

ความหนาแน่นที่เหมาะสมต่ออัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของปลานิล
(*Oreochromis niloticus*) ที่เลี้ยงในบ่อบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบบ่อผิ

The optimum stocking density for the growth and yield of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)
in the community oxidation ponds

นฤชิต ดำปิ่น¹ วิทย์ ธารชลาณุกิจ² เกษม จันทรแก้ว¹ ประทีกษ ดาบทิพย์วรรณ²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่เลี้ยงในกระชังอัตราความหนาแน่น 1, 2, 3, 4 และ 5 ตัวต่อตารางเมตร ในบ่อผิ² ของระบบบำบัดน้ำเสียจากชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีซึ่งมีขนาดพื้นที่ 34,890 ตารางเมตร ลึก 1.9 เมตร เป็นระยะเวลา 48 สัปดาห์ โดยไม่มีการให้อาหาร ผลการศึกษา พบว่า ปลานิลมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง การเจริญเติบโตด้านความยาวลำตัวเฉลี่ยเท่ากับ 28.3 ± 1.85 , 25.5 ± 1.79 , 24.3 ± 1.68 , 22.3 ± 1.86 และ 22.3 ± 1.67 เซนติเมตรต่อตัว ตามลำดับ และน้ำหนักตัวเฉลี่ย 433.33 ± 86.40 , 304.46 ± 66.70 , 268.13 ± 55.78 , 227.38 ± 61.07 และ 206.28 ± 52.33 กรัมต่อตัวตามลำดับ โดยมีการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโต (ค่า K) ในกระชังหนาแน่น 1 ตัวต่อตารางเมตร สูงที่สุด รองลงมาเป็นความหนาแน่น 2, 3, 4 และ 5 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนัก ($W = aL^b$) มีค่าความลาดชันของสมการ (b) ทั้ง 5 ระดับความหนาแน่น เป็น 3.0356, 3.0105, 3.0263, 3.0349 และ 3.0299 ตามลำดับ ขณะเดียวกันมีอัตรารอดของปลาในกระชังความหนาแน่น 1 ตัวต่อตารางเมตร มากที่สุด เท่ากับ 78.67 ± 2.31 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาที่ความหนาแน่น 4, 5, 2 และ 3 ตัวต่อตารางเมตร เท่ากับ 71.67 ± 4.51 , 70.40 ± 6.55 , 69.33 ± 6.11 และ 67.11 ± 11.95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาถึงอัตราการเจริญเติบโตของปลา พบว่าอัตราความหนาแน่น 2 ตัวต่อตารางเมตร มีการเจริญเติบโตเหมาะสมสำหรับเลี้ยงในบ่อผิ² ของระบบบำบัดน้ำเสียจากชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี

คำสำคัญ : ความหนาแน่น อัตราการเจริญเติบโต ผลผลิต ปลานิล บ่อบำบัดน้ำเสียชุมชน

Abstract

This research aims were to compare the growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) incages fixed in the 2nd oxidation pond, the pond size is 34,890 m² and the average depth is 1.9 m, filled with community-based wastewater from Municipality Phetchaburi at the density of 1, 2, 3, 4 and 5 fish/sqm for 48 weeks without feeding. The results showed that tilapias gradually grew to the average total length (TL) of 28.3 ± 1.85 , 25.5 ± 1.79 , 24.3 ± 1.68 , 22.3 ± 1.86 and 22.3 ± 1.67 cm, respectively, and average body weight (BW) was 433.33 ± 86.40 , 304.46 ± 66.70 , 268.13 ± 55.78 , 227.38 ± 61.07 and 206.28 ± 52.33 g, respectively. The growth, average daily growth rate, specific growth rate and the coefficient of condition (K) of fish with stocking density 1 fish/sqm was higher than those with 2, 3, 4 and 5 fish/sqm, respectively. The correlation coefficient - values of TL and BW ($W = aL^b$) were 3.0356, 3.0105, 3.0263, 3.0349 and

¹ วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

² คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

3.0299, respectively. The survival rate of Nile tilapia in the density 1 fish/sqm was 78.67 ± 2.31 which was higher than those density of 4, 5, 2 and 3 of 71.67 ± 4.51 , 70.40 ± 6.55 , 69.33 ± 6.11 and 67.11 ± 11.95 percentages. When considering growth rate of the fishes in the density of 2 fish/sqm was optimum for cultured in the 2nd oxidation pond filled with community-based wastewater from Municipality Phetchaburi.

Key words : stocking density, growth, yield, Nile tilapia, community wastewater treatment

คำนำ

น้ำเสียชุมชนโดยทั่วไปมีสารอินทรีย์และอนินทรีย์ในปริมาณที่สูงหรือมีค่าความสกปรกสูง (มันซินและมันรัทซ์, 2545) หากปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรงทำให้แหล่งน้ำนั้นเกิดการเน่าเสียได้ และส่งผลกระทบต่อน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค รวมทั้งนิเวศวิทยาแหล่งน้ำและทรัพยากรสัตว์น้ำเกิดความเสื่อมโทรม ดังนั้นควรมีการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ในการบำบัดน้ำเสียนี้สามารถทำได้ด้วยวิธีระบบบ่อฝึ่ง อาศัยธรรมชาติช่วยธรรมชาติด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา) โดยมีแสงแดด ลม และสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น จุลินทรีย์ และแพลงก์ตอน เป็นต้น ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์และอนินทรีย์จากโมเลกุลใหญ่เป็นโมเลกุลเล็ก จากกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ใช้ออกซิเจน (aerobic) และไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic) ทั้งในน้ำและในดิน เมื่อได้โมเลกุลขนาดเล็กแล้วสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชซึ่งเป็นผู้ผลิตขั้นต้นจะดูดซับสารเหล่านี้ไปใช้ในการเจริญเติบโตจนเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วและให้ออกซิเจนกลับคืนสู่แหล่งน้ำ เพื่อให้สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ นำไปใช้ในการหายใจ ขณะเดียวกันแพลงก์ตอนสัตว์จะกินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหารอีกทอดหนึ่งซึ่งเป็นการหมุนเวียนธาตุอาหารและถ่ายทอดพลังงานในกระบวนการของระบบนิเวศแหล่งน้ำ แต่ในบ่อบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝึ่งนั้นไม่มีสารอาหารในปริมาณมาก ทำให้แพลงก์ตอนมีปริมาณมากด้วย หากมิได้ทำการบำบัด เมื่อออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติทำให้เกิด eutrophication (Turker *et al*, 2003) ขณะเดียวกันหากแพลงก์ตอนเหล่านี้ตายลงในบ่อและถูกย่อยสลายส่งผลให้คุณภาพน้ำในบ่อมีความเสื่อมโทรมอีกครั้ง ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนโดยการเลี้ยงปลาในบ่อในระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าว จากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เป็นปลาที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตได้ดีในระบบบำบัดน้ำเสียนี้ (จิระวดี, 2550; นฤชิต และคณะ, 2553) เพราะมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง สามารถกินทั้งแพลงก์ตอนพืช ได้แก่ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue-green algae) และสาหร่ายสีเขียว (green algae) เป็นต้น แพลงก์ตอนสัตว์ ได้แก่ กลุ่มไรติเฟอร์ (rotifers) และกลุ่มอาร์โทรพอด (arthropod) เป็นต้น รวมทั้งสาหร่ายและซากสารอินทรีย์เป็นอาหาร (Bowen, 1982; Turker *et al*, 2003) เป็นการถ่ายเทสารอาหารจากน้ำสู่แพลงก์ตอนและสะสมในปลานิลเพื่อรอการเก็บเกี่ยวออกนอกระบบ ซึ่งเป็นการลดปัญหามลพิษและปรากฏการณ์ eutrophication ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ทางโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริได้ทำการศึกษาวิจัยการเลี้ยงปลานิลในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบบ่อฝึ่งมาเป็นระยะเวลานานและให้ผลผลิตกว่า 60 ตันต่อปี กล่าวคือปลานิลมีการเจริญเติบโตได้ดีและผสมพันธุ์วางไข่ในระบบบำบัดน้ำเสียได้ แต่ก็ยังประสบปัญหาว่ายังมีแพลงก์ตอนในปริมาณที่มากและมีปริมาณไม่เท่ากันในแต่ละบ่อจึงส่งผลให้ปลานิลที่เลี้ยงมีการเจริญเติบโตแตกต่างกันมาก อัตราความหนาแน่นของปลาที่เลี้ยงในแต่ละบ่อมีปริมาณไม่สมดุลกับอัตราการเพิ่มปริมาณของแพลงก์ตอนในแต่ละวัน ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาถึงอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงในบ่อฝึ่งที่ 2 ของระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าว เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสีย และเพื่อป้องกันการเกิด eutrophication ในแหล่งน้ำธรรมชาติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองบริเวณระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมภาคแม่เปียน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี โดยทำการเลี้ยงปลานิลในกระชังขนาด $5 \times 5 \times 2.5$ เมตร จำนวน 15 กระชัง กระชังทำด้วยในล่อนขนาดช่องตา 1.5 เซนติเมตร วางลอยในบ่อฝั่งที่ 2 ซึ่งมีพื้นที่ 34,890 ตารางเมตร ลึก 1.9 เมตร เนื่องจากเป็นบ่อที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิลมากที่สุด (นฤชิตและคณะ, 2553) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design: CRD)

ใช้ปลานิลขนาดความยาวเฉลี่ย 7.0 ± 0.33 , 7.1 ± 0.35 , 7.1 ± 0.31 , 6.8 ± 0.39 และ 6.8 ± 0.44 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 5.99 ± 0.75 , 5.99 ± 0.82 , 5.90 ± 0.75 , 5.34 ± 0.93 และ 5.34 ± 1.01 กรัม ตามลำดับ ปล่อยลงเลี้ยงในแต่ละกระชังตามความหนาแน่น 1, 2, 3, 4 และ 5 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ โดยแต่ละความหนาแน่นมีจำนวน 3 ซ้ำ ในระหว่างการทดลองไม่มีการให้อาหารแต่ให้ปลานิลกินอาหารธรรมชาติที่เกิดขึ้นในบ่อเท่านั้น

ศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิล โดยทำการจับปลานิลทุกตัวในแต่ละกระชังมาทำการบันทึกข้อมูลด้านน้ำหนัก (weight; g) และความยาวเหยียด (total length; cm) แล้วนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ดังต่อไปนี้

- 1) การเจริญเติบโตด้านความยาวและน้ำหนัก
- 2) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (average daily growth)
- 3) ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนัก ตามสมการ $W = aL^b$ (Rounsefell and Everhart, 1953)
- 4) ค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโต (Coefficient of Condition, K) (Dourado and Davies, 1978)
- 5) อัตราการเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate) (Ricker, 1958)
- 6) อัตราการรอดตาย (Survival rate) (Everhart *et al.*, 1975)
- 7) ผลผลิตเฉลี่ย (Average Production)

เก็บตัวอย่างน้ำในกระชังวันเดียวกับเก็บตัวอย่างปลาทุก ๆ 4 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 48 สัปดาห์ คุณภาพน้ำที่ตรวจวัด ได้แก่ อุณหภูมิ (temperature, °C) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen; DO, mg/l) ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity; EC, $\mu\text{cm/cm}$) สารแขวนลอย (suspended solid; SS, mg/l) ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (total dissolved solid; TDS, mg/l) ความเป็นด่าง (alkalinity, mg/l) ความกระด้าง (hardness, mg/l) ค่าความสกปรก (biological oxygen demand; BOD, mg/l) แอมโมเนีย (NH_3 , mg/l) ไนเตรท (NO_3^- , mg/l) และฟอสเฟตรวม (total phosphate, mg/l) โดยดำเนินการวิเคราะห์ตามวิธีใน Standard Method for Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WEF, 1992) พร้อมกับนำผลเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำหรือการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

นำข้อมูลการเจริญเติบโตของปลานิลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Multiple Comparison Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลอง

1. การเจริญเติบโตของปลานิล

ปล่อยปลานิลลงเลี้ยงในกระชังที่ระดับความหนาแน่น 1, 2, 3, 4 และ 5 ตัวต่อตารางเมตร เป็นระยะเวลา 48 สัปดาห์ มีการเจริญเติบโตด้านความยาวและน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดจนเสร็จสิ้นการทดลอง พบว่าปลานิลในกระชังที่ความหนาแน่น 1 ตัวต่อตารางเมตร มีการเจริญเติบโตด้านความยาวเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาเป็นกระชังที่ความหนาแน่น 2, 3, 4 และ 5 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ โดยมีผลการเจริญเติบโตด้าน

ความยาวเฉลี่ย 28.3 ± 1.85 , 25.5 ± 1.79 , 24.3 ± 1.68 , 22.3 ± 1.86 และ 22.3 ± 1.67 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีน้ำหนักเฉลี่ย 433.33 ± 86.40 , 304.46 ± 66.70 , 268.13 ± 55.78 , 227.38 ± 61.07 และ 206.28 ± 52.33 กรัม ตามลำดับ (Figure 1)

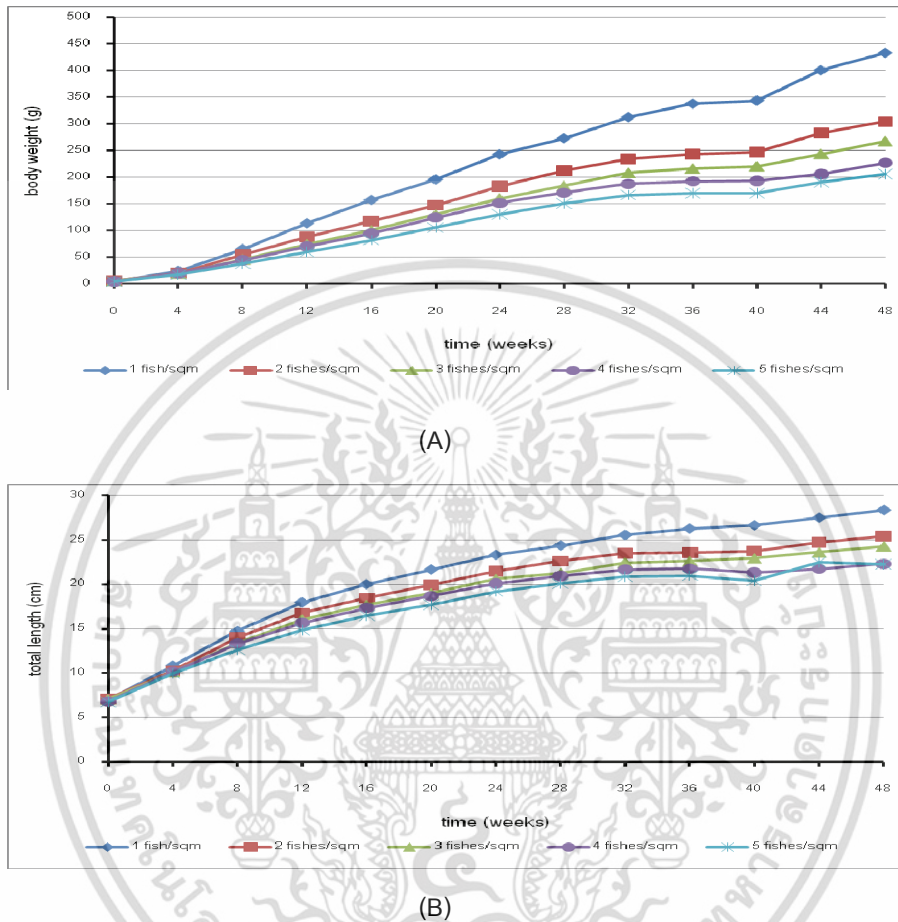


Figure 1 The average of body weight (A) and total length (B) of Nile tilapia cultured in cages relate to different density of fishes

2. อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (average daily growth)

ปลานิลที่เลี้ยงในกระชังตลอดระยะเวลาการเลี้ยงที่มีความหนาแน่น 1 ตัวต่อตารางเมตร มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันด้านความยาวมากที่สุด เท่ากับ 0.07 ± 0.001 เซนติเมตรต่อวัน รองลงมาที่มีความหนาแน่น 2 ตัวต่อตารางเมตร เท่ากับ 0.06 ± 0.003 เซนติเมตรต่อวัน และที่ระดับความหนาแน่น 3, 4 และ 5 ตัวต่อตารางเมตร มีความใกล้เคียงกัน เท่ากับ 0.05 ± 0.002 , 0.05 ± 0.007 และ 0.05 ± 0.004 เซนติเมตรต่อวัน ตามลำดับ ส่วนอัตราการเจริญเติบโตต่อวันด้านน้ำหนักก็เช่นเดียวกัน เท่ากับ 1.32 ± 0.03 , 0.92 ± 0.10 , 0.81 ± 0.07 , 0.69 ± 0.16 และ 0.62 ± 0.12 กรัมต่อวัน ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 The average daily growth of Nile tilapia cultured in cages relate to different density of fishes

| Time (weeks) | average daily growth of total length (cm/day) | | | | | average daily growth of body weight (g/day) | | | | |
|--------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1 fish/sqm | 2 fishes/sqm | 3 fishes/sqm | 4 fishes/sqm | 5 fishes/sqm | 1 fish/sqm | 2 fishes/sqm | 3 fishes/sqm | 4 fishes/sqm | 5 fishes/sqm |
| 4 | 0.14 | 0.11 | 0.11 | 0.12 | 0.11 | 0.67 | 0.52 | 0.49 | 0.54 | 0.44 |
| 8 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.09 | 1.46 | 1.22 | 0.95 | 0.88 | 0.74 |
| 12 | 0.12 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 1.72 | 1.19 | 1.02 | 0.90 | 0.79 |
| 16 | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 1.57 | 1.05 | 0.93 | 0.88 | 0.79 |
| 20 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 1.37 | 1.08 | 1.04 | 1.07 | 0.83 |
| 24 | 0.06 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 1.68 | 1.26 | 1.10 | 0.97 | 0.89 |
| 28 | 0.04 | 0.04 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 1.08 | 1.07 | 0.83 | 0.69 | 0.73 |
| 32 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 1.41 | 0.77 | 0.88 | 0.59 | 0.56 |
| 36 | 0.03 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.91 | 0.33 | 0.28 | 0.18 | 0.11 |
| 40 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | -0.02 | -0.02 | 0.21 | -0.10 | 0.15 | 0.02 | 0.00 |
| 44 | 0.03 | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.07 | 2.03 | 1.51 | 0.83 | 0.47 | 0.73 |
| 48 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | -0.01 | 1.16 | 0.75 | 0.86 | 0.75 | 0.56 |

3. ค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโต (coefficient of condition)

ปลานิลที่เลี้ยงในกระชังที่ความหนาแน่น 1, 2, 3, 4 และ 5 ตัวต่อตารางเมตร มีค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 16.23 ± 1.08 , 16.56 ± 1.15 , 16.71 ± 1.45 , 16.83 ± 1.55 และ 17.04 ± 1.41 กรัมต่อเซนติเมตร ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตเฉลี่ยที่ความหนาแน่นทั้ง 5 ระดับ มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ปลานิลในกระชังที่ความหนาแน่น 1 ตัวต่อตารางเมตร มีค่าเฉลี่ยตลอดการศึกษาสูงสุด เท่ากับ 18.76 กรัมต่อเซนติเมตร รองลงมาที่ความหนาแน่น 2, 5, 4, และ 3 ตัวต่อตารางเมตร เท่ากับ 18.27, 18.26, 18.25 และ 18.20 กรัมต่อเซนติเมตร ตามลำดับ (Table 2)

4. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate)

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลในกระชังที่ความหนาแน่น 1 ตัวต่อตารางเมตร มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 1.35 ± 0.01 รองลงมาที่ความหนาแน่น 2, 3, 4 และ 5 ตัวต่อตารางเมตร เท่ากับ 1.22 ± 0.05 , 1.18 ± 0.03 , 1.16 ± 0.07 และ 1.13 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ (Table 3)

Table 2 Coefficient of condition of Nile tilapia cultured in cages relate to different density of fishes

| Time (weeks) | Coefficient of condition (g/cm) | | | | |
|--------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| | 1 fish/sqm | 2 fishes/sqm | 3 fishes/sqm | 4 fishes/sqm | 5 fishes/sqm |
| 0 | 16.23 ± 1.08^{bc} | 16.56 ± 1.15^a | 16.71 ± 1.45^{ab} | 16.83 ± 1.55^c | 17.04 ± 1.41^c |
| 4 | 18.74 ± 1.94^a | 18.37 ± 1.52^b | 18.20 ± 2.70^b | 18.71 ± 2.09^b | 18.82 ± 2.44^c |
| 8 | 20.20 ± 1.53^a | 19.68 ± 1.66^a | 18.83 ± 1.12^{bc} | 18.75 ± 1.31^c | 18.76 ± 1.31^c |
| 12 | 19.34 ± 1.25^a | 18.64 ± 1.05^{bc} | 17.91 ± 1.15^d | 17.98 ± 1.04^d | 18.17 ± 1.21^{cd} |
| 16 | 19.48 ± 1.76^a | 18.57 ± 1.51^{bc} | 18.02 ± 0.92^c | 17.91 ± 0.94^c | 18.21 ± 1.33^c |

Table 2 Coefficient of condition of Nile tilapia cultured in cages relate to different density of fishes

| Time (weeks) | Coefficient of condition (g/cm) | | | | |
|--------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 1 fish/sqm | 2 fishes/sqm | 3 fishes/sqm | 4 fishes/sqm | 5 fishes/sqm |
| 20 | 19.15 ± 2.59 ^a | 18.39 ± 1.06 ^{ab} | 18.82 ± 1.19 ^{bc} | 18.93 ± 1.67 ^c | 18.93 ± 1.78 ^d |
| 24 | 19.01 ± 1.48 ^a | 18.28 ± 1.50 ^{bc} | 18.31 ± 1.69 ^{cd} | 18.46 ± 1.48 ^d | 18.24 ± 1.12 ^e |
| 28 | 18.71 ± 1.17 ^a | 18.24 ± 1.44 ^b | 18.13 ± 0.96 ^b | 18.41 ± 1.56 ^{ab} | 18.52 ± 1.81 ^{ab} |
| 32 | 18.61 ± 1.70 ^a | 17.86 ± 1.03 ^{bc} | 18.28 ± 1.17 ^{cd} | 18.15 ± 1.60 ^d | 18.15 ± 1.12 ^e |
| 36 | 18.61 ± 2.19 ^a | 18.46 ± 1.71 ^{bc} | 18.55 ± 1.46 ^{cd} | 18.39 ± 1.22 ^d | 18.20 ± 1.33 ^e |
| 40 | 17.99 ± 1.21 ^a | 17.81 ± 1.50 ^{bc} | 18.10 ± 0.90 ^c | 18.13 ± 1.61 ^c | 17.91 ± 1.61 ^c |
| 44 | 19.06 ± 1.42 ^a | 18.46 ± 1.36 ^{bc} | 18.31 ± 1.45 ^c | 18.16 ± 1.70 ^c | 18.01 ± 1.80 ^c |
| 48 | 18.81 ± 1.66 ^a | 18.20 ± 1.11 ^c | 18.42 ± 1.36 ^c | 18.46 ± 1.27 ^{bc} | 18.39 ± 1.10 ^c |

a, b, c, d mean values with different superscript letters in the same row were significantly different ($P < 0.05$)

Table 3 The specific growth rate of Nile tilapia cultured in cages relate to different density of fishes

| Time (weeks) | Specific growth rate (%/day) | | | | | | | | | |
|--------------|------------------------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | 1 fish/sqm | | 2 fishes/sqm | | 3 fishes/sqm | | 4 fishes/sqm | | 5 fishes/sqm | |
| | W | L | W | L | W | L | W | L | W | L |
| 4 | 5.28 | 1.58 | 4.41 | 1.31 | 4.28 | 1.29 | 4.77 | 1.44 | 4.25 | 1.38 |
| 8 | 4.40 | 1.33 | 3.95 | 1.21 | 3.67 | 1.15 | 3.80 | 1.20 | 3.52 | 1.11 |
| 12 | 3.59 | 1.12 | 3.20 | 1.02 | 3.02 | 0.98 | 3.06 | 0.99 | 2.89 | 0.94 |
| 16 | 2.98 | 0.94 | 2.66 | 0.85 | 2.53 | 0.82 | 2.57 | 0.84 | 2.45 | 0.79 |
| 20 | 2.54 | 0.81 | 2.29 | 0.74 | 2.21 | 0.71 | 2.25 | 0.72 | 2.13 | 0.69 |
| 24 | 2.25 | 0.72 | 2.04 | 0.66 | 1.97 | 0.64 | 1.99 | 0.64 | 1.90 | 0.62 |
| 28 | 1.99 | 0.64 | 1.82 | 0.59 | 1.76 | 0.56 | 1.77 | 0.57 | 1.71 | 0.55 |
| 32 | 1.80 | 0.58 | 1.64 | 0.53 | 1.59 | 0.52 | 1.59 | 0.52 | 1.54 | 0.50 |
| 36 | 1.63 | 0.53 | 1.47 | 0.48 | 1.43 | 0.46 | 1.42 | 0.46 | 1.37 | 0.45 |
| 40 | 1.47 | 0.48 | 1.33 | 0.43 | 1.29 | 0.42 | 1.28 | 0.41 | 1.24 | 0.39 |
| 44 | 1.39 | 0.44 | 1.25 | 0.40 | 1.21 | 0.39 | 1.19 | 0.38 | 1.16 | 0.39 |
| 48 | 1.35 | 0.43 | 1.22 | 0.40 | 1.19 | 0.38 | 1.16 | 0.37 | 1.13 | 0.37 |

W = body weight, L = total length

5. อัตราการรอดตาย (survival rate)

อัตราการรอดตายของปลานิลในกระชังที่ความหนาแน่น 1 ตัวต่อตารางเมตร มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 78.67 ± 2.31 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นที่ความหนาแน่น 4, 5, 2 และ 3 ตัวต่อตารางเมตร เท่ากับ 71.67 ± 4.51 , 70.40 ± 6.55 , 69.33 ± 6.11 และ 67.11 ± 11.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 4)

Table 4 The survival rate of Nile tilapia cultured in cages relate to different density of fishes

| Time (weeks) | Survival rate (%) | | | | |
|-----------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1 fish/sqm | 2 fishes/sqm | 3 fishes/sqm | 4 fishes/sqm | 5 fishes/sqm |
| 4 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 8 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 12 | 100.00 | 99.33 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 16 | 93.33 | 85.33 | 95.56 | 85.67 | 88.53 |
| 20 | 85.33 | 82.67 | 83.56 | 83.00 | 82.13 |
| 24 | 81.33 | 80.00 | 80.00 | 80.00 | 78.93 |
| 28 | 81.33 | 78.67 | 78.22 | 79.33 | 78.13 |
| 32 | 81.33 | 78.67 | 78.22 | 78.00 | 77.60 |
| 36 | 80.00 | 71.33 | 69.33 | 76.00 | 70.93 |
| 40 | 78.67 | 70.00 | 68.00 | 72.00 | 70.67 |
| 44 | 78.67 | 69.33 | 67.56 | 72.00 | 70.67 |
| 48 | 78.67 | 69.33 | 67.11 | 71.67 | 70.40 |

6. ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนัก

ปลานิลที่เลี้ยงในกระชังตลอดระยะเวลาการศึกษา (อายุเลี้ยง 1-48 สัปดาห์) เมื่อนำข้อมูลความยาวและน้ำหนักมาวิเคราะห์หาสมการเส้นถดถอย ได้เป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนักของปลานิลที่เลี้ยงในกระชังที่ระดับความหนาแน่น 1, 2, 3, 4 และ 5 ตัวต่อตารางเมตร เป็น $W = 0.0169L^{3.0263}$, $W = 0.0178L^{3.0105}$, $W = 0.0169L^{3.0263}$, $W = 0.0165L^{3.0349}$ และ $W = 0.0167L^{3.0299}$ ตามลำดับ

7. ผลผลิตปลา

ผลผลิตปลานิลที่เลี้ยงในกระชังตลอดระยะเวลาการศึกษา 48 สัปดาห์ พบว่า ผลผลิตปลานิลเฉลี่ยสูงที่สุดในกระชังที่ความหนาแน่น 5 ตัวต่อตารางเมตร เท่ากับ $1,174.59 \pm 333.11$ กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาที่ความหนาแน่น 4, 3, 2, และ 1 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ เท่ากับ $1,045.44 \pm 256.01$, 855.37 ± 96.16 , 673.14 ± 61.61 และ 545.47 ± 22.14 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

8. คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 1, 2, 3, 4 และ 5 ตัวต่อตารางเมตร ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงในทุกกระชังและทุกความหนาแน่นมีคุณภาพน้ำเฉลี่ยใกล้เคียงกัน (Table 5) ซึ่งคุณภาพน้ำตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเลี้ยงมีอุณหภูมิในน้ำในช่วง 25.2-33.7 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 7.5-9.3 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 5.0-16.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 650-1,006 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ค่าความสกปรกหรือ BOD อยู่ในช่วง 9.8-44.8 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.27-1.97 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรทอยู่ในช่วง 0.20-2.96 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 31-118 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดอยู่ในช่วง 302-503 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่างอยู่ในช่วง 89-157 มิลลิกรัมต่อลิตร ความกระด้างอยู่ในช่วง 110-258 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟอสเฟตรวมอยู่ในช่วง 0.75-3.71 มิลลิกรัมต่อลิตร และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำจากการทดลองครั้งนี้กับค่ามาตรฐานสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหรือการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ พบว่า คุณภาพน้ำเฉลี่ยที่ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ ไนเตรท แอมโมเนีย และของแข็งแขวนลอย มีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน

Table 5 The average of water quality in cages relate to different density of fishes

| Parameters | Unit | Density of fishes (fishes/sqm) | | | | | Standard |
|-----------------|-------|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Temperature | °C. | 29.7 ± 2.06 | 29.6 ± 1.92 | 29.7 ± 2.02 | 29.7 ± 1.99 | 29.8 ± 2.08 | 25 - 32 |
| pH | - | 8.3 ± 0.40 | 8.4 ± 0.41 | 8.5 ± 0.42 | 8.5 ± 0.42 | 8.5 ± 0.43 | 6.5 - 9.0 |
| DO | mg/l | 9.6 ± 3.41 | 9.6 ± 3.36 | 10.4 ± 3.42 | 10.1 ± 3.43 | 10.9 ± 3.19 | ≥ 3.0 |
| BOD | mg/l | 24.50 ± 7.64 | 24.63 ± 8.27 | 25.43 ± 7.63 | 24.94 ± 8.22 | 25.34 ± 7.69 | < 60 |
| Conductivity | µs/cm | 810 ± 133.62 | 802 ± 101.20 | 798 ± 106.01 | 797 ± 102.16 | 797 ± 101.77 | - |
| Alkalinity | mg/l | 121 ± 19.16 | 120 ± 15.06 | 120 ± 15.97 | 120 ± 14.82 | 119 ± 15.30 | 100 - 120 |
| Hardness | mg/l | 171 ± 38.77 | 169 ± 38.57 | 172 ± 39.84 | 173 ± 39.90 | 172 ± 40.98 | 20 - 300 |
| Total-Phosphate | mg/l | 1.90 ± 0.66 | 1.88 ± 0.65 | 1.90 ± 0.66 | 1.88 ± 0.65 | 1.90 ± 0.64 | - |
| Nitrate | mg/l | 1.10 ± 0.74 | 1.09 ± 0.76 | 1.10 ± 0.77 | 1.10 ± 0.74 | 1.09 ± 0.74 | 0.1 - 0.3 |
| Ammonia | mg/l | 0.83 ± 0.48 | 0.82 ± 0.46 | 0.81 ± 0.48 | 0.79 ± 0.47 | 0.78 ± 0.47 | < 0.02 |
| SS | mg/l | 68.65 ± 21.39 | 68.15 ± 21.59 | 69.36 ± 20.68 | 68.67 ± 21.94 | 71.81 ± 22.26 | 25 - 80 |
| TDS | mg/l | 405 ± 48.31 | 404 ± 47.17 | 404 ± 48.60 | 402 ± 48.53 | 402 ± 47.76 | < 5,000 |

วิจารณ์

การเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงในกระชังในอัตราความหนาแน่น 1 ตัวต่อตารางเมตร มีการเจริญเติบโตทั้งความยาวและน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุดและสูงกว่าที่ความหนาแน่น 2, 3, 4 และ 5 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ เนื่องจากมีพื้นที่และปริมาณอาหารธรรมชาติตลอดระยะเวลาการศึกษามากที่สุดเมื่อเทียบกับปลา 1 ตัว ทำให้มีโอกาสในการแย่งพื้นที่และอาหารน้อยกว่าความหนาแน่นที่มากขึ้น ในขณะที่คุณภาพน้ำใกล้เคียงกันและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานต่อการเจริญเติบโตของปลานิล (ไมตรีและจรรุวรรณ, 2528) จึงส่งผลให้การเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของปลานิลในกระชังความหนาแน่น 1 ตัวต่อตารางเมตร สูงที่สุดด้วย แสดงว่าปลามีความอ้วนที่สุดซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่เคยรายงานมาก่อน (Rounsefell and Everhart, 1953) ที่ว่าค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตที่สูงปลาจะอ้วนมาก รองลงมาเป็นในกระชังความหนาแน่น 2, 3, 4 และ 5 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ ปลานิลในกระชังความหนาแน่น 1, 2 และ 3 ตัวต่อตารางเมตร มีความอ้วนมากกว่าปลานิลในแหล่งน้ำธรรมชาติของประเทศไทย (Sidthimunka, 1973) ส่วนในกระชังที่ความหนาแน่น 4 และ 5 ตัวต่อตารางเมตร มีความอ้วนใกล้เคียงกับปลานิลในแหล่งน้ำธรรมชาติ แสดงให้เห็นว่า ปลานิลที่เลี้ยงในระดับความหนาแน่นน้อย 1-3 ตัวต่อตารางเมตร ในบ่อบำบัดน้ำเสียมีอาหารธรรมชาติที่มีความเหมาะสมกว่าในแหล่งน้ำธรรมชาติ

ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนักของปลานิลในทุกกระชังและทุกความหนาแน่นมีการเจริญเติบโตไม่เป็นไปอย่างปกติตามกฎกำลังสาม (cube law) กล่าวคือมีการเจริญเติบโตเป็นแบบ allometric การเจริญเติบโตของ

ปลาไม่เป็นสัดส่วนกันโดยตรง โดยเป็นความผิดปกติที่เป็นไปในทางบวก (เนื่องจากมีค่ามากกว่า 3) หมายถึงว่า ปลามีแนวโน้มที่จะอ้วนมากกว่าปกติเมื่อปลามีขนาดใหญ่ขึ้น (Everhart *et al*, 1975) แสดงให้เห็นถึงปริมาณอาหารธรรมชาติภายในกระชังที่มีปริมาณมากทำให้ปลามีอัตราการกินอาหารที่มากขึ้นตามปริมาณอาหารที่มีอยู่ในน้ำ (Turker *et al*, 2003) และเมื่อพิจารณาค่าที่ใกล้เคียง 3.0 มากที่สุดคือ กระชังความหนาแน่น 2 ตัวต่อตารางเมตร มีการเจริญเติบโตที่เป็นสัดส่วนกว่าความหนาแน่นอื่น ๆ แต่บ่อยครั้งที่พบว่า ค่าความลาดชันในสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนักของปลามีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่า 3 โดยจะมีค่าอยู่ในช่วง 2-4 (Shammi and Bhatnagar, 2002) ถือได้ว่าการเจริญเติบโตของปลาเป็นไปอย่างปกติ และเมื่อพิจารณาสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนักของปลานิลที่เลี้ยงในกระชังที่ความหนาแน่นต่าง ๆ กัน มีค่าความลาดชัน (b) ไม่แตกต่างจาก 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปได้ว่าปลานิลที่เลี้ยงในแต่ละความหนาแน่นสามารถเจริญเติบโตได้อย่างปกติตามกฎกำลังสาม (Rounsefell and Everhart, 1953)

คุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาในการศึกษาครั้งนี้ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิล (ไมตรีและจาวรธรรม, 2528) ได้แก่ อุณหภูมิ ออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าความสกปรก และของแข็งละลายน้ำ เป็นต้น ยกเว้น ไนเตรท แอมโมเนีย และของแข็งแขวนลอย มีมากกว่าค่ามาตรฐานและไม่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Table 4) แต่ปลานิลสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ เนื่องจากความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำที่ไม่สูงมากเกินไป ความเป็นพิษของแอมโมเนียจึงไม่สูงมากจนถึงระดับที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลานิล

แม้ว่าคุณภาพน้ำและปริมาณอาหารธรรมชาติในกระชังเลี้ยงปลานิลทุกกระชังมีความใกล้เคียงกัน แต่ส่งผลให้การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายแตกต่างกันไปตามความหนาแน่นของปลา โดยเฉพาะอัตราการรอดของปลาที่ระดับความหนาแน่น 1 ตัวต่อตารางเมตร มีอัตราการรอดสูงที่สุด ปลาที่มีความหนาแน่นมากมีอัตราการตายสูง เนื่องจากน้ำในแหล่งน้ำที่เลี้ยงมีสารอินทรีย์ค่อนข้างสูง ประกอบกับเป็นช่วงฤดูฝนการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชน้อยลงกว่าช่วงฤดูหนาว ทำให้น้ำมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำน้อยลง ส่งผลให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียเพิ่มขึ้น ทำให้ปลาบางตัวอ่อนแอและตายในที่สุด จึงมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดของปลาและผลผลิตปลาในกระชัง ซึ่งจะเห็นว่าผลผลิตปลาในกระชังที่ความหนาแน่นมากที่สุดให้ผลผลิตสูงที่สุด แต่เมื่อเทียบกับขนาดปลาแล้วปลามีขนาดเล็กกว่าในกระชังที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าถึงสองเท่า (Figure 1) และเมื่อเลี้ยงต่อไปเรื่อย ๆ เพื่อให้ได้ขนาดที่ตลาดต้องการจะทำให้ปลามีอัตราการลดลงและต้องใช้เวลาใช้ระยะเวลานาน

สรุป

ปลานิลที่เลี้ยงในกระชังความหนาแน่น 1 ตัวต่อตารางเมตร มีการเจริญเติบโตทั้งความยาวเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโต (ค่า K) สูงที่สุด และสูงกว่าปลานิลที่เลี้ยงในกระชังความหนาแน่น 2, 3, 4 และ 5 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ เนื่องจากความหนาแน่นและพื้นที่ในการดำรงชีวิตสูงกว่า มีการแก่งแย่งกันน้อยกว่า ทำให้ปลาที่เลี้ยงเจริญเติบโตและมีอัตราการรอดตายที่สูงกว่า แต่ให้ผลผลิตที่น้อยกว่า ถ้าหากต้องการเลี้ยงให้เป็นปลาขนาดตลาด 500 กรัมต่อตัว ความหนาแน่นของปลาน้อยที่สุดสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตปลาได้ในระยะเวลาที่เร็วกว่าระดับความหนาแน่นที่สูงขึ้น แต่หากต้องการผลผลิตที่สูงควรเลี้ยงปลาที่หนาแน่นสูงกว่าแต่จะใช้ระยะเวลาการเลี้ยงที่ยาวนานขึ้น

ในการเลี้ยงปลาที่ระดับความหนาแน่น 2 ตัวต่อตารางเมตร มีความเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาในบ่อฝั่งที่ 2 เนื่องจากปลามีการเจริญเติบโตปกติและมีค่าคงที่ (b) ใกล้เคียง 3 มากที่สุด ประกอบกับผลผลิตที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ดี และหากเลี้ยงเป็นระยะเวลา 12 เดือน ปลาสามารถเจริญเติบโตได้ขนาดตลาด 300-500 กรัมต่อตัว สามารถขายได้ราคาดีกว่า แต่หากต้องการเลี้ยงปลาในบ่อฝั่งที่ 1 บ่อฝั่งที่ 3 และบ่อปรับสภาพของพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมผักเป็ดอันเนื่องมาจากพระราชดำรินั้น ควรจะมีอัตราการปล่อยแตกต่างกันไป เนื่องจากในแต่ละบ่อมี

ปริมาณสารอาหาร อาหารธรรมชาติและคุณภาพน้ำแตกต่างกัน เช่น บ่อเลี้ยงที่ 3 มีปริมาณสารอาหารและอาหารธรรมชาติน้อยกว่าบ่อเลี้ยงที่ 2 ทำให้ต้องปล่อยปลาในอัตราความหนาแน่นที่น้อยกว่า 2 ตัวต่อตารางเมตร เมื่อเทียบกับระยะเวลาเลี้ยงใกล้เคียงกัน หรือหากต้องการนำไปปล่อยในระบบบำบัดน้ำเสียของพื้นที่อื่นในประเทศไทย จะมีอัตราการปล่อยแตกต่างกันไป โดยพิจารณาจากปริมาณสารอาหาร อาหารธรรมชาติ และคุณภาพน้ำที่มีอยู่ในบ่อนั้น ๆ เป็นหลัก

เอกสารอ้างอิง

- จิระวดี สดแสงจันทร์. 2550. การเจริญเติบโตของปลานิล (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) ที่เลี้ยงในบ่อบำบัดน้ำเสีย เทศบาลเมืองเพชรบุรี ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นฤชิต ดำปิ่น, วิทย์ ธารชลาณุกิจ, เกษม จันทร์แก้ว และประทีภย์ ตาบทพิชญ์วรรณ. 2553. ความสัมพันธ์ระหว่าง การเจริญเติบโตปลานิล (*Oreochromis niloticus*) กับปริมาณแพลงก์ตอนจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบบ่อเลี้ยง. ในวารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีที่ 42 เล่ม 1 (มกราคม-มิถุนายน 2553). สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. น. 55-70.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจากรูวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 115 น.
- มันสิน ตันฑุลเวศม์ และมันรัชย์ ตันฑุลเวศม์. 2545. เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย. ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- APHA, AWWA and WEF. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th ed. American Public Health Association, Washington D.C.
- Bowen, S.H. 1982. Feeding digestion and growth qualitative considerations, pp. 141-156. In R.S.V., Pullin and R.H. Lowe-McConnell (eds.). The Biology and Culture of Tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Brown, M.E. 1957. The Physiology of Fishes. Vol. 1. Academic Press Inc., New York. Dourado, O.D. and W.D. Davies. 1978. Length-weight relationships and condition indices of fishes from reservoirs of Ceara, Brazil. Research and development, series No. 18. International Center for Aquaculture, Auburn University, Auburn, Alabama. 7 p.
- Everhart, W.H., W.E. Alfred and D.Y. William. 1975. Principles of Fishery Science. Cornell University Press, London. 288 p.
- Ricker, W.E. 1958. Handbook of computations of biological statistics of fish population. Bull. Fish. Res. Board. Can. No.119. 300 p.
- Rounsefell, G.A. and W.H. Everhart. 1953. Fishery Science: Its Methods and Applications. John Wiley and Sons, Inc., New York. 444 p.
- Shammi, Q.I. and S. Bhatnagar. 2002. Applied Fisheries. Agrobios, Jodhpur, India. 328 p.
- Sidthimunka, A. 1973. Length-Weight Relationships of Freshwater Fishes of Thailand. International Center for Aquaculture Research and Development, Series No. 3, Auburn University. 25 p.
- Turker H., A.G. Eversole and D.V. Brune. 2003. Filtration of green algae and cyanobacteria by *Nile tilapia*, *Oreochromis niloticus*, in the partitioned aquaculture system. Aquacult. Eng. (2003). 93-101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้