เอกสารวิชาการฉบับที่ ๙/๒๕๕๖ Technical Paper No. 9/2013

การเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังด้วยอัตราความหนาแน่นสูง

Cage Culture of Sex Reversal of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), with High Stocking Densities

สุรังษี ทัพพะรังสี Surangsee Tapparangsee
ปวีณา ผิวขำ Paweena Phiwkham
สุริยัญ แสงหงษ์ Suriyan Seanghong
สุภาพร มหันต์กิจ Supaporn Mahankij
เรณู ว่องส่งสาร Renu Wongsongsarn
มาลัย อิ่มศิลป์ Malai Imsilp

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด Inland Fisheries Research and Development Bureau
กรมประมง Department of Fisheries
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ Ministry of Agriculture and Cooperatives

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๙/๒๕๕๖ Technical Paper No. 9/2013

การเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังด้วยอัตราความหนาแน่นสูง

Cage Culture of Sex Reversal of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), with High Stocking Densities

สุรังษี ทัพพะรังสี Surangsee Tapparangsee
ปวีณา ผิวขำ Paweena Phiwkham
สุริยัญ แสงหงษ์ Suriyan Seanghong
สุภาพร มหันต์กิจ Supaporn Mahankij
เรณู ว่องส่งสาร Renu Wongsongsarn
มาลัย อิ่มศิลป์ Malai Imsilp

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเพชรบุรี Phetchaburi Inland Fisheries Research and Development Center
สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง Inland Fisheries Research and Development Bureau Department of Fisheries
๒๕๕๖ 2013

รหัสทะเบียนวิจัย 54-0564-5411

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	3
คำนำ	5
วัตถุประสงค์	6
วิธีการดำเนินการ	7
1. การวางแผนการศึกษา	7
2. วิธีการทดลอง	7
3. การจัดการการทดลอง	8
4. การวิเคราะห์ข้อมูล	9
ผลการศึกษา	11
1. การเจริญเติบโต	11
2. อัตราแลกเนื้อ	15
3. อัตรารอด	15
4. อัตราการกินอาหาร	15
5. การกระจายของขนาดปลา (size distribution)	16
6. คุณสมบัติของน้ำ	18
7. ต้นทุนการผลิต รายได้ และผลตอบแทน	19
สรุปและวิจารณ์ผล	22
เอกสารอ้างอิง	25

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	11
2	ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	13
3	การเจริญเติบโต และอัตรารอดของปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	16
4	เปอร์เซ็นต์การกระจายของน้ำหนักปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	17
5	ผลการทดสอบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การกระจายของน้ำหนักปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ โดยวิธีไค-สแควร์	17
6	คุณสมบัติของน้ำระหว่างการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	19
7	ต้นทุนการผลิตของการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	20
8	ผลตอบแทนต่อการลงทุนของการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	21

สารบาญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	12
2	ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	14
3	เปอร์เซ็นต์การกระจายของน้ำหนักปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์	18

การเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังด้วยอัตราความหนาแน่นสูง

สุรังษี ทัพพะรังสี[1] ปวีณา ผิวขำ[2] สุริยัญ แสงหงษ์[3] สุภาพร มหันต์กิจ[3*] เรณู ว่องส่งสาร[4] และมาลัย อิ่มศิลป์[3]

[1]ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดราชบุรี

[2]ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดมุกดาหาร

[3]ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเพชรบุรี

[4]ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดระยอง

บทคัดย่อ

ศึกษาการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังด้วยอัตราความหนาแน่นสูง อัตรา 100, 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ในบ่อพักน้ำขนาด 4 ไร่ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเพชรบุรี โดยปล่อยปลานิลความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 14.31±0.03, 14.30±0.17 และ 14.35±0.08 เซนติเมตร และน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 52.30±0.26, 51.80±0.87 และ 51.36±0.19 กรัม ตามลำดับ ลงเลี้ยงในกระชังขนาด 1.0x1.0x1.2 เมตร จำนวน 9 กระชัง ซึ่งมีระบบน้ำไหลผ่านตลอดเวลา ให้ปลาทดลองกินอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำระดับโปรตีน 28 เปอร์เซ็นต์ จนอิ่มวันละ 2 ครั้ง เวลา 08.30 น.และ 16.30 น. ดำเนินการทดลองระหว่างเดือนมีนาคม ถึงเดือนกันยายน 2554 เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

ผลการทดลองพบว่า ปลานิลทดลองที่เลี้ยงที่ด้วยอัตราความหนาแน่น 100, 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีความยาวสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 29.90±0.45, 29.38±1.18 และ 27.20±0.95 เซนติเมตร น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 626.36±26.27, 538.38±29.00 และ 437.87±54.20 กรัม น้ำหนักเพิ่มต่อวันเฉลี่ยเท่ากับ 6.22±1.44, 5.88±0.39 และ 4.65±0.65 กรัมต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 2.95±0.04, 2.79±0.08 และ 2.54±0.15 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน อัตราแลกเนื้อเฉลี่ยเท่ากับ 1.50±0.05, 1.73±0.07 และ 1.86±0.10 และอัตรารอดเฉลี่ยเท่ากับ 91.33±1.52, 80.33±3.88 และ 78.55±4.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปลานิลทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่าปลานิลที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาได้แก่ ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ส่วนความยาวสุดท้ายเฉลี่ย และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 100 และ 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลานิลที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ขณะที่น้ำหนักเพิ่มต่อวันเฉลี่ยของทั้ง 3 ชุดการทดลอง พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) สำหรับอัตราแลกเนื้อเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลานิลที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ด้านอัตรารอดเฉลี่ยของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น

100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าสูงที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลานิลที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับปริมาณผลผลิตเฉลี่ยปลานิลที่เลี้ยงทั้ง 3 อัตราความหนาแน่น พบว่ามีค่าเท่ากับ 57.09, 87.49 และ 104.70 กิโลกรัมต่อกระชัง ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่าต้นทุนการผลิตของแต่ละชุดการทดลองเท่ากับ 3,166.80, 4,731.74 และ 5,754.52 บาทต่อกระชัง มีจุดคุ้มทุนของราคาขายเท่ากับ 55.47, 54.08 และ 54.96 บาทต่อกิโลกรัม และผลตอบแทนต่อการลงทุนเท่ากับ 35.63, 38.95 และ 20.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดลองครั้งนี้เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโต ประกอบกับต้นทุนและผลตอบแทนจากการเลี้ยง สรุปได้ว่าปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงในกระชังด้วยอัตราความหนาแน่น 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี และให้ผลตอบแทนสูงสุด

คำสำคัญ: ปลานิลแปลงเพศ เลี้ยงในกระชัง ความหนาแน่นสูง การเจริญเติบโต ต้นทุนและผลตอบแทน

*ผู้รับผิดชอบ: ๒๖๘ ม. ๕ ต.ท่าคอย อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี ๗๖๑๓๐ โทร. ๐ ๓๒๔๑ ๖๕๒๑
e-mail : msupaporn_psu @ yahoo.com

Cage Culture of Sex Reversal of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), with High Stocking Densities

Surangsee Tapparangsee[1] Paweena Phiwkham[2] Suriyan Seanghong[3] Supaporn Mahankij[3*] Renu Wongsongsarn[4] and Malai Imsilp[3]

[1] Ratburi Inland Fisheries Research and Development Center

[2] Mukdahan Inland Fisheries Research and Development Center

[3] Phetchaburi Inland Fisheries Research and Development Center

[4] Rayong Inland Fisheries Research and Development Center

Abstract

Cage culture of sex reversal of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), with high stocking densities at 100, 200 and 300 fish/m^3 was conducted in 4 Rais of earthen pond at Phetchaburi Inland Fisheries Research and Development Center. Fish with initial size of 14.31±0.03, 14.30±0.17 and 14.35±0.08 cm and 52.30±0.26, 51.80±0.87 and 51.36±0.19 g, respectively were stocked in nine of 1.0x1.0x1.2 m cages. Fish were fed with 28 % protein commercial floating pellet at apparent satiation twice a day at 08.30 AM and 16.30 PM during March to September 2011 for 16 weeks.

The results showed that fish of 100, 200 and 300 fish/m^3 had final body lengths of 29.90±0.45, 29.38±1.18 and 27.20±0.95 cm, respectively. Final body weights were 626.36±26.27, 538.38±29.00 and 437.87±54.20 g, respectively. Daily weight gains were 6.22±1.44, 5.88±0.39 and 4.65±0.65 g/day, respectively. The specific growth rates were 2.95±0.04, 2.79±0.08 and 2.54±0.15 %/day, respectively. Feed conversion ratios were 1.50±0.05, 1.73±0.07 and 1.86±0.10 and the survival rates were 91.33±1.52, 80.33±3.88 and 78.55±4.07 %, respectively. The final body weight of fish at 100 fish/m^3 was significantly higher ($p< 0.05$) than fish at 200 and 300 fish/m^3. The final body lengths and specific growth rates of fish at 100 and 200 fish/m^3 had significantly higher ($p< 0.05$) than 300 fish/m^3, while there were no significant difference ($p>0.05$) between 100 and 200 fish/m^3. However, the daily weight gains had no significant difference ($p>0.05$) among all treatments. The feed conversion ratios of fish at 200 and 300 fish/m^3 had significantly higher ($p< 0.05$) than 100 fish/m^3, while there were no significant difference ($p>0.05$) between 200 and 300 fish/m^3. For the survival rates of fish at 100 fish /m^3 had significantly higher ($p< 0.05$) than fish at 200 and 300 fish/m^3, respectively. The mean of total weight of fish production at 3 treatments were 57.09, 87.49 and 104.70 kg/cage, respectively. For the production costs were

3,166.80, 4,731.74 and 5,754.52 baht/cage, respectively. The break even points were 55.47, 54.08 and 54.96 baht/kg and 35.63, 38.95 and 20.55 % cost of all returns, respectively. From the results, can be concluded that cage culture of Nile tilapia with high density at 200 fish/m^3 is the most suitable when growth and production cost are considered.

Key words: sex reversal tilapia, cage culture, high stocking densities, growth, production cost

* Corresponding author: 268 Mu 5, Tha Khoy, Tha Yang, Phetchaburi 76130 Tel. 0 3241 6521
e-mail: msupaporn_psu @ yahoo.com

คำนำ

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เป็นปลาที่นิยมเลี้ยงเพื่อการบริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย โตเร็ว เนื้อมีรสชาติดี โดยปกติการเลี้ยงปลานิลเพศผู้จะโตเร็วกว่าปลานิลเพศเมีย เนื่องจากปลานิลเพศเมียสามารถสร้างไข่และออกลูกได้ตั้งแต่อายุ 2 เดือนขึ้นไป ทำให้สูญเสียพลังงานไปกับการสร้างไข่และอนุบาลลูก นอกจากนี้การออกลูกของปลานิลเพศเมียเมื่อจับขายจะได้ปลาหลายขนาด ทำให้เกษตรกรหันมานิยมเลี้ยงปลานิลเพศผู้มากขึ้น จึงเป็นเหตุให้มีการแปลงเพศปลานิลให้เป็นเพศผู้เพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยงและช่วยเพิ่มผลผลิตการเลี้ยงปลานิล โดยปลานิลแปลงเพศ (Sex reversal in Nile tilapia) เป็นปลานิลที่ปรับปรุงพันธุ์มาจากปลานิลสายพันธุ์จิตรลดาและปลานิลสายพันธุ์อื่นๆ โดยมีลักษณะเด่นคือ ส่วนหัวเล็ก ลำตัวกว้างสีเหลืองนวล เลี้ยงง่าย โตเร็ว กินอาหารได้แทบทุกชนิดทั้งพืชและสัตว์ มีความแข็งแรง ทนทานต่อโรคพยาธิ สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ทั้งในธรรมชาติและระบบการเลี้ยงได้เป็นอย่างดี ปลานิลมีเนื้อหนาและแน่น รสชาติดี สามารถนำไปประกอบอาหาร และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลายชนิด จึงเป็นปลาที่นิยมบริโภคโดยทั่วไป การเลี้ยงปลานิลในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงเพื่อการบริโภคภายในประเทศ ร้อยละ 90 ที่เหลือร้อยละ 10 จะส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ สถิติการส่งออกปลานิลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2553 จำนวน 55,939.40 ตัน มูลค่า 3,570.95 ล้านบาท (ราคาเฉลี่ย 63.84 บาทต่อกิโลกรัม) โดยผลผลิตปลานิลไทยส่งออกไปยังกลุ่มประเทศสหภาพยุโรปมากเป็นอันดับหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 40 รองลงมา คือ กลุ่มประเทศตะวันออกกลาง ร้อยละ 30 สหรัฐอเมริกา ร้อยละ 20 และอื่นๆ ร้อยละ 10 เมื่อพิจารณาด้านมูลค่าการส่งออกปลานิลของไทย พบว่า มีมูลค่าส่งออกไปยังสหรัฐอเมริกา มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 48 รองลงมาเป็นกลุ่มประเทศสหภาพยุโรปร้อยละ 31 และกลุ่มประเทศตะวันออกกลาง ร้อยละ 14 และอื่นๆ ร้อยละ 7 นอกจากนี้ประเทศไทยเองก็มีการนำเข้าปลานิลและผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่นกัน โดยนำเข้าปลานิลจากจีนมากที่สุด ร้อยละ 88 กลุ่มประเทศอาเซียน ร้อยละ 7 และกลุ่มประเทศตะวันออกกลาง ร้อยละ 5 (กองประมงต่างประเทศ, 2552) จากปริมาณความต้องการปลานิลเพื่อการการบริโภค และการส่งออกที่สูงขึ้นจึงทำให้ปลานิลเป็นปลาน้ำจืดที่นิยมเลี้ยงมากชนิดหนึ่งในประเทศไทย โดยมีการเลี้ยงทั้งในบ่อดิน และในกระชัง แต่ในปัจจุบันการเลี้ยงปลานิลประสบปัญหาต่างๆ ได้แก่ ปัญหาโรคระบาด เกษตรกรขาดความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงปลานิล ทำให้การเลี้ยงปลานิลมีต้นทุนการผลิตสูง ปัญหาในเรื่องของกลิ่นโคลน ปัญหาด้านการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว นอกจากนี้ประเทศคู่แข่งโดยเฉพาะจีน มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าและมีศักยภาพในการผลิตที่มากกว่า ปัญหาด้านการผลิต อาหารมีราคาแพง เกษตรกรขาดแคลนเงินทุน มีปัญหาเรื่องน้ำเสียและขาดแคลนพันธุ์ปลาในบางช่วง ด้านการตลาด ราคาที่เกษตรกรขายได้ต่ำในช่วงที่ปลาในท้องตลาดมีมาก พ่อค้าจะมารับซื้อปลาช้า ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายของเกษตรกรเพิ่มขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) การลดต้นทุนในการผลิตปลานิลสามารถทำได้หลายแบบ เช่น การลดต้นทุนค่าอาหาร รวมถึงการหาแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีการเลี้ยงปลา ก็สามารถลดต้นทุนการผลิตในการเลี้ยงปลานิลได้อีกทางหนึ่งด้วยเช่นกัน เทคโนโลยีการเลี้ยงปลาในกระชังแบบ Low volume high density (LVHD) ซึ่งหมายถึงการเลี้ยงปลาด้วยความหนาแน่นสูงในพื้นที่จำกัด ได้ทำการศึกษาในประเทศจีนตั้งแต่ปี 1991 และในปี 1996 สามารถผลิตปลาได้ 7,000 ตัน โดยใช้พื้นที่กระชัง 50,000 ลูกบาศก์เมตร การศึกษาการเลี้ยงปลานิลในกระชังด้วย

เทคโนโลยีแบบ LVHD โดยเลี้ยงปลานิลในกระชังขนาด 1-4 ลูกบาศก์เมตร ด้วยความหนาแน่น 300-500 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เป็นระยะเวลา 4-5 เดือน ให้ผลผลิตปลานิลประมาณ 150-250 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สามารถเลี้ยงได้ทั้งในทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ (Schmittou *et al.,* 2004) ระบบการเลี้ยงปลาด้วยความหนาแน่นสูงจะทำให้ลดจำนวนกระชังในการเลี้ยงเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการทำกระชัง ใช้พื้นที่น้อยแต่ได้ผลผลิตปลาสูงขึ้น Michael *et al*., (2003) ทดลองเลี้ยงปลานิลด้วยอาหารเม็ดลอยน้ำระดับโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ 2 สูตร คือ สูตรที่ใช้โปรตีนจากพืชทั้งหมด และสูตรที่ใช้ปลาป่น 5 เปอร์เซ็นต์ ใช้อัตราปล่อยปลานิล 400 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร น้ำหนักปลาเริ่มต้น 51 กรัม เลี้ยงเป็นระยะเวลา 139 วัน ในขนาดกระชัง 1 ลูกบาศก์เมตร โดยวางกระชังในอ่างเก็บน้ำ พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองได้ปลาขนาด 482 กรัม และ 443 กรัม ผลผลิตของปลาเท่ากับ 169 และ 155 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อัตรารอด 99 เปอร์เซ็นต์ ทั้ง 2 ชุดการทดลอง อัตราแลกเนื้อเท่ากับ 1.76 และ 1.77 และได้ทดลองเลี้ยงปลานิลแดงโดยใช้อาหารเม็ดลอยน้ำระดับโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ สูตรอาหารใช้โปรตีนจากพืชทั้งหมด อัตราปล่อย 400 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร น้ำหนักเริ่มต้น 52 กรัม เลี้ยงเป็นระยะเวลา 150 วัน ในกระชังขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร โดยวางกระชังในบ่อดิน พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองได้ปลาขนาด 577 กรัม ผลผลิตของปลาเท่ากับ 225.8 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อัตรารอด 98.3 เปอร์เซ็นต์ อัตราแลกเนื้อเท่ากับ 1.34 จากนั้นทดลองเลี้ยงปลานิลแดงโดยใช้อาหารเม็ดลอยน้ำระดับโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ สูตรอาหารใช้โปรตีนจากพืชทั้งหมด อัตราปล่อย 400 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร น้ำหนักเริ่มต้น 78 กรัม เลี้ยงเป็นระยะเวลา 101 วัน ในกระชังขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร โดยวางกระชังในอ่างเก็บน้ำ พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองได้ปลาขนาด 650 กรัม ผลผลิตของปลาเท่ากับ 256 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อัตรารอด 98.5 เปอร์เซ็นต์ อัตราแลกเนื้อเท่ากับ 1.33 นอกจากนี้ Emmanuel and Ridha (1991) ทดลองเลี้ยงปลานิล (*Oreochromis spilurus*) ในกระชังที่ระดับความหนาแน่น 200, 250 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองการเลี้ยงปลานิลที่ระดับความหนาแน่น 200 ตัวตัวต่อลูกบาศก์เมตรให้ผลผลิตสูงสุด

ในปัจจุบันตลาดโลกมีความต้องการปลานิลสูงมาก แต่ประเทศไทยไม่สามารถผลิตปลานิลเพื่อส่งออกได้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด รวมถึงไม่สามารถแข่งขันด้านราคากับต่างประเทศ เช่น จีน หรือเวียดนามได้ เนื่องจากการผลิตปลานิลในประเทศไทยมีต้นทุนการผลิตสูงกว่าต่างประเทศ จึงควรทำการศึกษาหาแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตปลานิล โดยการศึกษาครั้งนี้จะทดลองเลี้ยงปลานิลในกระชังด้วยอัตราความหนาแน่นสูง ซึ่งจะเป็นการลดต้นทุนการผลิตได้อีกทางหนึ่ง เนื่องจากสามารถผลิตปลานิลได้ปริมาณมากกว่าการเลี้ยงแบบเดิม แต่ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงเท่ากัน ซึ่งผลจากการทดลองใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมการลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลในกระชัง แก่เกษตรกรให้สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้

วัตถุประสงค์

ศึกษาการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังด้วยอัตราความหนาแน่นสูง เพื่อลดต้นทุนการผลิตปลานิล โดยพิจารณาจากข้อมูลด้านการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอด

วิธีการดำเนินการ

1. การวางแผนการศึกษา

1.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design ; CRD) โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลอง (treatment) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ (replication) ปัจจัยที่ต้องการศึกษาคือ อัตราความหนาแน่นของการเลี้ยงปลานิลในกระชัง โดยแบ่งชุดการทดลองดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงปลานิลแปลงเพศที่อัตราความหนาแน่น 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร

ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงปลานิลแปลงเพศที่อัตราความหนาแน่น 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร

ชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงปลานิลแปลงเพศที่อัตราความหนาแน่น 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร

1.2 สถานที่ทำการทดลองและระยะเวลาดำเนินการทดลอง

ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเพชรบุรี ต.ท่าคอย อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี 76130 ระหว่างเดือน มีนาคม 2554 - กันยายน 2554 เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

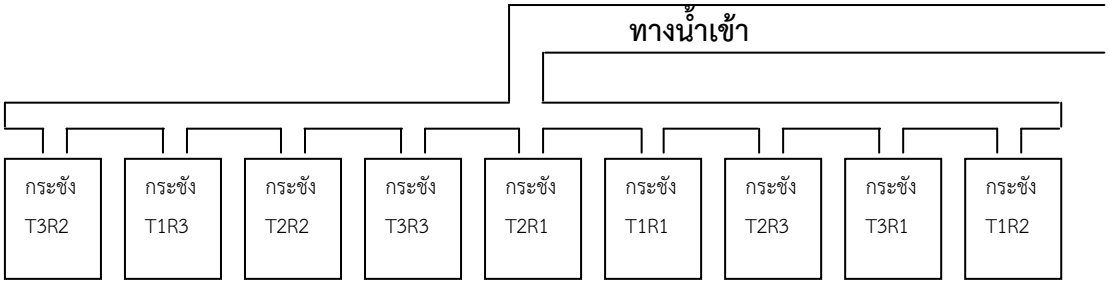
2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมลูกปลาทดลอง

เตรียมปลานิลแปลงเพศขนาดน้ำหนักประมาณ 5 กรัม ที่ได้จากการเพาะพันธุ์ในรุ่นเดียวกันและแปลงเพศโดยการใช้ฮอร์โมนให้เป็นเพศผู้ จากนั้นนำมาเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 50 ตารางเมตร โดยให้อาหารที่มีระดับโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ วันละ 2 ครั้ง เวลา 08.30 น.และ 16.30 น. ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงประมาณ 2 เดือน ให้ได้ปลาขนาดน้ำหนักประมาณ 50 กรัม จากนั้นสุ่มปลาทดลองที่มีขนาดใกล้เคียงกันเพื่อนำมาทดลองสุ่มชั่งน้ำหนัก (body weight) และวัดความยาว (total length) จำนวน 20 เปอร์เซ็นต์ ของปลาทั้งหมดในแต่ละชุดการทดลอง และชั่งน้ำหนักปลารวมในแต่ละชุดการทดลอง สุ่มปลาโดยการจับฉลากปล่อยในกระชังที่เตรียมไว้ตามแผนการทดลอง

2.2 การเตรียมกระชังทดลอง

กระชังทดลอง เตรียมกระชังไนลอนขนาดช่องตาความกว้าง 1 เซนติเมตร ขนาดกระชัง 1x1x1.2 เมตร จำนวน 9 กระชัง และแขวนกระชังปรับให้จมน้ำอยู่ในระดับความลึกเฉลี่ย 1 เมตร บุรอบกระชังด้านในด้วยมุ้งตาถี่ให้อยู่ใต้ผิวน้ำประมาณ 10 เซนติเมตร เพื่อป้องกันอาหารออกนอกกระชังขณะให้อาหาร ทุกกระชังมีหัวทรายให้อากาศกระชังละ 2 จุด และทุกกระชังมีการถ่ายเทน้ำแบบไหลผ่าน (flow through system) ด้วยท่อ polyvinyl chloride (pvc) ขนาด 2 นิ้ว โดยท่อ pvc อยู่ลึกจากระดับผิวน้ำ 15 เซนติเมตร ในอัตรา 16 ลิตรต่อนาที ในเวลา 18.00-06.00 น. ตลอดระยะเวลาการทดลอง วางกระชังในบ่อดินขนาด 4 ไร่ และมีความลึกน้ำ ประมาณ 5 เมตร



รูปแบบการวางกระชังทดลอง

3. การจัดการการทดลอง

3.1 การให้อาหารทดลอง

ให้อาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำระดับโปรตีน 28 เปอร์เซ็นต์ โดยให้กินจนอิ่ม (satiation) วันละ 2 ครั้ง เวลา 08.30-09.30 น. และเวลา 15.30-16.30 น. หลังจากให้อาหารแล้ว 1 ชั่วโมง เก็บอาหารที่เหลือไปอบที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (อมรรัตน์ และบุษกร, 2543) เพื่อคำนวณปริมาณอาหารที่ปลากิน และงดให้อาหารในวันที่สุ่มชั่งวัดขนาดปลา

3.2 การเก็บข้อมูล

ชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของปลาทดลองเดือนละ 2 ครั้ง กระชังละ 20 เปอร์เซ็นต์ พร้อมทำความสะอาดกระชัง เพื่อหาอัตราการเจริญเติบโตของปลาในแต่ละชุดการทดลอง บันทึกการตายของปลาตายในระหว่างทำการทดลองแต่ละกระชังทุกวัน และเมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงปลานิลเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ ทำการตรวจนับจำนวนปลาที่เหลือทั้งหมด โดยชั่งน้ำหนักตัว (body weight) และวัดความยาว (total length) เพื่อตรวจสอบการเจริญเติบโต อัตรารอด และการกระจายของขนาดปลา (size distribution)

3.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ

ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทุก 2 สัปดาห์ โดยเก็บตัวอย่างน้ำเวลา 06.00 น. เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen; DO) หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ความเป็นด่าง (alkalinity) หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร as$CaCO_3$ ความกระด้าง (hardness) หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร as$CaCO_3$ แอมโมเนียรวม (total ammonia) หน่วยเป็นมิลลิกรัม NH_3-N ต่อลิตร ไนไตรท์ (nitrite) หน่วยเป็นมิลลิกรัม NO^-_2-N ต่อลิตร ไนเตรท (nitrate) หน่วยเป็นมิลลิกรัม NO_3-N ต่อลิตร ฟอสเฟต (phosphate) หน่วยเป็นมิลลิกรัม PO_4^{3-}-P ต่อลิตร โดยวิธีการไตเตรทตามวิธีของ APHA-AWWA and WPCF (1989) และวัดอุณหภูมิน้ำและอากาศด้วยเทอร์โมมิเตอร์ หน่วยเป็นองศาเซลเซียส

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 นำข้อมูลที่คำนวณได้จากการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี one way analysis of variance ข้อมูลที่มีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ ก่อนวิเคราะห์ทำการแปลงข้อมูลด้วยวิธี arcsine transformation และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมดใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (กัลยา, 2543)

4.1.1 น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (daily weight gain, DWG; กรัมต่อวัน)

$$DWG = \frac{(W_2 - W_1)}{(T_2 - T_1)}$$

โดยที่ W_2 = ปริมาณน้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) เมื่อเวลา (วัน) ที่ T_2 (สิ้นสุดการทดลอง)

W_1 = ปริมาณน้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) เมื่อเวลา (วัน) ที่ T_1 (เริ่มต้นการทดลอง)

4.1.2 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate, SGR; เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

$$SGR = \frac{ln \text{ น้ำหนักปลาสิ้นสุดการทดลอง} - ln \text{ น้ำหนักปลาเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาที่เลี้ยง}} \times 100$$

4.1.3 อัตรารอด (survival rate; เปอร์เซ็นต์)

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

4.1.4 อัตราแลกเนื้อ (feed conversion ratio; FCR)

$$FCR = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

4.1.5 อัตราการกินอาหาร (daily feed intake; เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากินเฉลี่ยต่อวัน}}{(\text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น} + \text{น้ำหนักปลาสิ้นสุด})/2} \times 100$$

4.2 การกระจายของขนาดปลา (size distribution) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยนำข้อมูลน้ำหนักของปลาในแต่ละชุดการทดลองมาแจกแจงความถี่โดยแบ่งเป็นช่วงในแต่ละขนาดน้ำหนัก เพื่อหาค่าร้อยละและสัดส่วนร้อยละของช่วงน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลอง โดยใช้วิธีการทดสอบ ไค-สแควร์

4.3 การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์

วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตในการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังด้วยอัตราความหนาแน่นสูงตามวิธีของสมศักดิ์ (2530) และ Kay (1986) ดังนี้

4.3.1 ต้นทุนการผลิต

ต้นทุนทั้งหมด = ต้นทุนคงที่+ต้นทุนผันแปร

ต้นทุนผันแปร = พันธุ์ปลา+อาหาร+แรงงาน+ไฟฟ้า+ปูนขาว+น้ำมันเชื้อเพลิง+ค่าเสียโอกาสในการลงทุน

ต้นทุนคงที่ = ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์+ค่าเสียโอกาสในการลงทุน

ค่าเสียโอกาสในการลงทุน = ค่าเสียโอกาสในการลงทุนไปประกอบกิจการอื่นๆโดยคำนวณจากอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ 12 เดือน ร้อยละ 2.75 ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ ปี 2555 (http://www.baac.or.th)

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = \frac{\text{มูลค่าซื้อหรือสร้าง}}{\text{อายุการใช้งาน}}$$

ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์คิดค่าเสื่อมราคาแบบวิธีเส้นตรง (straight-line depreciation method) โดยกำหนดให้มูลค่าซากเป็นศูนย์เมื่อหมดอายุการใช้งานตามประเภทอุปกรณ์

4.3.2 รายได้และผลตอบแทน

สำหรับรายได้และผลตอบแทนคำนวณจากสูตรต่างๆ ดังนี้

รายได้ทั้งหมด = จำนวนผลผลิต (กิโลกรัม) x ราคาผลผลิตที่จำหน่ายได้

รายได้สุทธิ = รายได้ทั้งหมด - ต้นทุนผันแปร

กำไรสุทธิ = รายได้ทั้งหมด - ต้นทุนทั้งหมด

$$\text{ผลตอบแทนต่อการลงทุน (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{รายได้สุทธิ}}{\text{ต้นทุนทั้งหมด}} \times 100$$

$$\text{จุดคุ้มทุนของราคาขาย (บาทต่อกิโลกรัม)} = \frac{\text{ต้นทุนทั้งหมด}}{\text{ผลผลิตเป็นกิโลกรัม}}$$

ผลการศึกษา

การทดลองเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังที่อัตราความหนาแน่น 100, 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ โดยปล่อยปลาน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 52.30±0.26, 51.80±0.87 และ 51.36±0.19 กรัม ตามลำดับ และความยาวเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 14.31±0.03, 14.30±0.17 และ 14.35±0.08 เซนติเมตร ตามลำดับ ปรากฏผลการทดลองดังนี้

1. การเจริญเติบโต

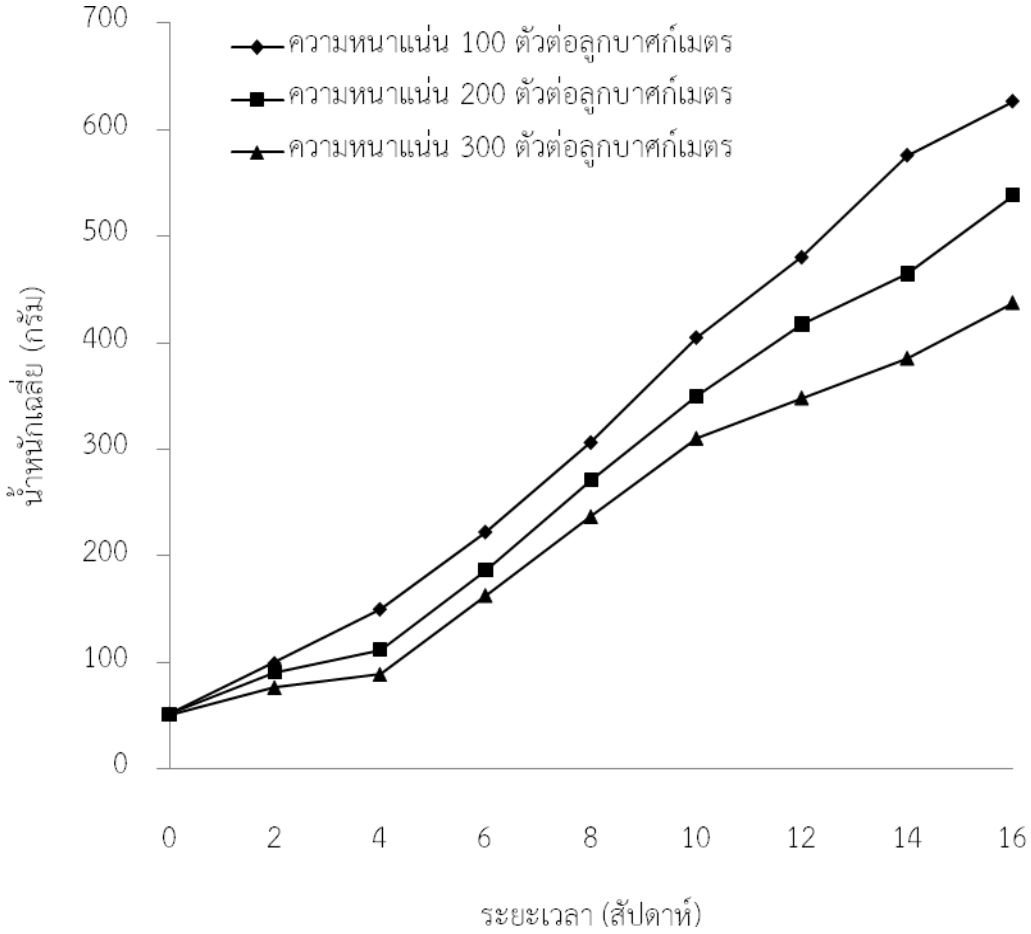
1.1 น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปลานิลมีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 626.36±26.27, 538.38±29.00 และ 437.87±54.20 กรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยสูงที่สุดโดยแตกต่างกับปลานิลที่อัตราความหนาแน่น 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 1)

ตารางที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	อัตราความหนาแน่น (ตัวต่อลูกบาศก์เมตร)		
	100	200	300
น้ำหนักเริ่มต้น	52.30±0.26 [a]	51.80±0.87 [a]	51.36±0.19 [a]
2	99.96±4.74 [a]	90.93±4.82 [b]	76.36±0.26 [c]
4	150.53±6.80 [a]	112.10±3.87 [b]	88.82±11.06 [c]
6	222.83±8.14 [a]	186.90±10.89 [b]	162.90±9.62 [c]
8	306.70±24.08 [a]	271.31±13.67 [ab]	236.91±13.83 [b]
10	405.03±20.99 [a]	350.06±32.26 [b]	310.48±16.97 [b]
12	480.23±58.27 [a]	417.58±53.23 [ab]	348.45±44.95 [b]
14	575.79±19.75 [a]	464.66±37.55 [b]	385.69±34.18 [c]
16	626.36±26.27 [a]	538.38±29.00 [b]	437.87±54.20 [c]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

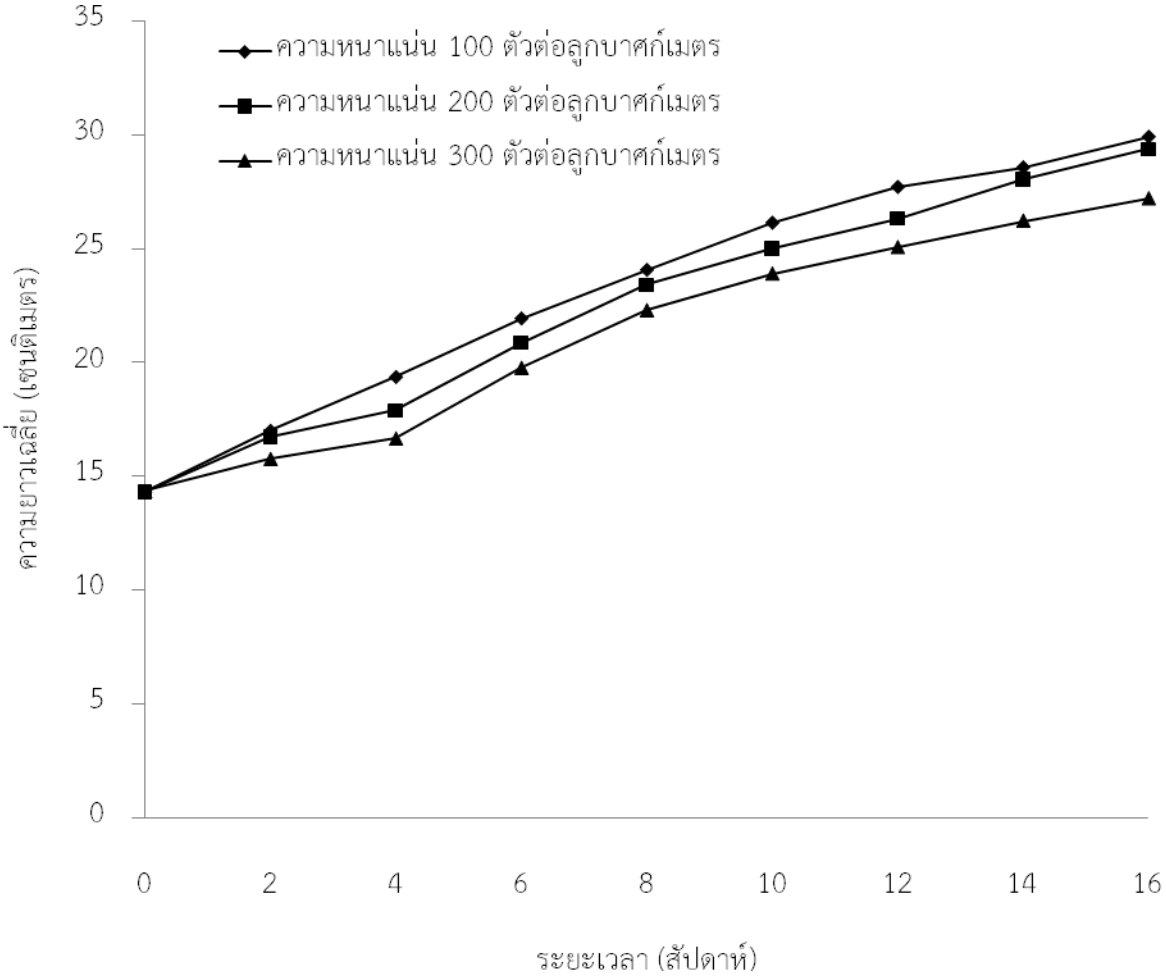
1.2 ความยาวสุดท้ายเฉลี่ย

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปลานิลมีความยาวสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 29.90$\pm$0.45, 29.38$\pm$1.18 และ 27.20$\pm$0.95 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 100 และ 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีความยาวสุดท้ายเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับปลานิลที่อัตราความหนาแน่น 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร (ตารางที่ 2 และ ภาพที่ 2)

ตารางที่ 2 ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	อัตราความหนาแน่น (ตัวต่อลูกบาศก์เมตร)		
	100	200	300
ความยาวเริ่มต้น	14.31±0.03 [a]	14.30±0.17 [a]	14.35±0.08 [a]
2	17.00±0.20 [a]	16.73±0.30 [b]	15.76±0.49 [b]
4	19.36±0.11 [a]	17.90±0.20 [b]	16.66±0.67 [c]
6	21.93±0.30 [a]	20.86±0.45 [b]	19.76±0.40 [c]
8	24.06±0.35 [a]	23.41±0.32 [b]	22.29±0.39 [b]
10	26.13±0.40 [a]	25.00±0.87 [ab]	23.90±0.79 [b]
12	27.70±0.95 [a]	26.33±1.06 [ab]	25.06±0.70 [b]
14	28.56±0.50 [a]	28.06±0.82 [a]	26.22±0.97 [b]
16	29.90±0.45 [a]	29.38±1.18 [a]	27.20±0.95 [b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 2 ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

1.3 น้ำหนักเพิ่มต่อวัน

น้ำหนักเพิ่มต่อวันตลอดการเลี้ยงปลานิลในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ คือ 100, 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าปลานิลมีน้ำหนักเพิ่มต่อวันเท่ากับ 6.22$\pm$1.44, 5.88$\pm$0.39 และ 4.65$\pm$0.65 กรัมต่อวัน ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปลานิลที่ทดลองเลี้ยงทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีน้ำหนักเพิ่มต่อวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 3)

1.4 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะตลอดการเลี้ยงปลานิลในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ คือ 100, 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าปลานิลมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 2.95$\pm$0.04, 2.79$\pm$0.08 และ 2.54$\pm$0.15 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 100 และ 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมากกว่าปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 100 และ 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 3)

2. อัตราแลกเนื้อ

อัตราแลกเนื้อตลอดการเลี้ยงปลานิลในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ คือ 100, 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าปลานิลมีอัตราแลกเนื้อเท่ากับ 1.50 ± 0.05, 1.73 ± 0.07 และ 1.86 ± 0.10 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปลานิลที่เลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีอัตราแลกเนื้อน้อยกว่าปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีอัตราแลกเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 3)

3. อัตรารอด

อัตรารอดตลอดการเลี้ยงปลานิลในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ คือ 100, 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าปลานิลมีอัตรารอดเท่ากับ 91.33 ± 1.52, 80.33 ± 3.88 และ 78.55 ± 4.07 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีอัตรารอดมากกว่าปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ขณะที่ปลานิลที่อัตราความหนาแน่น 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีอัตรารอดตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

4. อัตราการกินอาหาร

อัตราการกินอาหารตลอดการเลี้ยงปลานิลในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ คือ 100, 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าปลานิลมีอัตราการกินอาหารเท่ากับ 3.06 ± 0.09, 3.45 ± 0.11 และ 3.53 ± 0.08 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีอัตราการกินอาหารน้อยกว่าปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ขณะที่ปลานิลที่อัตราความหนาแน่น 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีอัตราการกินอาหารไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโต และอัตรารอดของปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

	อัตราความหนาแน่น (ตัวต่อลูกบาศก์เมตร)		
	100	200	300
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	52.30±0.26 [a]	51.80±0.87 [a]	51.36±0.19 [a]
ความยาวเริ่มต้น (เซนติเมตร)	14.31±0.03 [a]	14.30±0.17 [a]	14.35±0.08 [a]
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	626.36±26.27 [a]	538.38±29.00 [b]	437.87±54.20 [c]
ความยาวสุดท้าย (เซนติเมตร)	29.90±0.45 [a]	29.38±1.18 [a]	27.22±0.95 [b]
น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (กรัมต่อวัน)	6.22±1.44 [a]	5.88±0.39 [a]	4.65±0.65 [a]
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)	2.95±0.04 [a]	2.79±0.08 [a]	2.54±0.15 [b]
อัตราแลกเนื้อ	1.50±0.05 [b]	1.73±0.07 [a]	1.86±0.10 [a]
อัตรารอด (เปอร์เซ็นต์)	91.33±1.52 [a]	80.33±3.88 [b]	78.55±4.07 [b]
อัตราการกินอาหาร (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)	3.06±0.09 [b]	3.45±0.11 [a]	3.53±0.08 [a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5. การกระจายของขนาดปลา (size distribution)

ค่าการกระจายของน้ำหนักตัวของปลานิลเมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ โดยแบ่งค่าช่วงน้ำหนักออกเป็น 4 ช่วง คือ ≤300 กรัม, 301-400 กรัม, 401-500 กรัม และ ≥501 กรัม พบว่าปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าการกระจายของน้ำหนักตัวที่มากกว่า 500 กรัม มากที่สุดคิดเป็น 72.63 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ค่าการกระจายของน้ำหนักตัวที่ 401-500 กรัม คิดเป็น 22.26 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าการกระจายของน้ำหนักตัวที่ 301-400 กรัม และ น้อยกว่า 300 กรัม คิดเป็น 4.74 และ 0.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าการกระจายของน้ำหนักตัวที่มากกว่า 500 กรัม มากที่สุดคิดเป็น 65.56 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ค่าการกระจายของน้ำหนักตัวที่ 401-500 กรัม คิดเป็น 25.31 เปอร์เซ็นต์ และค่าการกระจายของน้ำหนักตัวที่ 301-400 กรัม และ น้อยกว่า 300 กรัม คิดเป็น 7.47 และ 1.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าการกระจายน้ำหนักตัวที่ 401-500 กรัม มากที่สุดคิดเป็น 36.21 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ การกระจายน้ำหนักตัวที่มากกว่า 500 กรัม คิดเป็น 28.57 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าการ

กระจายของน้ำหนักตัวที่ 301-400 กรัม และ น้อยกว่า 300 กรัม คิดเป็น 27.02 และ 8.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4 และ ภาพที่ 3)

เมื่อทำการทดสอบทางสถิติโดยวิธีไค-สแควร์ เพื่อเปรียบเทียบการกระจายน้ำหนักของปลานิลในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 100 กับ 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีการกระจายน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 100 กับ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร และปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 200 กับ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีการกระจายน้ำหนักตัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 5)

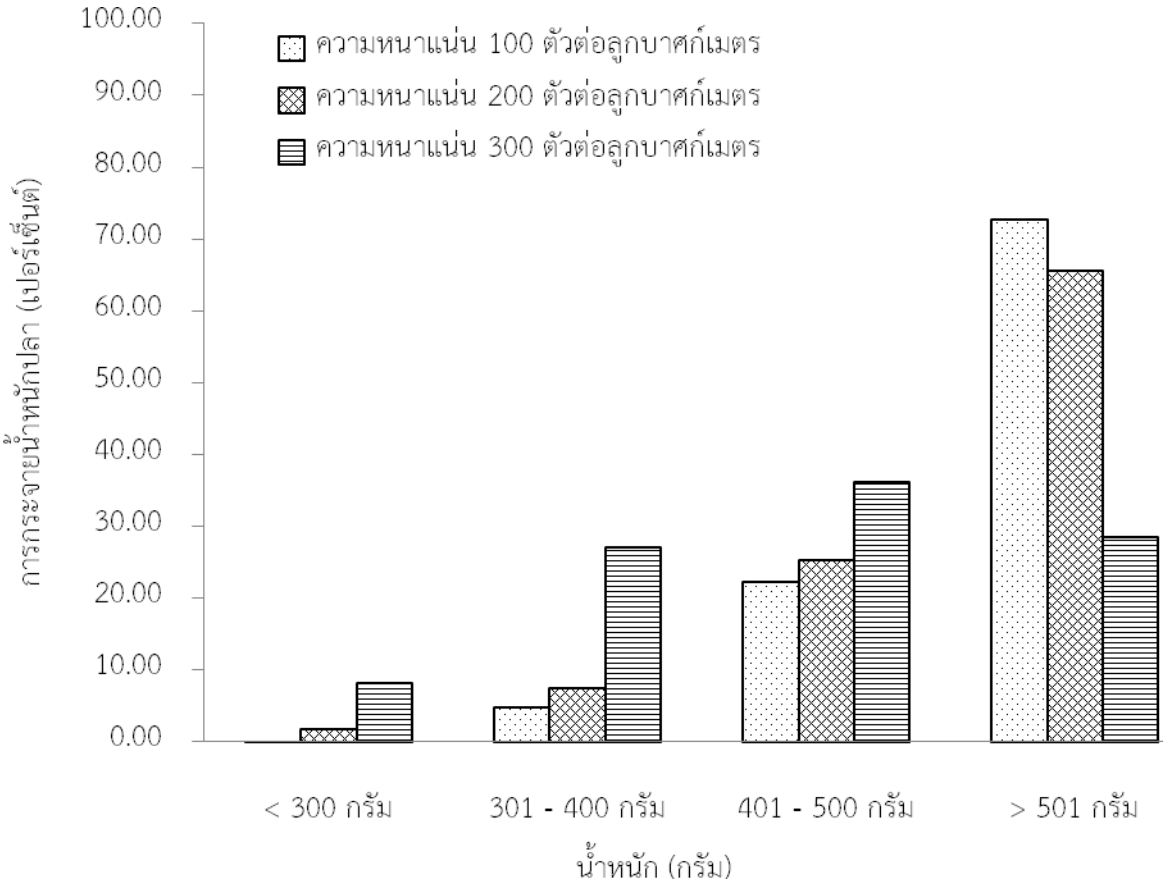
ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การกระจายของน้ำหนักปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

ช่วงน้ำหนัก (กรัม)	อัตราความหนาแน่น (ตัวต่อลูกบาศก์เมตร)		
	100	200	300
≤300	0.36	1.66	8.20
301-400	4.74	7.47	27.02
401-500	22.26	25.31	36.21
≥501	72.63	65.56	28.57

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การกระจายของน้ำหนักปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ โดยวิธีไค-สแควร์

อัตราความหนาแน่น (ตัวต่อลูกบาศก์เมตร)	ค่า χ^2	ค่า p
100 กับ 200	2.877	0.411
100 กับ 300	45.485	0.000
200 กับ 300	31.759	0.000

หมายเหตุ ค่า $p<0.05$ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 3 เปอร์เซ็นต์การกระจายของน้ำหนักปลานิลแปลงเพศที่เลี้ยงในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

6. คุณสมบัติของน้ำ

คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงปลานิลในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ คือ 100, 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 3.2-5.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าอยู่ในช่วง 6.90-8.08 ความกระด้างอยู่ในช่วง 76-194 มิลลิกรัมต่อลิตร as$CaCO_3$ ความเป็นด่างอยู่ในช่วง 42-90 มิลลิกรัมต่อลิตร as$CaCO_3$ อุณหภูมิน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 27.0-31.0 องศาเซลเซียส แอมโมเนียรวมอยู่ในช่วง 0.0318-0.4400 มิลลิกรัม NH_3-N ต่อลิตร ไนไตรท์มีค่าอยู่ในช่วง 0.0020-0.0368 มิลลิกรัม NO^-_2-N ต่อลิตร ไนเตรทมีค่าอยู่ในช่วง 0.0255-0.4000 มิลลิกรัม NO_3-N ต่อลิตร ฟอสเฟตมีค่าอยู่ในช่วง 0.0124-0.1690 มิลลิกรัม PO_4^{3-}-P ต่อลิตร

ตารางที่ 6 คุณสมบัติของน้ำระหว่างการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

คุณสมบัติของน้ำ	อัตราความหนาแน่น (ตัวต่อลูกบาศก์เมตร)		
	100	200	300
ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	3.6-5.4	3.2-5.2	3.2-4.4
ความเป็นกรดเป็นด่าง	6.98-8.06	6.90-7.97	6.91-8.08
ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	80-160	76-134	80-194
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	42-90	50-88	50-90
อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)	27-31	27-31	27-31
ปริมาณแอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.0318-0.3124	0.0401-0.3424	0.0534-0.4400
ไนไตร์ท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.0020-0.0154	0.0021-0.0280	0.0024-0.0368
ไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.0255-0.3000	0.0317-0.4000	0.0346-0.4000
ฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.0124-0.0311	0.0152-0.0313	0.0144-0.1690

7. ต้นทุนการผลิต รายได้ และผลตอบแทน

7.1 ต้นทุนการผลิต

การทดลองเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าอัตราความหนาแน่น 100 ตัวต่อลูกบาศก์ ได้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 57.09 กิโลกรัมต่อกระชัง ต้นทุนการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 3,166.80 บาทต่อกระชัง แยกเป็นต้นทุนผันแปรเท่ากับ 2,746.33 บาทต่อกระชัง และต้นทุนคงที่เท่ากับ 420.47 บาทต่อกระชัง ที่อัตราความหนาแน่น 200 ตัวต่อลูกบาศก์ ได้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 87.49 กิโลกรัมต่อกระชัง ต้นทุนการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 4,731.74 บาทต่อกระชัง แยกเป็นต้นทุนผันแปรเท่ากับ 4,311.27 บาทต่อกระชัง และต้นทุนคงที่เท่ากับ 420.47 บาทต่อกระชัง และที่อัตราความหนาแน่น 300 ตัวต่อลูกบาศก์ ได้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 104.70 กิโลกรัมต่อกระชัง ต้นทุนการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 5,754.52 บาทต่อกระชัง แยกเป็นต้นทุนผันแปรเท่ากับ 5,334.05 บาทต่อกระชัง และต้นทุนคงที่เท่ากับ 420.47 บาทต่อกระชัง (ตารางที่ 7 และ 8)

7.2 รายได้และผลตอบแทน

ผลตอบแทนหรือรายได้ทั้งหมดที่ได้จากการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังที่อัตราความหนาแน่น 100, 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร พบว่ามีรายได้ทั้งหมดเท่ากับ 3,874.80, 6,154.25 และ 6,516.50 บาทต่อกระชัง ตามลำดับ โดยมีรายได้สุทธิเท่ากับ 1,128.47, 1,842.98 และ 1,182.45 บาทต่อกระชัง ตามลำดับ กำไรสุทธิเท่ากับ 708.00, 1,422.51 และ 761.98 บาทต่อกระชัง ตามลำดับ ผลตอบแทนต่อการลงทุนเท่ากับ 35.63, 38.95 และ 20.55 เปอร์เซ็นต์ และจุดคุ้มทุนของราคาขายเท่ากับ 55.47, 54.08 และ 54.96 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 7 ต้นทุนการผลิตของการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

ต้นทุนการผลิต	อัตราความหนาแน่น (ตัวต่อลูกบาศก์เมตร)					
	100		200		300	
	บาทต่อกระชัง	เปอร์เซ็นต์	บาทต่อกระชัง	เปอร์เซ็นต์	บาทต่อกระชัง	เปอร์เซ็นต์
1. ต้นทุนผันแปร						
ค่าพันธุ์ปลา	300.00	9.47	600.00	12.68	900.00	15.64
ค่าอาหารปลา	1,714.98	54.15	2,962.35	62.61	3,673.14	63.83
ค่าไฟฟ้า	127.26	4.02	127.26	2.69	127.26	2.21
ค่าแรงงาน	576.38	18.20	576.38	12.18	576.38	10.02
ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	27.71	0.88	45.28	0.96	57.27	1.00
รวมต้นทุนผันแปรเป็นเงิน (บาท)	**2,746.33**	**86.72**	**4,311.27**	**91.11**	**5,334.05**	**92.69**
2. ต้นทุนคงที่						
ค่าเสื่อมกระชัง	416.66	13.16	416.66	8.81	416.66	7.24
ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	3.81	0.12	3.81	0.08	3.81	0.07
รวมต้นทุนคงที่ (บาท)	**420.47**	**13.28**	**420.47**	**8.89**	**420.47**	**7.31**
รวมต้นทุนทั้งหมด (บาท)	**3,166.80**	**100.00**	**4,731.74**	**100.00**	**5,754.52**	**100.00**

หมายเหตุ - ค่าพันธุ์ปลานิลขนาดน้ำหนัก 50 กรัม ราคาตัวละ 3 บาท (ราคาในจังหวัดเพชรบุรีเมื่อปี 2554)
- ค่าอาหารปลาระดับโปรตีน 28 เปอร์เซ็นต์ ราคากิโลกรัมละ 21.75 บาท
- อัตราค่าจ้างขั้นต่ำของจังหวัดเพชรบุรี ปี 2554 เท่ากับ 250 บาทต่อวันต่อคน วันละ 8 ชั่วโมง เป็นเงินชั่วโมงละ 31.25 บาท โดยคิดเฉพาะเวลาที่ทำงาน วันละ 1 ชั่วโมงจำนวน 1 คน
- ค่าเสื่อมราคาของกระชังใช้วิธีคิดแบบเส้นตรงอายุการใช้งาน 5 ปี
- ค่าไฟฟ้าราคาหน่วยละ 3 บาท คิดที่กำลังไฟ (kw) ของปั๊มลม 1 ตัว ใช้งานตลอด 24 ชั่วโมงเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

ตารางที่ 8 ผลตอบแทนต่อการลงทุนของของการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

	อัตราความหนาแน่น (ตัวต่อลูกบาศก์เมตร)		
	100	200	300
ต้นทุนผันแปร (บาทต่อกระชัง)	2,746.33	4,311.27	5,334.05
ต้นทุนคงที่ (บาทต่อกระชัง)	420.47	420.47	420.47
ต้นทุนทั้งหมด (บาทต่อกระชัง)	3,166.80	4,731.74	5,754.52
ผลผลิตปลานิล (กิโลกรัมต่อกระชัง)	57.09	87.49	104.70
ขนาดน้อยกว่า 300 กรัม (บาทต่อกระชัง)	0.00	32.00	232.00
ขนาด 301-400 กรัม (บาทต่อกระชัง)	75.00	210.00	1,114.00
ขนาด 401-500 กรัม (บาทต่อกระชัง)	549.00	1,098.00	2,304.00
ขนาดมากกว่า 500 กรัม (บาทต่อกระชัง)	3,250.80	4,814.25	2,866.50
รายได้ทั้งหมด (บาทต่อกระชัง)	3,874.80	6,154.25	6,516.50
รายได้สุทธิ (บาทต่อกระชัง)	1,128.47	1,842.98	1,182.45
กำไรสุทธิ (บาทต่อกระชัง)	708.00	1,422.51	761.98
จุดคุ้มทุนของราคาขาย (บาทต่อกิโลกรัม)	55.47	54.08	54.96
ผลตอบแทนต่อการลงทุน (เปอร์เซ็นต์)	35.63	38.95	20.55

หมายเหตุ ราคาขายปลานิลแปลงเพศในจังหวัดเพชรบุรี

ขนาดน้อยกว่า 300 กรัม	ราคากิโลกรัม 40 บาท
ขนาด 301-400 กรัม	ราคากิโลกรัม 50 บาท
ขนาด 401-500 กรัม	ราคากิโลกรัม 60 บาท
ขนาดมากกว่า 500 กรัม	ราคากิโลกรัม 70 บาท

สรุปและวิจารณ์ผล

การเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังด้วยอัตราความหนาแน่นสูง อัตรา 100, 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ในบ่อพักน้ำขนาด 4 ไร่ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปลานิลที่เลี้ยงในกระชังที่อัตราความหนาแน่น 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีการเจริญเติบโต และอัตรารอดตายดีที่สุด รองลงมาได้แก่ ปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ สอดคล้องกับ Hepher (1988) และ Wang *et al*., (2000) ที่กล่าวว่าการเจริญเติบโต และอัตรารอดของปลามีความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นปฏิภาคผกผันกับอัตราความหนาแน่นของปลาที่เลี้ยง โดยเมื่อเลี้ยงปลาด้วยอัตราความหนาแน่นที่สูงขึ้น ปลาจะมีความเครียดมากขึ้นส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง นอกจากนี้ยังส่งผลให้อัตรารอดของปลาลดลงด้วย เช่นเดียวกับการทดลองของ สมปอง และคณะ (2534) ที่ทดลองเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังที่อัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เป็นระยะเวลา 18 สัปดาห์ พบว่าปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 50 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายสูงกว่าการเลี้ยงปลานิลที่อัตราความหนาแน่น 100 และ 150 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร

ผลการทดสอบความแตกต่างของการกระจายน้ำหนักของปลานิลที่เลี้ยงในครั้งนี้ พบว่าการเลี้ยงปลานิลที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน มีผลต่อสัดส่วนของการกระจายน้ำหนักปลาแตกต่างกัน กล่าวคือ ชุดการทดลองที่เลี้ยงปลานิลด้วยอัตราความหนาแน่นสูง จะพบว่ามีเปอร์เซ็นต์สัดส่วนของปลานิลขนาดเล็กมากกว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นต่ำกว่า โดยจากผลการทดลองครั้งนี้พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีการกระจายน้ำหนักตัวปลาขนาดเล็กมากกว่าชุดการทดลองที่ความหนาแน่น 100 และ 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ขณะที่ปลานิลที่ความหนาแน่น 100 และ 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร พบว่ามีการกระจายน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้ เนื่องมาจากการเลี้ยงปลานิลที่อัตราความหนาแน่นสูงมีผลต่อความสามารถในการแก่งแย่งการกินอาหาร ส่งผลให้ปลาบางส่วนได้รับอาหารไม่เพียงพอ และเจริญเติบโตไม่ดีเท่าที่ควร

ปัจจุบันทั่วไปนิยมเลี้ยงปลานิลแปลงเพศขนาด 30-50 กรัม ในกระชังที่อัตราความหนาแน่น 60-100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพน้ำ สภาพการไหลของกระแสน้ำ ขนาดกระชัง และระยะเวลาในการเลี้ยง โดยการเลี้ยงปลานิลในกระชังในแหล่งน้ำไหลสามารถเลี้ยงได้อัตราความหนาแน่นมากกว่าการเลี้ยงในกระชังในแหล่งน้ำปิด (กรมประมง, 2549; www.fisheries.go.th/sf-mukdahan/web2/%5Cimages/planine/tila.pdf) เมื่อพิจารณารูปแบบการเลี้ยงปลาด้วยอัตราความหนาแน่นสูง LVHD (Low Volumn High Density) ที่เริ่มได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน (Lisa, 2013; Zhou *et.al.,* 2010) หลักการของระบบดังกล่าว คือ แหล่งน้ำสำหรับใช้วางกระชังในการเลี้ยงปลา ควรมีขนาดมากกว่า 2,000 ตารางเมตร ไม่มีมลพิษและพืชน้ำ มีความโปร่งใสมากกว่า 40 เซนติเมตร กระชังที่ใช้ในการเลี้ยงปลาควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 1 ลูกบาศก์เมตร และไม่เกิน 4 ลูกบาศก์เมตร โดยการวางกระชังต้องไม่มีการซ้อนทับ อาหารที่ใช้ในการเลี้ยงควรมีระดับโปรตีน 32-36 เปอร์เซ็นต์ ปล่อยพันธุ์ปลาน้ำหนักมากกว่า 20 กรัม โดยความหนาแน่นในการปล่อย 300-500 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำนั้นๆ นอกจากนี้ Schmittou *et.al.,* (2004) ยังได้กล่าวถึง การเลี้ยงปลาระบบความหนาแน่นสูง LVHD ไว้ว่า เรื่องคุณภาพน้ำนับว่ามีความสำคัญ และจำเป็นต่อการเลี้ยงอย่างมาก

โดยเฉพาะความขุ่นใสของน้ำที่สัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารในน้ำ ประกอบกับรูปแบบแนวการวางกระชังที่ทำให้น้ำไหลผ่านได้ดี มีออกซิเจนในน้ำเพียงพอให้ปลาในกระชังเจริญเติบโตดี ซึ่งสัมพันธ์กับอัตราความหนาแน่นของปลาที่จะปล่อยเลี้ยงในกระชัง นอกจากนี้ การเลี้ยงด้วยระบบ LVHD ยังกล่าวถึงประสิทธิภาพ การเปลี่ยนถ่ายน้ำ (water exchange) ภายในกระชัง ว่าการเลี้ยงปลาในกระชังขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร (1.0x1.0x1.2 เมตร) ส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนถ่ายน้ำในระหว่างการเลี้ยงได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกระชังขนาดดังกล่าวมีพื้นที่ด้านข้างของกระชังที่น้ำสามารถไหลผ่านกระชังได้ โดยมีพื้นที่มากกว่าปริมาตรน้ำภายในกระชังถึง 4 เท่า (4:1) และประสิทธิภาพการเปลี่ยนถ่ายน้ำจะลดลงเมื่อกระชังมีขนาดใหญ่ขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกระชังที่มีขนาดใหญ่จะมีพื้นที่ด้านข้างของกระชังที่น้ำสามารถไหลผ่านกระชังในการเปลี่ยนถ่ายน้ำต่อปริมาตรน้ำภายในกระชังลดลง และสำหรับตัวอย่างจากผลการศึกษาของ Michael *et al*., (2003) พบว่าการเลี้ยงปลานิลแดงขนาดน้ำหนักเริ่มต้น 78 กรัม อัตราปล่อย 400 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ในกระชังขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร วางกระชังในอ่างเก็บน้ำ โดยให้อาหารเม็ดลอยน้ำระดับโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงเป็นระยะเวลา 101 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลานิลแดงมีน้ำหนักเฉลี่ย 650 กรัม ผลผลิต 256 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อัตรารอด 98.5 เปอร์เซ็นต์ และอัตราแลกเนื้อเท่ากับ 1.33

ในการทดลองครั้งนี้ ทดลองเลี้ยงปลานิลแปลงเพศที่อัตราความหนาแน่นสูง โดยปรับให้รูปแบบการเลี้ยงให้คล้ายระบบ LVHD กล่าวคือ ทดลองเลี้ยงในกระชังขนาด (1.0x1.0x1.2 เมตร) จัดให้มีการเพิ่มออกซิเจนโดยผ่านหัวทราย และมีการเติมน้ำไหลผ่านอัตรา 16 ลิตรต่อนาทีทุกกระชัง เพื่อช่วยในการเปลี่ยนถ่ายน้ำและกำจัดของเสียรวมถึงก๊าซพิษต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการเลี้ยงปลาแบบหนาแน่นได้ (Boyd, 1990) ทำการวัดคุณภาพน้ำและค่าความขุ่นใสของน้ำ รวมถึงให้ปลากินอาหารอย่างเพียงพอ แม้ผลการทดลองจะพบว่าได้ผลผลิตปลานิลไม่เทียบเท่ากับการเลี้ยงระบบ LVHD ตามที่มีรายงานไว้ ซึ่งส่วนหนึ่งอาจเนื่องมาจากในการทดลองครั้งนี้ วางกระชังทดลองเลี้ยงปลาในบ่อพักน้ำกึ่งปิดที่มีขนาดพื้นที่ไม่มากนัก คุณภาพของน้ำจึงด้อยกว่าการเลี้ยงระบบ LVHD ซึ่งส่วนใหญ่นิยมเลี้ยงในแหล่งน้ำไหล (Emmanuel and Ridha, 1991) อย่างไรก็ตาม พบว่าปลานิลทดลองสามารถเจริญเติบโตได้ปกติ และคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงในการทดลองครั้งนี้ มีค่าอยู่ในเกณฑ์เหมาะสม ตามที่ไมตรี และจารุวรรณ (2528) รายงานไว้ และพบว่าการเลี้ยงรูปแบบนี้ สามารถเลี้ยงปลานิลที่อัตราความหนาแน่นสูงกว่า 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตรได้ ซึ่งมากกว่าอัตราที่นิยมเลี้ยงในปัจจุบันเกือบเท่าตัว นั่นหมายถึงหากมีการจัดการที่ดีและเหมาะสมเพิ่มขึ้น ก็สามารถเป็นแนวทางการเลี้ยงปลานิลเพื่อเพิ่มผลผลิตได้อีกรูปแบบหนึ่งด้วย ประกอบกับระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำในกระชังที่ความหนาแน่นสูงหรือ LVHD ปัจจุบันเริ่มได้รับความสนใจจากผู้เพาะเลี้ยงเชิงพัฒนา และมีแนวโน้มว่าจะพัฒนาการเลี้ยงเพิ่มขึ้นในปลาหลายชนิด ได้แก่ ปลา grass carp ปลา common carp และ ปลา channel catfish รวมถึงปลานิลด้วย และจากผลการทดลองครั้งนี้พบว่าการเลี้ยงปลานิลที่อัตราความหนาแน่น 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดี ดังนั้น รูปแบบการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศจากการทดลองนี้ สามารถนำไปสู่การพัฒนาการเลี้ยงแบบ LVHD ได้ โดยต้องคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการอัตราการเจริญเติบโตที่ให้ผลผลิตขนาดใกล้เคียงกัน และอัตราการรอดตาย เช่น คุณสมบัติของน้ำ การให้อาหารอย่างเพียงพอ และการเลือกพื้นที่ในการเลี้ยงที่เหมาะสม

พิจารณาเชิงเศรษฐศาสตร์พบว่า ต้นทุนส่วนใหญ่เป็นต้นทุนผันแปรมีค่าระหว่าง 86.72-92.69 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าอาหารในสัดส่วนที่สูงมากมีค่าระหว่าง 54.15-63.83 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นทุนการผลิตมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นที่สูงขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของเรณู และคณะ (2546) พบว่าการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ ปลานิลเพศผู้ และเพศเมียในกระชังที่อัตราความหนาแน่น 150 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เป็นเวลา 90 วัน มีต้นทุนค่าอาหารเป็นต้นทุนที่สูงที่สุดมีค่าระหว่าง 68.41-71.75 เปอร์เซ็นต์นอกจากนี้ เกวลิน (2555) พบว่าการเลี้ยงในกระชังขนาด 3.0x3.0x2.0 ลูกบาศก์เมตร ที่อัตราความหนาแน่น 500 ตัวต่อกระชัง มีต้นทุนผันแปรมีค่าระหว่าง 92.75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าอาหารที่สูงที่สุดมีค่า 70.14 เปอร์เซ็นต์ การเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังที่อัตราความหนาแน่น 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าแม้จะมีผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 104.07 กิโลกรัมต่อกระชัง แต่มีผลตอบแทนต่อการลงทุน และกำไรสุทธิต่ำกว่าการเลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้เนื่องจากพบว่าผลผลิตปลานิลที่ได้มีปลาขนาดเล็กจำนวนมาก ทำให้จำหน่ายได้ราคาต่ำกว่าปลานิลขนาดใหญ่ และสำหรับการเลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีการเจริญเติบโตและอัตรารอดดีที่สุด แต่พบว่ามีกำไรสุทธิน้อยกว่าการเลี้ยงที่ความหนาแน่น 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้เนื่องจากมีจำนวนปลาน้อยกว่า และยังเป็นการใช้ประโยชน์จากกระชังยังไม่คุ้มค่า

จากผลการทดลองครั้งนี้ เมื่อพิจารณาจากการเจริญเติบโต และผลวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่าการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังด้วยอัตราความหนาแน่น 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีความเหมาะสมที่สุดในการทดลองครั้งนี้ เนื่องจากมีการเจริญเติบโตที่ดี และให้ผลตอบแทนต่อการลงทุนดีที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. การเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชังด้วยอัตราความหนาแน่นสูง ในระหว่างการให้อาหารควรสังเกตการกินอาหารของปลาทดลอง เพื่อที่ปลาจะได้รับอาหารอย่างเพียงพอและทั่วถึงทุกตัว เนื่องจากปลาทดลองในกระชังมีอัตราความหนาแน่นมากกว่าการเลี้ยงปกติ จึงควรเพิ่มระยะเวลาในการให้อาหารเพื่อให้ปลาทุกตัวได้รับอาหารได้ทั่วถึง

2. การเพิ่มอัตราความหนาแน่นในการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศด้วยอัตราความหนาแน่นสูง ควรคำนึงถึงการเลือกพื้นที่หรือแหล่งน้ำ ควรวางกระชังในแหล่งน้ำไหล หรือเป็นบ่อขนาดใหญ่พื้นที่มากกว่า 1 ไร่ เป็นแหล่งน้ำที่มีปริมาณธาตุอาหารปานกลาง (mesotrophic) หรือมีความขุ่นใส่มากกว่า 40 เซนติเมตร เลี้ยงในกระชังที่เหมาะสม และมีการเพิ่มออกซิเจนภายในกระชังในอัตราที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2549. ปลานิลปลาพระราชทานเพื่อปวงชนชาวไทย. ส่วนโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริและกิจกรรมพิเศษ, สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 134 หน้า.

กองประมงต่างประเทศ. สถิติการส่งออกและนำเข้าปลานิลและผลิตภัณฑ์ ปี พ.ศ.2545-2553. กรมประมง

การเลี้ยงปลานิลแปลงเพศในกระชัง. www.fisheries.go.th/sf-mukdahan/web2/%5Cimages/planine/tila.pdf

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2543. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซี เค แอนด์ เอส โฟโต้สตูดิโอ, กรุงเทพฯ. 594 หน้า.

เกวลิน หนูฤทธิ์. 2555. การเลี้ยงปลานิลในกระชังจังหวัดสตูล ปี พ.ศ.2554. http://www.fisheries.go.th/sf-satun/web2/index.php?option=com_content&view=article&id=68&Itemid=95161-167.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับงานวิจัยทางการประมง. ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ, สถาบันวิจัยประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 115 หน้า.

เรณู สิริมงคลถาวร ปวีณา ผิวขำ พิน พลไชย และ ธนดล นวลจันทร์. 2546. การเลี้ยงปลานิลแบบพัฒนาในกระชังในอ่างเก็บน้ำน้ำหมานตอนบน จังหวัดเลย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2/2546. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 26 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. ศักยภาพการตลาดและการผลิตปลานิล. เอกสารวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร เลขที่ 119. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 53 หน้า.

สมปอง หิรัญวัฒน์ บุญส่ง ศรีเจริญธรรม และ เรณู ปิติพรชัย. 2534. การเลี้ยงปลานิลในกระชังในอ่างเก็บน้ำดอกกราย จ.ระยอง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 133. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด, กรมประมง. 36 หน้า.

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

อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล, บุษกร บำรุงธรรม, วราวุธ จอกเงิน และ พัฒนพงศ์ ชูแสง. 2543. ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดปากและขนาดของอาหารที่ใช้ในการอนุบาลปลาหางนกยูง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 5/2542. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและสถานแสดงพันธุ์สัตว์น้ำ, กรมประมง. 24 หน้า.

APHA - AWWA and WPCF. 1989. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17 th ed. American Public Health Association. Washington DC. 1397 pp.

Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Auburn, Alabama, USA. 482 pp.

Boyd. C. E. 1990. Water Quality in Pond for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Auburn, Alabama, USA. 482 pp.

Emmanuel, M. C. and M. Ridha. 1991. Production of The Tilapia *Oreochromis spilurus* Gunther Stocked at Different Densities in Sea Cages. Aquaculture. 99: 95-103.

Hepher, B. 1988. Nutrition of Pond Fishes. Cambridge University Press. New York. 388 pp.

Kay, R.D. 1986. Farm Management: Planing,Control and Implementation. McGraw Hill Book Co., Singapore. 401 pp.

Lisa. P. 2013. Philippines Tilapia Cage Grower Adopts USSEC LVHD Cage Culture Technology. http://www.ussec.org/2013/01/philippines-tilapia-cage-grower-adopts-ussec-lvhd-cage-culture-technology/

Michael, C. C., Zhang, J. and E. Zhou. 2003. Red Tilapia Production in LVHD Cages with a Soy-Based Feed : Hainan China. American Soybean Association. Beijing, China. 5 pp.

Schmittou, H. R., Cremer, M. C. and J. Zhang. 2004. Principles and Practices of High Density Fish Culture in Low Volume Cages. American Soybean Association. 88 pp.

Wang, N., R.S. Hayward and D.B. Noltie. 2000. Effects of Social Interaction on Growth of Juvenile Hybrid Sunfish at Two Densities. North American Journal of Aquaculture 62: 161-167.

Zhou. E., Zhang. J., Michael. C. C. and T. O'Keefe. 2010. Tilapia LVHD Cage Production with 24%, 28%, 32% and 36% Protein Soy-Based Feeds. http://www.soyaqua.org/reports/tilapia-lvhd-cage-production-24-28-32-and-36-protein-soy-based-feeds