

อิทธิพลของอัตราความหนาแน่นต่างกันต่อการอนุบาลลูกปลาทองหัวสิงห์ญี่ปุ่น

Effect of different stocking densities on lionhead goldfish (*Carassius auratus*) nursery

สุภาวดี โกยดุษย์^{1*} อติวิชญ์ เจริญผล¹ เจษฎา อิสเหาะ¹ และ ผกามาศ ศรีจริยา¹
Supavadee Koydon^{1*}, Atiwit Charoenpol¹, Jesada Is-haak¹ and Pakamas Sreejariya¹

บทคัดย่อ

อิทธิพลของความหนาแน่นต่างกันต่อการอนุบาลลูกปลาทองหัวสิงห์ญี่ปุ่น ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 2.49 ± 0.03 กรัมต่อตัว และความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น 4.67 ± 0.07 เซนติเมตรต่อตัว ต่อสมรรถนะด้านน้ำหนัก ความยาวของปลา น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน การเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และต้นทุนค่าอาหารต่อปลาหนึ่งตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design; CRD) แบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง (treatment) คือ ความหนาแน่น 20, 30 และ 40 ตัวต่อตารางเมตร แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ ทดลองในถังไฟเบอร์ รูปทรงกระบอกที่มีปริมาตรน้ำ 310 ลิตร ระยะเวลาการทดลอง 6 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า การเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนัก และน้ำหนักเพิ่มต่อวัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยลูกปลาทองที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 20 ตัวต่อตารางเมตร (น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย 10.40 ± 0.01 กรัมต่อตัว) และ 30 ตัวต่อตารางเมตร (น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย 10.33 ± 0.06 กรัมต่อตัว) ตัวต่อตารางเมตร เจริญเติบโตดีกว่าอัตราความหนาแน่น 40 ตัวต่อตารางเมตร (น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย 10.10 ± 0.01 กรัมต่อตัว) ต้นทุนค่าอาหารต่อปลา 1 ตัว พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง $0.64 \pm 0.01 - 0.67 \pm 0.03$ บาทต่อตัว อัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ทุกชุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และค่าคุณภาพน้ำเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของลูกปลาทอง อัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกปลาทอง 30 ตัวต่อตารางเมตร

คำสำคัญ: ความหนาแน่น การเจริญเติบโต ต้นทุนค่าอาหารต่อปลา 1 ตัว ปลาทองหัวสิงห์ญี่ปุ่น

Abstract

Effect of different stocking densities of lionhead goldfish juveniles on growth performances, survival rate and feed cost per fish were studied. The initial average weight and total length were 2.49 ± 0.03 gram and 4.67 ± 0.07 centimeter, respectively. The experimental design was completed randomized design (CRD) with 3 treatments: 20, 30 and 40 fish per square meter, and 3 replications. The goldfish was stocked in a 310 liter cylindrical fiber tank for 6 weeks experimental duration. The results showed that growth performances, final weight and weight gain per day were statistically significant differences ($P < 0.05$). Goldfish juveniles cultured at the density of 20 (average final weight of 10.40 ± 0.01 gram) and 30 fish per square meter (average final weight of 10.33 ± 0.06 gram), showed better

¹ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ พระนครศรีอยุธยา หันตรา

¹ Faculty of Agricultural and Argo-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnaphumi, Phra Nakhon Si Ayutthaya, Huntra

* Corresponding author. E-mail: supavadee.k@mutsb.ac.th

growth performances than that the density of 40 fish per square meter (average final weight of 10.10 ± 0.01 gram). The feed cost per fish did not differ between treatments, which was 0.64 ± 0.01 - 0.67 ± 0.03 Baht per fish. The survival rates of all treatments were 100 percent. Water quality parameters were suitable for the growth of goldfish juveniles as well. From the results, it could be concluded that the optimal stocking density for goldfish juvenile was 30 fish per square meter.

Keywords: stocking density, growth performance, feed cost per fish, lionhead goldfish

บทนำ

ปลาทองเป็นปลาสวยงามที่ได้รับความนิยมเลี้ยงทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ด้วยลักษณะสีที่สวยงามและชื่อที่เป็นมงคล ได้รับความนิยมมากในพื้นที่แถบประเทศทางเอเชีย ยุโรป และอเมริกา มูลค่าในการส่งออกของปลาชนิดนี้อยู่ในระดับต้นๆ เช่น ในปี พ.ศ. 2560 Suvarnabhumi Airport Fish Inspection Office, ([BKK FIO], 2017) รายงานปริมาณและมูลค่าการส่งออก พบว่าปลาทองมีมูลค่าเป็นอันดับที่ 7 ของมูลค่าปลาสวยงามทั้งหมด โดยส่งออกปลาทองจำนวนมากถึง 3.28 ล้านตัว คิดเป็นมูลค่า 32.40 ล้านบาท สายพันธุ์ปลาทองที่ได้รับความนิยมได้แก่ สายพันธุ์ออริจินดา รวีกิน ทองหัวสิงห์ ซึ่งมีทั้งสิงห์จีนและสิงห์ญี่ปุ่น แต่สิงห์ญี่ปุ่นจะมีมูลค่าทางการตลาดที่สูงกว่าปัจจุบันเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลาทองได้มีการปรับปรุงพันธุ์และได้พัฒนาสายพันธุ์ใหม่ ๆ ให้มีลักษณะพิเศษ เช่น ปลาทอง 5 สี หรือปลาที่มีลักษณะเกล็ดคล้ายเมลิ็ดข้าวโพด หรือการปรับปรุงพันธุ์ให้มีขนาดตัวที่ใหญ่ขึ้น (ปลาทองยักษ์) เพื่อสร้างความแปลกใหม่และเพิ่มมูลค่าให้สามารถจำหน่ายในราคาที่สูงขึ้น สายพันธุ์หนึ่งที่ได้รับนิยมนิยมมากคือ ปลาทองหัวสิงห์ ปลาที่มีคุณลักษณะตรงตามสายพันธุ์มีราคาจำหน่ายตั้งแต่ระดับพันจนถึงระดับหมื่นบาทต่อตัว จากความต้องการปลาทองที่มีปริมาณสูง

ส่งผลให้เกษตรกรต้องเร่งผลิตปลาเพิ่มมากขึ้นในพื้นที่จำกัด ด้วยการเพิ่มอัตราความหนาแน่นให้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ลูกปลาเกิดความเครียด กระทั่งต่อการเจริญเติบโต คุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงมีการสะสมของเสียเพิ่มมากขึ้นและมีคุณภาพที่แย่ลง เนื่องจากการสะสมของเสียระหว่างการเลี้ยงปลา เกษตรกรต้องมียาน้ำสำรองปริมาณมาก (Mozes, Eshchar, Conijeski, Fediuk, & Ashkenaz, 2003) ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของลูกปลาทองคือ ความหนาแน่นของปลา คุณภาพน้ำและอาหาร โดยเฉพาะกลุ่มปลาทองยักษ์ ดังนั้นแนวทางหนึ่งคือ การศึกษาการเลี้ยงปลาด้วยอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสม มีการรายงานอัตราความหนาแน่นของการเลี้ยงปลาทองในกระชัง (Feldlitz, & Milstein, 2000) และการเลี้ยงปลาทองในระบบบ่อควาโปนิค (Shete, Verma, Kohli, Dash, & Tandel, 2013) ซึ่งทำการศึกษาในลูกปลาขนาดเล็ก (มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 0.33 ± 0.01 กรัมต่อตัว) พบรายงานเกี่ยวกับอัตราความหนาแน่นในการอนุบาลปลาทองน้อยมาก ทั้งๆ ที่อัตราความหนาแน่นของปลา เป็นหนึ่งในสามปัจจัยหลักที่สำคัญ ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลา แต่มิงานวิจัยที่มีการศึกษาผลกระทบของความหนาแน่นต่อการเจริญเติบโต เมตาบอลิซึมของปลาชนิดต่างๆ (Herrera et al., 2009; Li, Liu, & Xie, 2012; Sangiao-Alvarellos et al., 2005)

การเลี้ยงปลาในระดับความหนาแน่นสูงมากเกินไป ระดับที่เหมาะสม จะส่งผลให้เกิดความเครียดของปลา มีผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของไขมัน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน (Costas, Aragão, Mancera, Dinis, & Conceição, 2008; Laiz-Carrión et al., 2012) และ ถ้าหากว่าปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์เพิ่มสูงขึ้น จะเป็นอันตรายต่อลูกปลา แต่ถ้าปล่อยลงอนุบาลหรือเลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นต่ำ มีข้อเสียคือการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ได้น้อย ต้นทุนการผลิตสูง และได้กำไรน้อย (De las Heras, Martos-Sitcha, Yúfera, Mancera, & Martínez-Rodríguez, 2015)

ปัจจุบันในการเลี้ยงปลาของหัวสิงห์ญี่ปุ่น เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยง จะปล่อยปลาในอัตราที่แตกต่างกันไปไม่แน่นอนตามขนาดลูกปลา โดยเกษตรกรจะคัดลูกปลาออกเป็น 4 ระยะ คือ 1) ลูกปลาเพิ่งฟักถึง 1 นิ้ว 2) ขนาด 1-3 นิ้ว 3) ขนาด 3-5 นิ้ว และ 4) ขนาด 5 นิ้ว ขึ้นไป จนกระทั่งขาย การคัดปลามีจุดประสงค์เพื่อหา ลักษณะของปลาที่ตรงตามสายพันธุ์ เกษตรกรสามารถจำหน่ายในราคาที่สูงขึ้นได้มาก แต่ในปัจจุบันการอนุบาลหรือเลี้ยงปลาของสิงห์ญี่ปุ่นยังไม่มีข้อมูล รายงานอัตราการปล่อยที่เหมาะสมต่อพื้นที่ มีเฉพาะ การศึกษาอัตราความหนาแน่นของปลาของที่เลี้ยงใน กระชัง ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ ทำการทดลองเลี้ยงปลาของหัวสิงห์ญี่ปุ่น ขนาดมี น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 2.49 ± 0.03 กรัมต่อตัว ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น 4.67 ± 0.07 เซนติเมตรต่อตัว ที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับคือ 20, 30 และ 40 ตัว ต่อตารางเมตร เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ การตอบสนองต่อสมรรถนะด้านการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย ต้นทุนต่อการเปลี่ยนอาหารเป็น

เนื้อและคุณภาพน้ำ ซึ่งผลการทดลองเกษตรกร สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการอนุบาลลูกปลาของหัวสิงห์ให้มีประสิทธิภาพและใช้ประโยชน์จากพื้นที่น้ำให้มากที่สุด

วิธีการศึกษา

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design; CRD) แบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง (treatment) แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ คือ ชุดการทดลองที่ 1 ความหนาแน่น 20 ตัวต่อ ตารางเมตร (T1)

ชุดการทดลองที่ 2 ความหนาแน่น 30 ตัวต่อ ตารางเมตร (T2)

ชุดการทดลองที่ 3 ความหนาแน่น 40 ตัวต่อ ตารางเมตร (T3)

การเตรียมปลาที่ใช้ในการทดลอง

ลูกปลาของหัวสิงห์ญี่ปุ่นที่ใช้ในการทดลอง เป็นลูกปลาระยะที่ 2 ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 2.49 ± 0.03 กรัมต่อตัว ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น 4.67 ± 0.07 เซนติเมตรต่อตัว จากฟาร์มบ้านโป่งโกลดพิข จังหวัดราชบุรี นำมาพักเพื่อปรับสภาพลูกปลาให้คุ้นเคยกับสภาวะแวดล้อมที่ใช้ในการทดลอง 1 สัปดาห์ก่อนเริ่มการทดลอง อนุบาลในถังไฟเบอร์ สี่เหลี่ยมขนาด $100 \times 150 \times 100$ เซนติเมตร บรรจุน้ำ 1,200 ลิตร ให้อากาศด้วยหัวทราย 4 หัวต่อถัง อัตราการปล่อย 125 ตัวต่อถัง จำนวน 2 ถัง ให้อาหารที่มีโปรตีน 43 เปอร์เซ็นต์ วันละ 3 ครั้ง 8.00, 12.00 และ 16.00 นาฬิกา จึงทำการคัดขนาดปลาที่มีขนาดใกล้เคียงกัน เพื่อนำมาทำการทดลอง โดยสุ่มปลาจำนวน 50 ตัว มาวัดความยาวเฉลี่ยเริ่มต้นด้วย

เครื่องวัดความยาวเวอร์เนียดิจิทัล (digital Vernier meter) และชั่งน้ำหนักลูกปลาด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลน้ำหนักและความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น จากนั้นดำเนินการสุ่มลูกปลาที่มีขนาดใกล้เคียงกันและปล่อยลงถึงทดลองจำนวนปลาที่ปล่อยลงถึงทดลอง เป็นตามชุดการทดลองที่กำหนดไว้

การเตรียมถังที่ใช้ในการทดลอง

ใช้ถังไฟเบอร์รูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 89 เซนติเมตร เต็มน้ำสูง 50 เซนติเมตร ปริมาตรน้ำ 310 ลิตร คิดเป็นพื้นที่เท่ากับ 0.62 ตารางเมตรต่อถัง ให้อากาศด้วยหัวทรายจำนวน 2 หัวต่อถัง จำนวน 9 ถัง

การดำเนินการทดลอง

การเตรียมลูกปลา ทำการคัดลูกปลาที่มีขนาดความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น 4.67 ± 0.07 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 2.49 ± 0.03 กรัม ปล่อยลงถึงที่ใช้ในการทดลอง จำนวนปลาที่ปล่อยลงถึงทดลองชุดการทดลองที่ 1 จำนวน 11 ตัว (20 ตัวต่อตารางเมตร) ชุดการทดลองที่ 2 จำนวน 17 ตัว (30 ตัวต่อตารางเมตร) และชุดการทดลองที่ 3 จำนวน 22 ตัว (40 ตัวต่อตารางเมตร) ในแต่ละชุดการทดลองจำนวน 3 ถัง รวมถึงที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดจำนวน 9 ถัง

การให้อาหาร จะให้อาหารแก่ลูกปลาที่ใช้ในการทดลอง วันละ 3 มื้อคือ เช้า กลางวัน และเย็น

ในอัตรา 6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน อาหารที่ใช้ในการทดลอง คือ อาหารกึ่งเม็ดสำเร็จรูปที่มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 43 เปอร์เซ็นต์ การเปลี่ยนถ่ายน้ำ ในระหว่างการทดลอง จะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ โดยทำการดูดตะกอนออกและเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ทุกสัปดาห์ ในเวลาเช้าก่อนให้อาหารมื้อแรก นอกจากนี้จะทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแต่ละถึงทดลอง เวลา 8.00 นาฬิกา ของทุกสัปดาห์ตลอดการทดลอง คือ ความเป็นกรดเป็นด่างด้วยเครื่อง pH meter (pH Testr 30; Eutech) ความนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง conductivity meter (EC Testr 11; Eutech) อุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วยเครื่อง oxygen meter (YSI model 550; YSI) แอมโมเนีย ไนโตรเจน และไนเตรท ใช้วิธีการวิเคราะห์ตามวิธีของ Koydon (2018) นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของปลาระหว่างการทดลองทุก 2 สัปดาห์ จนถึงสิ้นสุดการทดลอง 6 สัปดาห์ โดยสุ่มตัวอย่างลูกปลาของหัวสิงห์ญี่ปุ่นถึงละ 10 ตัว มาชั่งน้ำหนักปลาและวัดความยาว เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลการตอบสนองของลูกปลาของต่ออัตราความหนาแน่นที่เลี้ยงลูกปลา 3 ระดับ โดยวิเคราะห์ประเมินจากค่าต่อไปนี้

(1) น้ำหนักเฉลี่ย (average weight; AW, กรัม)

(2) น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (daily weight gain; DWD, กรัมต่อวัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม)} - \text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาทำการทดลอง (วัน)}}$$

(3) ความยาวเฉลี่ย (average length; AL, เซนติเมตร)

(4) อัตราการรอดตาย (survival rate; SR, เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{จำนวนลูกปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตัว)}}{\text{จำนวนลูกปลาเมื่อเริ่มการทดลอง (ตัว)}} \times 100$$

(5) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio; FCR)

$$= \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กินทั้งหมด (กรัม)}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}$$

(6) ต้นทุนค่าอาหารต่อปลา 1 ตัว (feed cost per fish, บาทต่อปลา 1 ตัว)

$$= \frac{\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ} \times \text{ราคาอาหารต่อ 1 กก.} \times \text{น้ำหนักเพิ่มตลอดการทดลอง}}{1,000 \text{ กรัม}}$$

นำข้อมูลที่คำนวณได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลอง ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมดใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์สถิติ

นำข้อมูลการเจริญเติบโตด้าน น้ำหนัก ความยาว น้ำหนักเพิ่มต่อวัน อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ มาหาความสัมพันธ์กับข้อมูลดัชนีคุณภาพน้ำในแต่ละพารามิเตอร์ โดยการนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) และหาความสัมพันธ์โดยวิธี Pearson correlation

สถานที่และช่วงระยะเวลาทำการทดลอง

ทำการทดลองที่สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2562

ผลการศึกษา

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง การอนุบาลลูกปลาของหัวสิงห์ที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับพบว่าน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายของลูกปลาของหัวสิงห์ที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 20 และ 30 ตัวต่อตารางเมตร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับอัตราความหนาแน่น 40 ตัวต่อตารางเมตร โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายเท่ากับ 10.40 ± 0.01 , 10.33 ± 0.06 และ 10.10 ± 0.01 กรัมต่อตัว ตามลำดับ (Table 1)

น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันตลอดการทดลองของลูกปลาของหัวสิงห์ที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 20 และ 30 ตัวต่อตารางเมตร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับอัตราความหนาแน่น 40 ตัวต่อตารางเมตร โดยมี

น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันสุดท้ายเท่ากับ 0.19 ± 0.00 , 0.19 ± 0.00 และ 0.18 ± 0.00 กรัม ตามลำดับ (Table 1)

ความยาวเฉลี่ยของลูกปลาทองหัวสิงห์ญี่ปุ่น ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีความยาวเฉลี่ยสุดท้ายค่าเท่ากับ 6.25 ± 0.21 , 6.12 ± 0.14 และ 6.16 ± 0.20 เซนติเมตรตามลำดับ (Table 1)

อัตราการรอดตายของลูกปลาทองทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสุดท้ายเท่ากับ 100 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันทุกชุดการทดลอง (Table 1)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของลูกปลาทองทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมีค่าเท่ากับ 1.19 ± 0.05 , 1.24 ± 0.04 และ 1.22 ± 0.02 ตามลำดับ (Table 1)

ต้นทุนค่าอาหารต่อปลา 1 ตัว ในการเลี้ยงลูกปลาทองหัวสิงห์ญี่ปุ่นของทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยต้นทุนค่าอาหารต่อปลา 1 ตัว มีค่าเท่ากับ 0.67 ± 0.03 , 0.66 ± 0.02 และ 0.64 ± 0.01 บาทต่อตัว ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Growth performance, survival rate, feed conversion ratio and feed cost per fish in 3 different densities (mean $\pm$ sd).

parameter	densities treatment (fish per square meter)		
	treatment 1 (20)	treatment 2 (30)	treatment 3 (40)
initial weight (gram)	2.49 ± 0.03^a	2.49 ± 0.03^a	2.49 ± 0.03^a
final weight (gram)	10.40 ± 0.01^a	10.33 ± 0.06^a	10.10 ± 0.01^b
daily weight gain (gram per day)	0.19 ± 0.00^a	0.19 ± 0.00^a	0.18 ± 0.00^b
initial length (centimeter)	4.67 ± 0.07^a	4.67 ± 0.07^a	4.67 ± 0.07^a
final length (centimeter)	6.25 ± 0.21^a	6.12 ± 0.14^a	6.16 ± 0.20^a
feed conversion ratio	1.19 ± 0.05^a	1.24 ± 0.04^a	1.22 ± 0.02^a
survival rate (percentage)	100.00 ± 0.00^a	100.00 ± 0.00^a	100.00 ± 0.00^a
feed cost per fish (baht per fish)	0.67 ± 0.03^a	0.66 ± 0.02^a	0.64 ± 0.01^a

Note: The superscript alphabets are compared among the means within the same row. Values with the same superscripts in the row are not significantly difference ($P > 0.05$).

เมื่อนำข้อมูลคุณภาพน้ำ ดัง (Table 2) ด้านความเป็นกรดเป็นด่าง ความนำไฟฟ้า อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทของแต่ละสัปดาห์ตลอดการทดลอง

ไปเปรียบเทียบกับค่าคุณภาพน้ำเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พบว่าคุณภาพน้ำตลอดการทดลองอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ

Table 2 Range of water quality parameters (minimum-maximum) in goldfish tank.

parameter	density (fish per square meter)			optimum parameter	
	treatment 1 (20)	treatment 2 (30)	treatment 3 (40)	reference ¹⁾	reference ²⁾
pH	8.19±0.04-8.68±0.06	8.16±0.01-8.74±0.03	8.16±0.01-8.68±0.04	6.50-9.00	6.50-8.50
temperature (°C)	27.70±0.10-30.57±0.06	27.70±0.00-30.60±0.01	27.70±0.03-30.67±0.06	25.00-32.00	25.00-32.00
conductivity (μS per centimeter)	600.33±25.00-850.00±10.00	596.67±25.71-893.33±28.87	696.67±15.28-880.00±17.32	400.00-1000.00	-
dissolved oxygen (milligram per liter)	5.23±0.10-7.65±0.32	5.71±0.13-6.85±0.09	5.11±0.22-6.68±0.53	>3.00	>4.00
total ammonia nitrogen (TAN, milligram per liter)	0.00±0.00-0.22±0.00	0.00±0.00-0.27±0.00	0.00±0.00-0.38±0.01	<1.00	<0.50
nitrite (milligram per liter)	0.00±0.00-0.62±0.01	0.00±0.00-0.74±0.03	0.00±0.00-0.92±0.01	0.10	-
nitrate (milligram per liter)	0.00±0.00-1.22±0.03	0.00±0.00-1.45±0.02	0.00±0.00-1.52±0.02	<30.00	-

Note: Reference: ¹⁾Koydon (2018), ²⁾National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards ([ACFS], 2016)

จาก (Table 3) แสดงถึงความสัมพันธ์ของน้ำหนักเฉลี่ยของปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันตลอดการทดลอง มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิของน้ำอย่างมีนัยสำคัญถ้าต้องการให้น้ำหนักเฉลี่ยและน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันของปลาตลอดการ

ทดลองมีค่าเพิ่มขึ้น ผู้เลี้ยงก็ต้องเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเช่นกัน แต่ทั้งนี้อุณหภูมิของน้ำก็ต้องอยู่ภายใต้เกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วย จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าลูกปลาทองมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นเมื่อเลี้ยงในน้ำที่มีอุณหภูมิสูง

Table 3 Correlation of average final weight and average daily weight gain with water temperature.

parameter	final weight	average daily weight gain
temperature		
Pearson correlation	1.00	0.99
Sig. (2-tailed)	0.02	0.03
N	3	3

อภิปรายผล

การอนุบาลลูกปลาทองหัวสิงห์ญี่ปุ่นที่อัตราความหนาแน่น 20 และ 30 ตัวต่อตารางเมตร ให้การเจริญเติบโตของปลาที่ดีกว่า อัตราความหนาแน่น 40 ตัวต่อตารางเมตร ซึ่งแนวโน้มการเจริญเติบโตดังกล่าวเป็นไปตามที่ Rothbard, & Yaron (1995) ได้กล่าวไว้ว่า เมื่อเลี้ยงปลาด้วยอัตราความหนาแน่นต่างๆ ในระบบการเลี้ยงอย่างใดอย่างหนึ่งใน

ระยะเวลาช่วงหนึ่ง เมื่อถึงจุดสูงสุดของศักยภาพการผลิตที่บอกรับได้ ปลาจะมีการเจริญเติบโตช้าลงจนกระทั่งหยุดการเจริญเติบโต สอดคล้องกับการทดลองในครั้งนี้ จะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่ 3 ที่มีอัตราความหนาแน่นที่สูงกว่าชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ส่งผลให้เห็นแนวโน้มการเจริญเติบโตที่ช้าลงของลูกปลาทองเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราความหนาแน่นที่ระดับ 40 ตัว

ต่อตารางเมตร เป็นระดับความหนาแน่นที่เริ่มเข้าสู่จุดสูงสุดของศักยภาพการผลิตที่บ่อรองรับได้ จากผลการทดลองในครั้งนี้ จะเริ่มส่งผลให้เห็นผลกระทบต่อ การเจริญเติบโต แต่ยังไม่ส่งผลกระทบต่อ อัตราการรอดตาย ทั้งนี้เนื่องจาก หากความหนาแน่นของปลา อยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสม หนาแน่นมากเกินไป จะส่งผลต่อสรีรวิทยาและพฤติกรรมของลูกปลาได้ เช่น การกินอาหารและพื้นที่ที่ใช้เลี้ยงลูกปลาลด น้อยลง นอกจากนี้ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจะมี ปริมาณเพิ่มมากขึ้น ซึ่งปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น ดังกล่าว จะมีความแปรผันโดยตรงกับอัตราความ หนาแน่นของลูกปลาที่เพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ ปัจจัย เหล่านี้จะส่งผลให้ สัตว์น้ำเครียด การเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายจะลดน้อยลง (Costas, Aragão, Mancera, Dinis, & Conceição, 2008)

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลน้ำหนักเพิ่มต่อวันของ ปลาทองที่ศึกษาครั้งนี้ มีอัตราการเจริญเติบโตด้าน น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันของลูกปลาทองระหว่าง 0.09-0.03 กรัมต่อวัน มีการเจริญเติบโตสูงกว่าการศึกษาของ Ungsethaphand, & Wankanapol (2009) ถึง 1.40-2.90 เท่า ซึ่งเลี้ยงปลาทองออรรันดาด้วยอาหารที่เสริม สารเร่งสีจากแหล่งที่ต่างกันคือ เลี้ยงปลาทองด้วย อาหารปลาป่น (control) และการผสมสาหร่ายสไปรูลินากับปลาป่นอัตรา 20, 40, 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่าปลาทองมีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน อยู่ระหว่าง 0.06-0.11 กรัมต่อวัน ซึ่งปกติปลาทอง-ออรรันดาโตดีกว่าปลาทองหัวสิงห์ญี่ปุ่น แสดงให้เห็น ว่า ความหนาแน่นที่ใช้เลี้ยงปลาทองหัวสิงห์ญี่ปุ่น ยกขึ้นในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์การให้อาหารในการศึกษาค้นคว้า

อัตราการให้อาหารอยู่ที่ 6 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ใช้มากกว่า การศึกษาของ Ungsethaphand, & Wankanapol (2009) ที่ใช้อัตราการให้อาหารอยู่ที่ 3 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน

ต้นทุนค่าอาหารต่อปลา 1 ตัว ในการอนุบาล ลูกปลาทองหัวสิงห์ญี่ปุ่นพบว่า ในทุกชุดการทดลองมี ต้นทุนอยู่ในช่วง 0.64 ± 0.01 - 0.67 ± 0.03 บาทต่อตัว และเมื่อเพิ่มอัตราความหนาแน่นของลูกปลาทองจะ พบได้ว่า ต้นทุนค่าอาหารต่อปลาหนึ่งตัวจะลดลง ซึ่ง สอดคล้องกับการศึกษาของ Shete, Verma, Kohli, Dash, & Tandel (2013) รายงานว่าความหนาแน่น เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการผลิตปลา คูได้จากข้อมูลการเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิต

ค่าคุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาทองตลอดการ ทดลอง มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในระหว่าง 27.60-30.67 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยอยู่ใน ระหว่าง 8.16-8.74 ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ใน ระหว่าง 5.11-7.65 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าแอมโมเนีย รวมเฉลี่ยอยู่ในระหว่าง 0.00-0.38 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาสวยงาม เนื่องจากมีค่าสอดคล้องเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพ ของน้ำที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำจืด (ACFS, 2016) ค่าไนโตรท์ ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีค่าอยู่ในช่วง 0.00-0.92 มิลลิกรัม ต่อลิตร มีค่าสูงกว่าค่าที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลา ซึ่งกำหนดให้มีค่าไนโตรท์ไม่เกิน 0.10 มิลลิกรัม ต่อลิตร (Koydon, 2018) ปริมาณไนโตรท์ที่มีค่าสูง ไม่ส่งผลให้เกิดความเป็นพิษต่อปลาที่ใช้ในการ ทดลอง เนื่องจากในการศึกษาค้นคว้านี้ให้น้ำมีปริมาณ ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำมีค่ามากกว่า 3 มิลลิกรัม ต่อลิตรตลอดการทดลอง ส่งผลให้ความเป็นพิษ ของไนโตรท์ลดลง

ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันกับ อุณหภูมิ มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แสดงให้เห็นว่าลูกปลาทองมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น เมื่อเลี้ยงในน้ำที่อุณหภูมิสูง สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาที่รายงานว่า ถ้าเลี้ยงสัตว์น้ำในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตดี เมื่อเลี้ยงปลาในอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ปลาจะกินอาหารมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ปลา มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นหรือมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก (Buckel, Steinberg, & Conover, 1995; Qin, & Fast, 1998; Choomthi, Soonthornvipat, & Thongkhamchum, 2011; Kansar, & Salim, 2006; Person-Le Ruyet, Buchet, Vincent, Le Delliou, & Quémener, 2006)

สรุป

อิทธิพลของความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับในการอนุบาลลูกปลาทองหัวสิงห์ญี่ปุ่น ได้แก่ ความหนาแน่น 20, 30 และ 40 ตัวต่อตารางเมตร ระยะเวลาการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่าการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนัก และน้ำหนักเพิ่มต่อวัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยลูกปลาทองที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 20 และ 30 ตัวต่อตารางเมตรเจริญเติบโตดีกว่าอัตราความหนาแน่น 40 ตัวต่อตารางเมตร ต้นทุนค่าอาหารต่อปลา 1 ตัว พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีต้นทุนอยู่ในช่วง $0.64 \pm 0.01 - 0.67 \pm 0.03$ บาทต่อตัว อัตราการรอดตาย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทุกชุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และค่าคุณภาพน้ำเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของลูกปลาทอง อัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกปลาทอง

30 ตัวต่อตารางเมตร น้ำหนักของปลามีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำในเชิงบวกที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

เอกสารอ้างอิง

- Buckel, J. A., Steinberg, N. D., & Conover, D. O. (1995). Effects of temperature, salinity and fish size on growth consumption of juvenile bluefish. *Fish Biology*, 47(4), 696-706.
- Choomthi, A., Soonthornvipat, P., & Thongkhamchum, S. (2011). *Cage culture of cobra snakehead (Channa marulius Hamilton, 1822) at different stocking density*. Lampang: Inland Fisheries Research and Development Bureau. (in Thai)
- Costas, B., Aragão, C., Mancera, J. M., Dinis, M. T., & Conceição, L. E. C. (2008). High stocking density induces crowding stress and affects amino acid metabolism in Senegalese sole *Solea senegalensis* (Kaup 1858) juveniles. *Aquaculture Research*, 39, 1-9.
- De las Heras, V., Martos-Sitcha, J. A., Yúfera, M., Mancera, J. M., & Martínez-Rodríguez, G. (2015). Influence of stocking density on growth, metabolism and stress of thick-lipped grey mullet (*Chelon labrosus*) juveniles. *Aquaculture*, 448, 29-37.
- Feldlitz, M., & Milstein, A. (2000). Effect of density on survival and growth of cyprinid fish fry. *Aquaculture Int.*, 7(6), 399-411.
- Herrera, M., Vargas-Chacoff, L., Hachero, I., Ruiz-Jarabo, I., Rodiles, A., Navas, J. I., & Mancera, J. M. (2009). Physiological responses of juvenile wedge sole *Dicologlossa cuneate* (Moreau) to high stocking density. *Aquaculture Research*, 40(7), 790-797.

- Kansar, R. & Salim, M. (2006). Effects of water temperature on the growth performance and feed conversion ratio of *Labeo rohita*. *Pakistan Vet. J.*, 26(3), 105-108.
- Koydon, S. (2018). *Water quality analysis for aquaculture*. Pra Nakorn Si Ayutthaya, Huntra: Fisheries Science section, Faculty of Agricultural and Argo-Industry, Rajamangala University of Technology Suvamaphumi. (in Thai)
- Laiz-Carrión, R., Viana, I. R., Cejas, J. R., Ruiz-Jarabo, I., Jerez, S., Martos-Sltcha, J. A., Almansa, E., & Mancera, J. M. (2012). Influence of food deprivation and high stocking density on energetic metabolism and stress response in red porgy, *Pagrus pagrus* L. *Aquaculture International*, 20(3), 585-599.
- Li, D., Liu, Z., & Xie, C. (2012). Effect of stocking density on growth and serum concentrations of thyroid hormones and cortisol in Amur sturgeon, *Acipenser schrenckii*. *Fish Physiol. Biochem*, 38(2), 511-520.
- Mozes N., Eshchar, M., Conijeski, D., Fediuk, M., & Ashkenaz, A. (2003). Marine recirculating systems in Israel-performance, production cost analysis and rationale for desert conditions. *Israel Journal Aquaculture-Bamidgeh*, 55(4), 274-282.
- National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards (ACFS). (2016). *Good aquaculture practices for freshwater animal farm. Thai Agricultural Standard TAS 7417 (G)-2016*. Bangkok: National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. (in Thai)
- Person-Le Ruyet, L., Buchet, V., Vincent, B., Le Delliou, H., & Quémener, L. (2006). Effects of temperature on the growth of pollack (*Pollachius pollachius*) juveniles. *Aquaculture*, 251(2-4), 340-345.
- Qin, J. G., & Fast, A. W. (1998). Effects of temperature, size and density on culture performance of snakehead, *Channa striatus* (Bloch), fed formulated feed. *Aquaculture Research*, 29, 299-303.
- Rothbard, S., & Yaron, Z. (1995). Carps (Cyprinidae). In N. R. Bromadge & R. J. Roberts (Eds.), *Broodstock management and egg and larval quality* (pp. 321-352). Oxford, UK.: Blackwell Science.
- Sangiao-Alvarellos, S., Guzman, J. M., Laiz-Carrion, R., Miguez, J. M., Martin Del Rio, M. P., Mancera, J. M., & Soengas, J. L. (2005). Interactive effects of high stocking density and food deprivation on carbohydrate metabolism in several tissues of gilthead sea bream (*Sparus auratus*). *Journal of Experimental Zoology Part A Comparative Experimental Biology*, 303(9), 761-775.
- Shete, A., Verma, A. K., Kohli, M. P. S., Dash, P., & Tandel, R. (2013). Optimum stocking density for growth of goldfish, (*Carassius auratus* Linnaeus, 1758), in an aquaponic system. *Israel Journal Aquaculture-Bamidgeh*, 65(1), 1-6.
- Suvamabhumi Airport Fish Inspection Office. (2017). *Import, export and transit statistics for aquatic animals pass through Suvamabhumi* (annual report). Samut Prakan: Suvamabhumi Airport Fish Inspection Office, Department of Fisheries. (in Thai)
- Ungsethaphand, T., & Wankanapol, A. (2009). *The effect of dietary pigments on the coloration and growth of goldfish, Carassius auratus* (research report). Chiang Mai: Maejo University. (in Thai)