
Total	.239	45			
Corrected Total	.009(a)	14	.001	28.649	.000

(7) อัตราการตายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

Source of Variation	Sum of Squares	d.f.	Mean Square	F-ratio	Sig. level
Corrected Model	25.405(a)	14	1.815	.527	.897
Intercept	310285.286	1	310285.286	90118.929	.000
DENSITY	.476	2	.238	.069	.933
Depth	21.608	4	5.402	1.569	.208
DENSITY * Depth	3.321	8	.415	.121	.998
Error	103.292	30	3.443		
Total	310413.983	45			
Corrected Total	128.697	44			

(8) สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความยาวปลา (CV)

Source of Variation	Sum of Squares	d.f.	Mean Square	F-ratio	Sig. level
Corrected Model	12.270(a)	14	.876	.803	.659
Intercept	4686.697	1	4686.697	4295.011	.000
DENSITY	.031	2	.015	.014	.986
Depth	3.180	4	.795	.728	.580
DENSITY * Depth	9.060	8	1.132	1.038	.431
Error	32.736	30	1.091		
Total	4731.703	45			
Corrected Total	45.006	44			

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบหลายขั้นระหว่างอัตราการเติบโตด้านความยาวของปลา กับปัจจัยอัตราปล่อยและความลึกน้ำ

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-value
CONSTANT	1.531740	0.020578	74.4359	0.0001
Density	-0.0437333	0.0024773	-17.6536	0.0001
Depth	-0.0035478	0.0004291	-8.26831	0.0001

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F-Ratio	P-value
Model	0.629684	2	0.314842	190.01	0.0001
Residual	0.0695939	42	0.001657		
Total (Corr.)	0.699278	44			

$R^2 = 90.05\%$ R^2 (adjusted for d.f.) = 89.57% Durbin-Watson statistic = 2.35103
 Standard Error of Est. = .04071

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นตรงเชิงซ้อนระหว่างความยาวปลา กับปัจจัยอัตราปล่อย ความลึกน้ำ และระยะเวลาการอนุบาล

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	35.05450	0.4939010	70.9748	0.0001
Density	-0.701778	0.0543284	-12.9173	0.0001
Depth	-0.062283	0.0094099	-6.6189	0.0001
Day	1.18034	0.0113603	103.9	0.0001

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F-Ratio	P-value
Model	0.526254	3	17541.8	3668.64	0.0001
Residual	1271.89	266	4.78154		
Total (Corr.)	53897.2	269			

$R^2 = 97.64\%$ R^2 (adjusted for d.f.) = 97.61 % Durbin-Watson statistic = 0.430248
 Standard Error of Est. = 2.1867

ตารางภาคผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นตรงเชิงซ้อนระหว่างความยาวปลา กับปัจจัยอัตราปล่อย โดยพื้นที่ อัตราปล่อยโดยปริมาตรน้ำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภาชนะเลี้ยง และความลึกน้ำ

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	0.61215	0.0631931	9.68697	0.0001
Den by area	-0.00003995	0.00001176	-3.39643	0.0001
Den by volume	-0.02419640	0.00431506	-5.60744	0.0001
Depth	0.00099224	0.00111593	0.88916	0.3764
Diameter	0.00772462	0.00034492	22.3953	0.0001

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F-Ratio	P-value
Model	8.75012	4	2.18753	341.65	.0001
Residual	0.544241	85	0.00640284		
Total (Corr.)	9.29436	89			

$R^2 = 97.64\%$ R^2 (adjusted for d.f.) = 93.87% Durbin-Watson statistic = 0.97191
 Standard Error of Est. = .080018