

การศึกษาความหนาแน่นของการเลี้ยงปลากดหลวงระบบน้ำหมุนเวียน  
ร่วมกับระบบการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์

A Study on Stocking Density of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) Cultivation  
in an Integrated Recirculation System with Hydroponics System

สุฤทธิ สมบูรณ์ชัย และ ประจวบ ฉายบุ

Surit Somboonchai and Prachuab Chaibu

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหนาแน่นของการเลี้ยงปลากดหลวงระบบน้ำหมุนเวียนน้ำร่วมกับระบบการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ที่ต่างกัน 4 ระดับ คือ 100, 150, 200 และ 250 ตัวต่อบ่อ ปลูกผักกาดหอมหัว จำนวน 30 ต้นต่อบ่อ เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 3 ลบม. โดยหมุนเวียนน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาเข้าสู่ระบบกำจัดตะกอน และระบบกรองชีวภาพ ปล่อยปลากดหลวงน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย  $15.51 \pm 0.017$  กรัม ระยะเวลาการทดลอง 60 วัน ให้อาหารปลา 3-5% ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองการเจริญเติบโตของปลากดหลวง พบว่า น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ อัตราการรอด และผลผลิตรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนการผลิตของผักกาดหอมหัว พบว่า ความสูงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความสูงที่เพิ่มขึ้น อัตราการรอด และผลผลิตรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และคุณภาพน้ำในบ่อทดลอง พบว่า คุณภาพของน้ำ บีโอดีและการนำไฟฟ้าจำเพาะ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และคลอโรฟิลล์-เอ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

จากการทดลองสรุปได้ว่า ปลากดหลวงเลี้ยงที่สัดส่วนความหนาแน่น 200 ตัวต่อบ่อ มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลากดหลวงในระบบหมุนเวียนน้ำร่วมกับการปลูกผักกาดหอมหัวในระบบไฮโดรโปนิกส์มากที่สุด ซึ่งเปรียบเทียบได้จากข้อมูลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลากดหลวงและประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของผักกาดหอมหัว

Abstract

A study was conducted to determine the suitable ratio for channel catfish cultivation in an integrated recirculating system with Hydroponics systems of 100, 150, 200 and 250 fishes/m<sup>3</sup>, while 30 lettuce heads per pond were planted. The initial body weight of catfish was  $15.51 \pm 0.02$  g/catfish. Catfish were fed at 3-5 % of body weight. This experiment was conducted for 60 days. The results

showed that final body weight, average daily weight gain (ADG), feed conversion ratio (FCR), survival rate (SR) and total production of channel catfish were significant differences ( $p < 0.05$ ). Moreover, height, survival rate (SR), and total production of lettuce production were significant differences ( $p < 0.05$ ). Water temperature, BOD, and conductivity in ponds were not significant differences ( $p > 0.05$ ), while pH, dissolved oxygen, ammonia-nitrogen, nitrite-nitrogen, nitrate-nitrogen, phosphorus, and chlorophyll-a were significant differences ( $p < 0.05$ ).

In summary, channel catfish cultivation at 200 fishes/m<sup>3</sup> is considered to be the most suitable stocking density in recirculating system with lettuce planting due to channel catfish and lettuce growth.

### คำนำ

ปลากดหลวง (ปลากดอเมริกัน) เป็นปลาน้ำจืดที่นิยมเลี้ยงกันอย่างกว้างขวางในประเทศอเมริกา มีอัตราการเจริญเติบโตเร็ว อัตราการแลกเนื้อดี นำเข้ามาในประเทศไทย โดยสถาบันพัฒนาแห่งเอเชีย กรมประมง และศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเชียงใหม่ ปัจจุบันสามารถเพาะและขยายพันธุ์และมีการเลี้ยงเป็นอาชีพในแถบภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Unsrison and Tiencharoen, 2536) ส่วนใหญ่จะเลี้ยงในกระชังบริเวณอ่างเก็บน้ำ แม่น้ำและบ่อดินที่มีขนาดใหญ่ ทำให้การเลี้ยงปลากดหลวงมีต้นทุนการผลิตที่ค่อนข้างสูงเนื่องจากต้องการพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ ประกอบกับความต้องการทางด้านโภชนาการของสัตว์น้ำมีปริมาณเพิ่มขึ้น ในส่วนของเกษตรกรที่มีพื้นที่จำกัดและต้องการเลี้ยงปลาชนิดนี้ อาจมีแนวทางการการเลี้ยงและเปลี่ยนแปลงรูปแบบและเทคนิคการเลี้ยงปลานี้แบบผสมผสานระหว่างการเลี้ยงปลากดหลวงร่วมกับระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรที่จะสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ การเลี้ยงปลากดหลวงร่วมกับระบบการปลูกพืชไฮโดรโพนิกส์ เป็นการผสมผสานระหว่างการเพาะเลี้ยงปลาแบบหมุนเวียนน้ำกับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน ซึ่งระบบดังกล่าว เป็นการรักษาความเข้มข้นธาตุอาหารของพืชที่เกิดจากปริมาณอาหารที่ปลากินเข้าไปและขับถ่ายออกมาให้อยู่ในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการของการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ โดยในทางทฤษฎีปริมาณธาตุอาหารในอาหารสัตว์น้ำสามารถปรับปรุงหรือเพิ่มปริมาณระดับโปรตีนเพื่อให้เกิดสารอาหารพืชสามารถนำไปใช้ได้และเกิดความสมดุลกับพืชได้ แต่คุณลักษณะของอาหารที่ให้สัตว์น้ำกินเข้าไปต้องเป็นอาหารที่ทำให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตในอัตราที่ยอมรับได้ (Rakocy *et al.*, 1993)

การทดลองครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความหนาแน่นของการเลี้ยงปลากดหลวงระบบหมุนเวียนน้ำร่วมกับระบบการปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์

## อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลองแบบ CRD เป็น 4 ชุด ๆ ละ 3 ซ้ำ คือ อัตราการปล่อย 100, 150, 200 และ 250 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ปล่อยปลาน้ำหนักเฉลี่ย  $15.51 \pm 0.017$  กรัม ให้อาหารวันละ 3-5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน และปลูกผักกาดหอมห่อ 30 ต้นต่อบ่อ ระยะเวลาการทดลอง 60 วัน

การเตรียมระบบการเลี้ยงปลา โดยใช้บ่อซีเมนต์ขนาด 3 ลบม. จำนวน 12 บ่อ เติมน้ำในระดับความลึก 100 เซนติเมตร พร้อมอุปกรณ์เพิ่มปริมาณออกซิเจน การจัดการระบบน้ำโดยการเติมน้ำใหม่กรณีทดแทนที่ขาดหายไปให้ปริมาณที่เท่าเดิม ให้อาหารปลาทุกสำเร็จรูปที่ระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 3-5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักปลา วันละ 2 ครั้ง ปรับปริมาณอาหารทุก 15 วัน ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำได้แก่ อุณหภูมิ โดย DO meter (YSI model 59) ความเป็นกรดเป็นด่างโดย pH meter (HI 9812) ออกซิเจนที่ละลายในน้ำโดย DO meter (YSI model 59) แอมโมเนียไนโตรเจน โดยวิธี- Phenol method ไนโตรไนโตรเจน- โดยวิธี Coupling method ไนเตรตไนโตรเจน โดยวิธี Cadmium reduction method ฟอสฟอรัสรวม โดยวิธี Stannous chloride method บีโอดี โดยวิธี Modified alkalized iodide การนำไฟฟ้าจำเพาะ โดย Conductivity metre และคลอโรฟิลล์เอ- โดยวิธี Acetone 90% ตามวิธีของ Boyd and Tucker (1992) ก่อนปล่อยปลาและทุกๆ 7 วัน จนสิ้นสุดการทดลอง

การเตรียมระบบกรองชีวภาพ ใช้กล่องพลาสติก ขนาด 30X30X10 เซนติเมตร เรียงซ้อนกัน 3 ชั้นต่อบ่อ จำนวน 12 ชุด เจาะรูขนาดเล็กด้านล่างของกล่อง ชั้นที่ 3 และ 2 เพื่อให้ น้ำไหลลงมายัง ชั้นที่ 1 ใช้ใยสังเคราะห์วางบนตะกร้าพลาสติกที่ขนาดพอดีกับกล่องพลาสติก วางตะกร้าในกล่องพลาสติกชั้นที่ 3 เพื่อใช้กรองตะกอนน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลา กล่องพลาสติกชั้นที่ 2 บรรจุพวกวัสดุกรองชีวภาพ ใช้บิมน้ำพร้อมอุปกรณ์สำหรับดูดน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาผ่านใยสังเคราะห์กรองส่วนที่เป็นตะกอนออกในชั้นที่ 3 จากนั้น จะไหลลงสู่วัสดุกรองชีวภาพ ชั้นที่ 2 ผ่านลงชั้นที่ 1 น้ำจะไหลผ่านระบบปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์และไหลกลับลงในบ่อเลี้ยงปลาตามเดิม

การเตรียมระบบการปลูกพืช เตรียม ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว จำนวน 12 ชุด ประกอบด้วย ข้องอ สามทาง ดังเก็บน้ำ รวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้กรองน้ำ และใช้บำบัดน้ำเสีย ทำการล้างท่อ PVC เพื่อทำความสะอาดประกอบเข้ากับระบบ ต่อท่อ PVC จากบ่อเลี้ยงปลาปล่อยลงในถังพักน้ำ ใช้บิมน้ำดูดน้ำจากถังพักดูดขึ้นไปที่สุดอุปกรณ์กรองตะกอน น้ำจะผ่านชั้นกรองตะกอน และผ่านชั้นกรองชีวภาพ เพื่อทำการบำบัด และจะไหลกลับไปยังบ่อซีเมนต์ที่ใช้เลี้ยงปลา

การเตรียมต้นกล้าพืช เตรียมแผ่นฟองน้ำความหนา 1 นิ้ว ขนาดพอดีกับถาดเพาะ กรีดฟองน้ำ ขนาด 1x1 นิ้ว กรีดไม่ให้อัดจากกัน ทำรอยบากทแยงมุมความลึกกึ่งกลางของฟองน้ำ แฉ่ฟองน้ำก่อนทำการหยอดเมล็ดผักในช่องบาก จากนั้นนำฟองน้ำที่หยอดเมล็ดผักใส่ในถาดเพาะเมล็ด ปิดฝาหรือเก็บไว้ในที่มืด 3 วัน เมล็ดผักจะเริ่มออกเป็นต้นกล้า จากนั้น ปล่อยต้นกล้ามีใบจริง 3 ใบ การปลูกผัก ตัดแผ่นโฟมขนาดพอดีกับท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว เจาะรูตรงกลาง ขนาด 1x1 นิ้ว ขนาดเท่ากับฟองน้ำ ฉีกฟองน้ำพร้อมต้นกล้าลงในแผ่นโฟมที่เจาะรู วางบนท่อ PVC โดยให้รากกล้าผักแช่ในน้ำที่ผ่านระบบกรองชีวภาพตลอดเวลา

การเก็บข้อมูล ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลา โดยการสุ่มชั่งน้ำหนักปลา 20 ตัวต่อบ่อ เพื่อหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักปลาต่อตัวเมื่อเริ่มต้นและระหว่างทดลองทุก ๆ 15 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอด อัตราการแลกเนื้อ และน้ำหนักรวม

การเก็บข้อมูลประสิทธิภาพการผลิตผักจั่นสิ้นสุดการทดลอง โดยการสุ่มวัดความสูง 10 ต้นต่อบ่อ เพื่อหาค่าเฉลี่ยความสูงต่อต้นเมื่อเริ่มต้นและระหว่างทดลองทุก 7 วัน บันทึกข้อมูล เพื่อบำรุงเปรียบเทียบหาความสูง อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และน้ำหนักผลผลิตรวม

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์หาความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ Tukey's Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ  $p < 0.05$  โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

### ผลการวิจัย

การเจริญเติบโตของปลากดหลวงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ อัตราการรอด และผลผลิตรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 1

**Table 1** growth performance efficiency of channel catfish cultivation in an integrated recirculating system the different ratio with Hydroponics systems experimental period 60 days

Growth performance	stocking density (fishes/m <sup>3</sup> )			
	100	150	200	250
Initial body weight (g)	15.53±0.03	15.53±0.03	15.45±0.03	15.54±0.03
Final body weight (g)	90.21±0.03 <sup>a</sup>	81.26±0.03 <sup>b</sup>	80.59±0.03 <sup>c</sup>	75.13±0.03 <sup>d</sup>
Weight gain (g)	74.67±0.04 <sup>a</sup>	65.73±0.03 <sup>b</sup>	65.14±0.03 <sup>c</sup>	59.58±0.03 <sup>d</sup>
Average Daily weight gain (ADG)	1.26±0.03 <sup>a</sup>	1.12±0.03 <sup>b</sup>	1.10±0.03 <sup>b</sup>	1.03±0.03 <sup>b</sup>
Feed conversion ratio (FCR)	1.26±0.03 <sup>ab</sup>	1.20±0.03 <sup>b</sup>	1.22±0.03 <sup>ab</sup>	1.31±0.03 <sup>a</sup>
Survival Rate (%)	97.48±0.30 <sup>a</sup>	97.00±0.03 <sup>ab</sup>	96.16±0.64 <sup>ab</sup>	84.00±0.03 <sup>c</sup>
Total production (kg)	8.75±0.03 <sup>d</sup>	12.03±0.03 <sup>c</sup>	15.40±0.03 <sup>b</sup>	15.78±0.03 <sup>a</sup>

Note: Different letters (a, b, c, d) in each row show significant statistical differences ( $p < 0.05$ ), ns= no significant difference

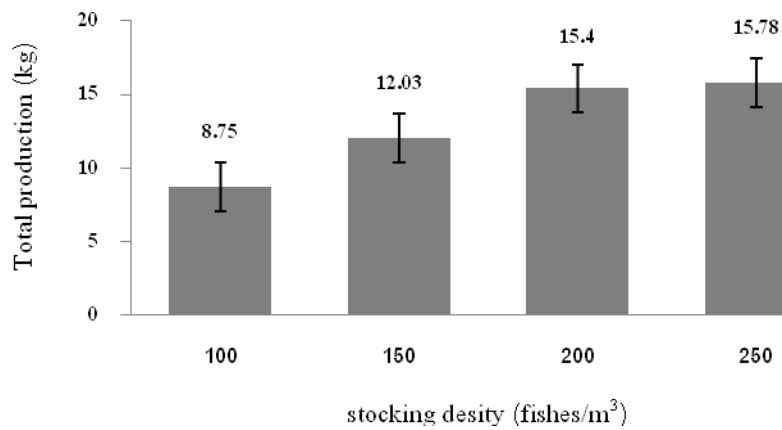


Fig 1 Total production (kg) of channel catfish cultivation in an integrated recirculating hydroponics systems (experimental period = 60 days)

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของผักกาดหอมห่อ พบว่า ความสูงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความสูงที่เพิ่มขึ้น อัตราการรอด และผลผลิตรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 2

Table 2 Growth performances of lettuce planting in Hydroponics systems with channel catfish cultivation in an integrated recirculating system (experimental period = 60 days)

Growth performance	stocking density (fishes/m <sup>3</sup> )			
	100	150	200	250
Initial height (cm)	8.43±0.03	8.16±0.03	8.66±0.03	8.42±0.03
Final height (cm)	21.20±0.03 <sup>b</sup>	21.33±0.31 <sup>b</sup>	22.73±0.03 <sup>a</sup>	22.51±0.02 <sup>a</sup>
Height gain (cm)	12.77±0.03 <sup>b</sup>	12.84±0.03 <sup>b</sup>	14.07±0.03 <sup>a</sup>	14.10±0.03 <sup>a</sup>
Survival Rate (%)	93.33±0.05 <sup>b</sup>	93.33±0.05 <sup>b</sup>	96.66±0.05 <sup>a</sup>	96.66±0.0 <sup>a</sup>
Total production (kg)	5.80±0.03 <sup>c</sup>	6.16±0.03 <sup>b</sup>	6.67±0.03 <sup>a</sup>	6.38±0.03 <sup>a</sup>

Note: Different letters (a, b, c, d) in each row show significant statistical differences ( $p < 0.05$ ), ns= no significant difference

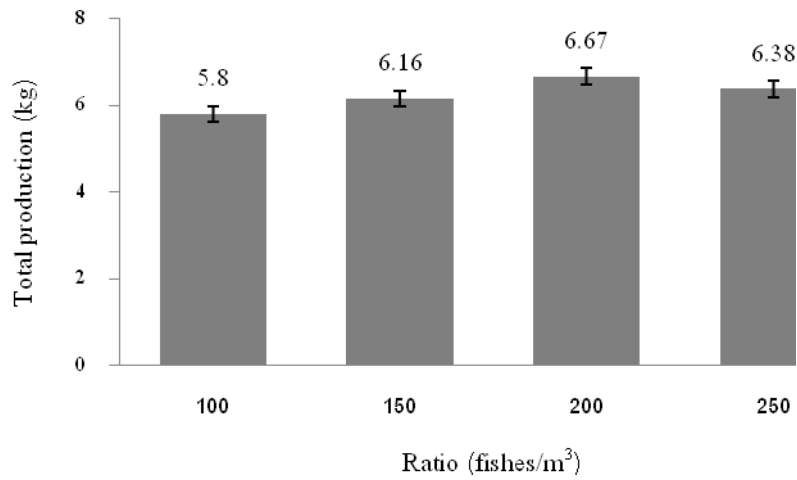


Fig 2 Total production (kg) of lettuce planting in Hydroponics systems with channel catfish cultivation in an integrated recirculating system (experimental period = 60 days)

สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในการทดลองทั้ง 4 ชุด พบว่า คุณภาพของน้ำ ปีไอดี และการนำไฟฟ้าจำเพาะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และคลอโรฟิลล์-เอ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 3

**Table 3** Water Quality in Channel catfish pond cultivation with an integrated recirculating hydroponics systems (experimental period = 60 days)

Parameter	stocking density (fishes/m <sup>3</sup> )			
	100	150	200	250
Temperature (°C)	28.56±0.03	28.56±0.03	28.66±0.03	28.63±0.03
pH	6.59±0.03 <sup>a</sup>	6.50±0.03 <sup>a</sup>	6.23±0.03 <sup>b</sup>	6.21±0.03 <sup>b</sup>
DO (mg/l)	7.74±0.03 <sup>a</sup>	7.31±0.03 <sup>b</sup>	7.32±0.03 <sup>b</sup>	6.78±0.03 <sup>c</sup>
Ammonia-nitrogen (mg/l)	0.08±0.03 <sup>a</sup>	0.11±0.03 <sup>a</sup>	0.29±0.03 <sup>b</sup>	0.27±0.03 <sup>b</sup>
Nitrite-nitrogen (mg/l)	1.41±0.03 <sup>a</sup>	1.40±0.03 <sup>a</sup>	1.62±0.06 <sup>b</sup>	1.82±0.03 <sup>c</sup>
Nitrate-nitrogen (mg/l)	1.42±0.03 <sup>a</sup>	1.41±0.03 <sup>a</sup>	1.66±0.03 <sup>b</sup>	1.82±0.03 <sup>c</sup>
Phosphate (mg/l)	0.30±0.03 <sup>c</sup>	0.34±0.03 <sup>bc</sup>	0.42±0.03 <sup>ab</sup>	0.45±0.03 <sup>a</sup>
BOD (mg/l)	2.72±0.21	2.47±0.17	2.61±0.21	2.58±0.12
Conductivity (mS/cm)	543.7±7.82	557.4±26.2	542.9±62.5	567.9±28.3
Chlorophyll-a (mg/l)	7.93±0.03 <sup>d</sup>	11.10±0.03 <sup>c</sup>	34.90±0.03 <sup>b</sup>	115.82±0.03 <sup>a</sup>

Note: Different letters (a, b, c, d) in each row show significant statistical differences ( $p < 0.05$ ), ns= no significant difference

### วิจารณ์ผลการวิจัย

การเจริญเติบโตของปลากดหลวงพบว่า น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ อัตราการรอด และผลผลิตรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปลากดหลวงเลี้ยงที่ความหนาแน่น 100 ตัวต่อบ่อ มีน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลองมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ปลากดหลวงเลี้ยงที่ความหนาแน่น 150, 200, และ 250 ตัวต่อบ่อ มีค่าเท่ากับ 90.21±0.03, 81.26±0.03, 80.59±0.03 และ 75.13±0.03 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น พบว่า ปลากดหลวงเลี้ยงที่ความหนาแน่น 100 ตัวต่อบ่อ มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ปลากดหลวงเลี้ยงที่ความหนาแน่น 150, 200 และ 250 ตัวต่อบ่อ มีค่าเท่ากับ 74.67±0.04, 81.26±0.03, 80.59±0.03 และ 75.13±0.03 กรัม ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโต พบว่า ปลากดหลวงเลี้ยงที่ความหนาแน่น 100 ตัวต่อบ่อ มีอัตราการเจริญเติบโตมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ปลากดหลวงเลี้ยงที่ความหนาแน่น 150, 200 และ 250 ตัวต่อบ่อ มีค่าเท่ากับ 1.26±0.06, 1.12±0.03, 1.10±0.03 และ 1.03±0.03 กรัมต่อวัน ตามลำดับ อัตราการแลกเนื้อ พบว่า ปลากดหลวงเลี้ยงที่ความหนาแน่น 250 ตัวต่อบ่อ มีอัตราการแลกเนื้อดีที่สุด รองลงมาได้แก่ ปลากดหลวงเลี้ยงที่ความหนาแน่น 100, 200 และ 150 ตัวต่อบ่อ มีค่าเท่ากับ 1.31±0.03, 1.26±0.03, 1.22±0.03 และ 1.20±0.03 ตามลำดับ อัตราการรอด พบว่า ปลากดหลวงเลี้ยงที่ความหนาแน่น 100 ตัวต่อบ่อ มีอัตราการรอดดีที่สุด รองลงมาได้แก่ ปลากดหลวงเลี้ยงที่ความหนาแน่น 150, 200 และ 250 ตัวต่อบ่อ มีค่าเท่ากับ 97.48±0.30, 97.00±0.03, 96.16±0.64 และ 84.00±0.03

เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและผลผลิตรวม พบว่า ปลาอดหลวงเลี้ยงที่ความหนาแน่น 250 ตัวต่อบ่อ มีผลผลิตรวมสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ปลาอดหลวงเลี้ยงที่ความหนาแน่น 200, 150 และ 100 ตัวต่อบ่อ มีค่าเท่ากับ  $15.78 \pm 0.03$ ,  $15.40 \pm 0.03$ ,  $12.03 \pm 0.03$  และ  $8.75 \pm 0.03$  กิโลกรัม ตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับ Naegel (1977) ทำการทดลองเลี้ยงปลานิล (*Tilapia mossambica*) และปลาแคร์พ (*Cyprinus carpio*) ร่วมกับผักกาดหอมและมะเขือเทศ พบว่า การเจริญเติบโตของปลานิลใน 3 เดือนแรก มีการเจริญเติบโตเร็วกว่าปลาแคร์พ แต่เมื่ออายุ 4 เดือน น้ำหนักปลาแคร์พ เฉลี่ยไม่แตกต่างกับปลานิล ซึ่งในระบบ Recirculating system ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ปลาแคร์พมีน้ำหนัก 0.6 กิโลกรัม ภายใน 6 เดือน ส่วนปลานิลสามารถเจริญเติบโตได้ถึง 200 กรัม ภายใน 6 เดือน ส่วนการเจริญเติบโตของผักกาดหอมและมะเขือเทศ หลังจาก 8 สัปดาห์ ได้ผลผลิตของมะเขือเทศ 24 กิโลกรัม ส่วนผักกาดหอมเพียงระยะเวลา 4 สัปดาห์ ก็สามารถเก็บผลผลิตได้ Xiangfu *et al.* (2000) ทดลองเลี้ยงปลาแคร์พในระบบปิดร่วมกับการปลูกข้าวแบบไม่ใช้ดิน โดยใช้พื้นที่ของระบบปลูกข้าวร้อยละ 15 พบว่าได้ผลผลิตปลาแคร์พ 1,680 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์และปลาแคร์พ มีอัตราการตายเท่ากับร้อยละ 9.6 ได้ผลผลิตข้าวเท่ากับ 8.46 ตันต่อเฮกตาร์ (น้ำหนักสด) และมวลชีวภาพเท่ากับ 16.78 ตันต่อเฮกตาร์ (น้ำหนักสด) Watten and Bush (1984) ทำการทดลองเลี้ยงปลาหมอเทศ (*Sarotherodon aurea*) ร่วมกับการปลูกมะเขือเทศ (*Lycopersion esculentum*) แบบไม่ใช้ดิน เป็นเวลา 181 วัน พบว่าได้ผลผลิตปลา 63.6 กิโลกรัม ต่อปริมาตรน้ำ 9.72 ลูกบาศก์เมตร อัตราการรอดของปลาร้อยละ 97.5 ได้ผลผลิตมะเขือเทศทั้งหมด 87. กิโลกรัม (น้ำหนักสด) Lewis *et al.* (1978) ทำการเลี้ยงปลา chanel catfish ร่วมกับมะเขือเทศพบว่าระบบมีประสิทธิภาพดีทุกด้านไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำ ผลผลิตของมะเขือเทศ การเจริญเติบโต และอัตราการรอดของปลา โดยระบบกรองชีวภาพเป็นตัวช่วยกำจัดของเสียต่างๆ ให้เป็นไนเตรต-ไนโตรเจนและฟอสเฟตซึ่งจะถูกนำไปใช้โดยมะเขือเทศ ส่วนปริมาณผลผลิตของมะเขือเทศจากการศึกษามีค่าสูงกว่าการปลูกมะเขือเทศโดยวิธีการทั่วไป Ngamphongsai (1995) ได้ทดลองเลี้ยงปลาตุ๊กตุ๊กผสมในระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิดโดยใช้บ่อคอนกรีตกลมขนาด 5 ลูกบาศก์เมตร ปล่อยปลาตุ๊กตุ๊กผสม (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) ขนาด 1.57 กรัม ในอัตรา 200 ตัวต่อตารางเมตร ปรากฏว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีอัตราการรอด 89.11 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิต 336.7 กิโลกรัมต่อ 15 ลูกบาศก์เมตรและอัตราแลกเนื้อ 1.28 และ Tamchalanukit *et al.* (1982) รายงานว่า การเจริญเติบโตของปลาตุ๊กตุ๊ก (*Clarias batrachus*) ขนาด 1 กรัม เลี้ยงในระบบบ่อคอนกรีตแบบน้ำหมุนเวียนที่อัตราความหนาแน่นแตกต่างกันคือ 330, 500 และ 666 ตัวต่อตารางเมตร เป็นเวลา 84 วัน ผลการทดลองพบว่า ได้ผลผลิตเท่ากับ 381.49, 607.32 และ 775.04 กิโลกรัมต่อ 15 ตารางเมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองครั้งนี้โดยอัตราการปล่อยและอายุของปลาจะไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอด แต่จะมีผลต่อผลผลิตรวมของปลา น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลองและอัตราการแลกเนื้อ

ส่วนการเจริญเติบโตของผักกาดหอม พบว่า ความสูงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความสูงที่เพิ่มขึ้น อัตราการรอด และผลผลิตรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยความสูงเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ร่วมกับการเลี้ยงปลาอดหลวงในระบบหมุนเวียนน้ำที่ความ



หนาแน่น 200 และ 250 ตัวต่อบ่อ มีความสูงเมื่อสิ้นสุดการทดลองสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ผักกาดหอมห่อที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ร่วมกับการเลี้ยงปลาสดหลวงในระบบหมุนเวียนน้ำที่ความหนาแน่น 150 และ 100 ตัวต่อบ่อ มีค่าเท่ากับ  $22.73 \pm 0.03$ ,  $22.51 \pm 0.02$ ,  $21.33 \pm 0.31$  และ  $21.20 \pm 0.03$  เซนติเมตร ตามลำดับ ความสูงที่เพิ่มขึ้นพบว่า ผักกาดหอมห่อที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ร่วมกับการเลี้ยงปลาสดหลวงในระบบหมุนเวียนน้ำที่ความหนาแน่น 250 และ 200 ตัวต่อบ่อ มีความสูงที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ผักกาดหอมห่อที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ร่วมกับการเลี้ยงปลาสดหลวงในระบบหมุนเวียนน้ำที่ความหนาแน่น 150 และ 100 ตัวต่อบ่อ มีค่าเท่ากับ  $14.10 \pm 0.03$ ,  $14.07 \pm 0.03$ ,  $12.84 \pm 0.03$  และ  $12.77 \pm 0.03$  เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่มีความใกล้เคียงกัน แตกต่างกันไม่มากนัก แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยเติบโตของผักที่นิยมปลูกในฤดูหนาว พบว่าผักไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควรโดยผักที่ปลูกในหน้าร้อนมักแคระแกรน โตช้า มีรสขมและเก็บเกี่ยวได้ช้า เพราะผักในหน้าร้อนมักเจอกับปัญหาสารละลายร้อนเกินไป เนื่องจากอุณหภูมิน้ำแปรผกผันกับอัตราการละลายตัวของออกซิเจน (Chiemchaisri, 2005) อัตราการรอด พบว่า ผักกาดหอมห่อที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ร่วมกับการเลี้ยงปลาสดหลวงในระบบหมุนเวียนน้ำที่ความหนาแน่น 200 และ 250 ตัวต่อบ่อ มีอัตราการรอดสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ผักกาดหอมห่อที่ปลูกร่วมกับการเลี้ยงปลาสดหลวงที่ความหนาแน่น 150 และ 100 ตัวต่อบ่อ มีค่าเท่ากับ  $96.66 \pm 0.05$  และ  $93.33 \pm 0.05$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่มีความใกล้เคียงกัน เพราะในแต่ละบ่อมีสภาพแวดล้อมทั้งแสงแดดและอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน และในช่วงที่อากาศร้อนจัดผักไม่สามารถเจริญเติบโตได้ทำให้ผักบางส่วนตายไป และผลผลิตรวม พบว่า ผักกาดหอมห่อที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ร่วมกับการเลี้ยงปลาสดหลวงในระบบหมุนเวียนน้ำที่ความหนาแน่น 200 และ 250 ตัวต่อบ่อ มีผลผลิตรวมสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ผักกาดหอมห่อที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ร่วมกับการเลี้ยงปลาสดหลวงในระบบหมุนเวียนน้ำที่ความหนาแน่น 150 และ 100 ตัวต่อบ่อ มีค่าเท่ากับ  $6.67 \pm 0.03$ ,  $6.38 \pm 0.03$ ,  $6.16 \pm 0.03$  และ  $5.80 \pm 0.03$  กิโลกรัม ตามลำดับ

### สรุปผลการวิจัย

การศึกษาความหนาแน่นของการเลี้ยงปลาสดหลวงระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับระบบการปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองการเจริญเติบโตของปลาสดหลวง พบว่า ปลาสดหลวงเลี้ยงที่ความหนาแน่น 200 ตัวต่อบ่อ มีความเหมาะสมมากที่สุด ซึ่งเปรียบเทียบได้จากข้อมูลการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของปลาสดหลวง ความหนาแน่น 200 และ 250 ตัวต่อบ่อ ให้ผลผลิตที่ไม่มีมีความแตกต่างกัน แต่อัตราการรอดที่ความหนาแน่น 200 ตัวต่อบ่อ มีอัตราการรอดมากกว่า ส่วนการเจริญเติบโตของผักกาดหอมห่อ น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ อัตราการรอด และผลผลิตรวม ความหนาแน่น 200 และ 250 ตัวต่อบ่อ มีค่าไม่แตกต่างกัน

### เอกสารอ้างอิง

- Chansawang Ngamphongsai. 1995. Water quality and the use of EM in semi-closed recirculation culture system of hybrid catfish. Master's thesis, Kasetsart University. 115 p. [in Thai].
- Franco-Nava, J. P. Blancheton, G. Deviller and J.Y. Le-Gall. 2004. Particulate matter dynamics and transformations in a recirculating aquaculture system: application of stable isotope tracers in seabass rearing. *Aquacult. Eng.* 31: 135–155.
- Gomut Unsrison and Preecha Tiencharoen. 2536. Cultivation of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) in pens. Technical Paper No. 27/2536 Inland Fisheries. 24 p.] [in Thai].
- McMurty, M. R .D. C. Sanders, S. D .Cure and R.G. Hodson. 1997. Effect of biofilter/culture tank volume ratio on productivity of a recirculating fish/ vegetable co-culture system. *Journal of Applied Aquaculture* 7(4): 33-51.
- Naegel, L.C.A. 1977. Combined production of fish and plants in recirculating water. *Aquaculture* 10: 17-24.
- Rokocy, J. E., J. A. Hargreaves and D. S. Bailey. 1993. Nutrient accumulation in a recirculating aquaculture system integrated with hydroponics vegetable production. pp. 148-158. In Wang. J. K. (Ed). *Techniques for Modern Aquaculture. Proceeding of a Conference 21-23 June 1993. Spokane .*
- Tarnchalanukit, W., W. Chuapoehuk, P. suraniranat and U.N.Nakron. 1982. Pla Duk Dan culture in circulation concrete pond with water recirculating system. pp. 56-73. In The Seminar on inland and Coastal Aquaculture 6-9 April, 1982 Food and Fertilized Technology Center for the Asian and Pacific Region. Bangkok: Kasetsart University.
- Watten, B.J. and Bush, R.L. 1984. Tropical production of tilapia (*Sarotherodon aorea*) and Tomato (*Lycopersicon esculentum*) in a small-scale recirculating water system. *Aquaculture* 41: 271-283.
- Xiangfu, S. *et al.* 2000. Study of Agriculture-Aquaculture Ecological Economic System with Nutrient Flow Analysis. [Online]. Available: (10 August 2008).
- Yongyut Chiemchaisri. 2005. Nutrient Solution. The Training Hydroponics No.13. 29-30 October 2005 Miracle Grand Convention Hotel. Bangkok. [In Thai].