

## ผลของความหนาแน่นของปลาต่อปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้งเพื่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่

### The Effect of Fish Stocking Density on Effluent Nutrients for Growth and Yield of Riceberry

แจ่มจันทร์ เพชรศิริ<sup>1\*</sup> ทวีเดช ไชยนาพงษ์<sup>1</sup> และอวยชัย บุญญานพวงศ์<sup>2</sup>

Jamjun Pechsiri<sup>1\*</sup> Thaweedet Chainapong<sup>1</sup> and Uaichai Boonyanupong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93200

<sup>1</sup>Department of Biological and Environmental Sciences, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93200

<sup>2</sup>ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง 93000

<sup>2</sup>Phatthalung Rice Research Center, Muang District, Phatthalung, 93000

\*Corresponding author: jamjun2508@yahoo.com

#### บทคัดย่อ

การนำน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อการเพาะปลูกเป็นวิธีการที่ลดต้นทุนและใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลและปลาดุกลูกผสมที่ความหนาแน่น 20, 25 และ 30 ตัวต่อถัง และปล่อยน้ำจากถังเลี้ยงปลาลงสู่แปลงข้าวไรซ์เบอร์รี่ ทุก ๆ 14 วัน ผลการทดลองพบว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง มีปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท สูงที่สุดตลอดการทดลอง มีผลทำให้ต้นข้าวมีแนวโน้มเจริญเติบโตดีที่สุด คือมีความสูงเฉลี่ย  $129.3 \pm 2.8$  เซนติเมตร และจำนวนรวงต่อกอเฉลี่ย  $19.2 \pm 2.1$  รวง และมีกำไรสุทธิสูงสุดคือ 105.2 บาทต่อปลา 1 ถังและข้าว 1 แปลง ในขณะที่น้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง มีปริมาณฟอสฟอรัสสูง มีผลทำให้ได้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักผลผลิตต่อแปลงสูงถึง  $53.2 \pm 9.6$  และ  $446.7 \pm 113.4$  กรัม ตามลำดับ และมีผลตอบแทนการลงทุนสูงถึง 71.6% ส่วนแปลงนาที่ได้รับน้ำจากถังพักน้ำมีความสูงเฉลี่ย  $115.4 \pm 8.5$  เซนติเมตร จำนวนรวงต่อกอ  $12.6 \pm 2.1$  รวง น้ำหนักเมล็ดต่อรวง  $31.7 \pm 7.2$  กรัม และน้ำหนักผลผลิตต่อแปลง  $266.0 \pm 132.2$  กรัม ดังนั้นการนำน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลและปลาดุกลูกผสมที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถังมาใช้เพื่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่ จึงมีความเป็นไปได้ทั้งด้านวิธีการและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

**คำสำคัญ:** ความหนาแน่นของปลา ธาตุอาหารในน้ำทิ้ง ข้าวไรซ์เบอร์รี่

#### Abstract

The use of effluence from aquaculture ponds to grow crops is a cost-effective way to reduce costs and efficiently use of resources. The nutrient contents in the effluence from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) tanks at a density of 20, 25 and 30 fish per tank were investigated. The effluence from the fish tanks was irrigated to Riceberry plants every 14 days. The best result showed at a density of 30 fish per tank, which had the highest contents of ammonia, nitrite and nitrate in the effluence from the Nile tilapia tank

throughout the experiment. This led to the best growth of rice, with a height of  $129.3 \pm 2.8$  cm. and  $19.2 \pm 2.1$  tillers per plant. In addition, the highest net profit of 105.20 baht per 1 fish tank and 1 rice plot was calculated. At the same density of 30 fish per tank, high phosphorus content in effluence from the hybrid catfish tank resulted in the best trend of rice yield. They were  $53.2 \pm 9.6$  grams per plant and  $446.7 \pm 113.4$  grams per plot and a high investment return (71.6%) was gained, whereas a rice height of  $115.4 \pm 8.5$  cm., a tiller of  $12.6 \pm 2.1$  per plant and a rice yield of  $266.0 \pm 132.2$  grams per rice plot were found in the plants irrigated from tap water. Overall, the results indicated that the use of effluence from Nile tilapia and hybrid catfish tanks at a density of 30 fish per tank in order to stimulate growth and yield of Riceberry plants are technically and economically feasible.

**Keywords:** fish stocking density, effluent nutrients, Riceberry

## บทนำ

น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ประมาณ 17-27 และ 2-6 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ (Raczynska *et al.*, 2012) หากปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในแหล่งน้ำ ดังนั้นการนำน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำไปใช้รดให้กับพืชที่ปลูกบนดิน เป็นการใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้งที่คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงอีกวิธีการหนึ่ง และจากพฤติกรรมการกินอาหารของปลาโดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาดุกพบว่าการสะสมอาหารที่เหลือ และขับถ่ายของเสียออกมาในน้ำจำนวนมาก มีธาตุอาหารในปริมาณสูง สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยในการเกษตรได้ (Sikawa and Yakupitiyage, 2010) จากการทดลองนำน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาไปใช้รดต้นข้าวสาลี พบว่าให้ผลผลิต 2,140–5,790 กิโลกรัมต่อพื้นที่ 10,000 ตารางเมตร ซึ่งให้ผลผลิตเทียบเท่ากับการปลูกข้าวสาลีโดยใช้ปุ๋ยที่ใช้กันโดยทั่วไป (Wood *et al.*, 2001) แต่จากการทดลองนำน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาดุกผสมไปใช้ในการปลูกข้าวพบว่าให้ผลผลิต 2.86–3.08 ตันต่อพื้นที่ 10,000 ตารางเมตร (Lan, 1999) ซึ่งประมาณ 75% ของผลผลิตข้าวที่ปลูกโดยวิธีดั้งเดิมของชาวนาในเอเชีย (4.466 ตันต่อ 10,000 ตารางเมตร) (FAO, 2012) จากผลการทดลองดังกล่าวแม้ผลผลิตข้าวที่ได้ต่ำกว่าผลผลิตที่ได้โดยทั่วไป แต่แสดงให้เห็นว่าน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการปลูกข้าวได้ แต่อาจจะมีปริมาณธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งการปลูกข้าวตามคำแนะนำของศูนย์บริการวิชาการเกษตร จะใส่ปุ๋ย  $N-P_2O_5-K_2O$  ในอัตรา 14-6-0 กิโลกรัมต่อไร่ (Cheun-im *et al.*, 2010) ดังนั้นการนำน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลามาใช้เพื่อเป็นธาตุอาหารในการปลูกข้าวควรมีการจัดการให้มีปริมาณธาตุอาหารเพียงพอต่อความต้องการของข้าว เช่น การใช้น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาร่วมกับการใส่ปุ๋ย หรือการใช้น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาที่มีความหนาแน่นสูง เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลาที่มีความสัมพันธ์กับชนิด ความหนาแน่นและขนาดของปลา

งานวิจัยนี้จึงศึกษาปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลและปลาดุกผสมที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน เพื่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่ รวมถึงศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการเลี้ยงปลาที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน เพื่อการใช้ทรัพยากรที่คุ้มค่า รวมถึงการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมทางน้ำและการพัฒนาการเกษตรแบบยั่งยืน

## อุปกรณ์ และวิธีการ

### การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ศึกษาผลของความหนาแน่นของปลานิลและปลาตุ๊กตากลผสมต่อปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้ง ประกอบด้วย 6 ชุดการทดลอง (treatments) คือชุดการทดลองที่ 1-3 เลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 20, 25 และ 30 ตัวต่อถังตามลำดับ ชุดการทดลองที่ 4-6 เลี้ยงปลาตุ๊กตากลผสมที่ความหนาแน่น 20, 25 และ 30 ตัวต่อถังตามลำดับ แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ (replications) ตอนที่ 2 ศึกษาผลของน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาที่อัตราความหนาแน่นต่างกันต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่ ประกอบด้วย 7 ชุดการทดลอง คือชุดการทดลองที่ 1-3 แปลงนาที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 20, 25 และ 30 ตัวต่อถังตามลำดับ ชุดการทดลองที่ 4-6 แปลงนาที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลาตุ๊กตากลผสมที่ความหนาแน่น 20, 25 และ 30 ตัวต่อถังตามลำดับ และชุดการทดลองที่ 7 แปลงนาที่ได้รับน้ำจากถังพักน้ำ ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ

### วิธีการทดลอง

#### ตอนที่ 1 ศึกษาผลของความหนาแน่นของปลานิลและปลาตุ๊กตากลผสมต่อปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้ง

เลี้ยงปลานิลและปลาตุ๊กตากลผสมขนาดน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 30 กรัม อัตราความหนาแน่น 20, 25 และ 30 ตัวต่อถัง ในถังไฟเบอร์ขนาด 500 ลิตร เติมน้ำ 300 ลิตร จำนวน 18 ถัง ให้ปลากินอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 32% ให้กินจนอิ่มภายใน 30 นาที วันละ 2 ครั้ง ทดลองเป็นเวลา 112 วัน ซึ่งน้ำหนักปลา วัดปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสฟอรัส ในน้ำจากถังเลี้ยงปลา ตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำ (APHA - AWWA - WPCF, 2012) และเปลี่ยนน้ำใหม่ 100% ทุกๆ 14 วัน และชั่งน้ำหนักปลาทุก ๆ 14 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองชั่งน้ำหนักและนับจำนวนปลาทดลองแต่ละถัง นำมาคำนวณต้นทุน รายได้ และกำไรของแต่ละชุดการทดลอง ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ต้นทุน} = (\text{จำนวนลูกปลา} \times \text{ราคาลูกพันธุ์ปลา}) + (\text{ปริมาณอาหารปลา (กก.)} \times \text{ราคาอาหารปลา})$$

$$\text{รายได้จากการขายปลา} = \text{น้ำหนักปลา (กก.)} \times \text{ราคาปลา (บาท)}$$

$$\text{กำไรจากการเลี้ยงปลา} = \text{รายได้จากการขายปลา} - \text{ต้นทุน}$$

#### ตอนที่ 2 ศึกษาผลของน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาที่อัตราความหนาแน่นต่างกันต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่

นำต้นกล้าข้าวไรซ์เบอร์รี่ขนาดอายุ 14 วันจำนวน 10 ต้น ปักดำในแปลงที่จัดทำด้วยท่อซีเมนต์ขนาดพื้นที่ 0.785 ตารางเมตร (เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 0.5 เมตร) ที่รองพื้นด้วยดินนาผสมปุ๋ยคอกในอัตรา 15 กิโลกรัมต่อดิน 300 กิโลกรัม จำนวน 21 แปลง นำน้ำทิ้ง 100 ลิตร จากถังเลี้ยงปลาของการทดลองในตอน ที่ 1 ปล่อยกลงสู่แปลงนาทุกๆ 14 วัน วัดความสูงของต้นข้าว ทุกๆ 14 วันและวัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (a) คลอโรฟิลล์บี (b) และคลอโรฟิลล์รวม (total chlorophyll) ของใบข้าวในช่วงข้าวแตกกอ ตามวิธีการของ La-ongsri (2008) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง วัดผลผลิตข้าวจากจำนวนรวงต่อกอ น้ำหนักเมล็ดต่อกอและน้ำหนัก

ผลผลิตรวมต่อแปลง นำมาคำนวณรายได้ กำไรสุทธิ และผลตอบแทนต่อการลงทุนจากการเลี้ยงปลาและปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ จากสมการดังนี้

รายได้จากการขายข้าว = น้ำหนักข้าวเปลือก (กก.) X ราคาข้าว (บาท)

กำไรสุทธิ = รายได้จากการขายปลา + รายได้จากการขายข้าว - ต้นทุน

ผลตอบแทนต่อการลงทุน = (กำไรสุทธิ/ต้นทุนทั้งหมด) x 100

### วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

คำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ของข้อมูลต่างๆ ในแต่ละชุดการทดลอง วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ one way ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรม SPSS

### ผลการวิจัย

#### ผลของความหนาแน่นของปลานิลและปลาตะกวดผสมต่อปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้ง

จากการชั่งน้ำหนักปลาและวัดปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรท และฟอสฟอรัส ในน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาที่ปล่อยลงสู่แปลงปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่าน้ำหนักปลาทดลองเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่อายุ 112 วัน ปลานิลที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่นที่ต่างกันทั้ง 3 ระดับมีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ซึ่งมีค่าระหว่าง  $140.1 \pm 21.1$  –  $151.7 \pm 9.9$  กรัม แต่มีค่าสูงกว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลาตะกวดผสมที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่นที่ต่างกันทั้ง 3 ระดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเพียง  $80.6 \pm 11.8$  –  $99.7 \pm 26.3$  กรัม

ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรท และฟอสฟอรัสในน้ำจากถังเลี้ยงปลาเพิ่มขึ้นตามขนาดของปลา และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับความหนาแน่นของปลา นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลมีปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจน และไนเตรท สูงกว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาตะกวดผสม (Figure 1A – C) แต่น้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาตะกวดผสมมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิล ยกเว้นในวันที่ 98 และ 112 ของการทดลอง (Figure 1D) และพบว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถังมีปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจน และไนเตรท สูงที่สุดตลอดการทดลอง ซึ่งมีค่าระหว่าง 0.44 – 1.15, 0.17– 0.46 และ 5.90 – 11.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงสุด ในวันที่ 98 และ 112 ของการทดลอง ที่มีค่าเท่ากับ 0.138 และ 0.152 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ส่วนน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาตะกวดผสมที่ความหนาแน่น 20 ตัวต่อถังมีปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจน และไนเตรท น้อยที่สุดตลอดการทดลอง คือมีค่าระหว่าง 0.04 – 0.65, 0.06 – 0.09 และ 1.97 – 6.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

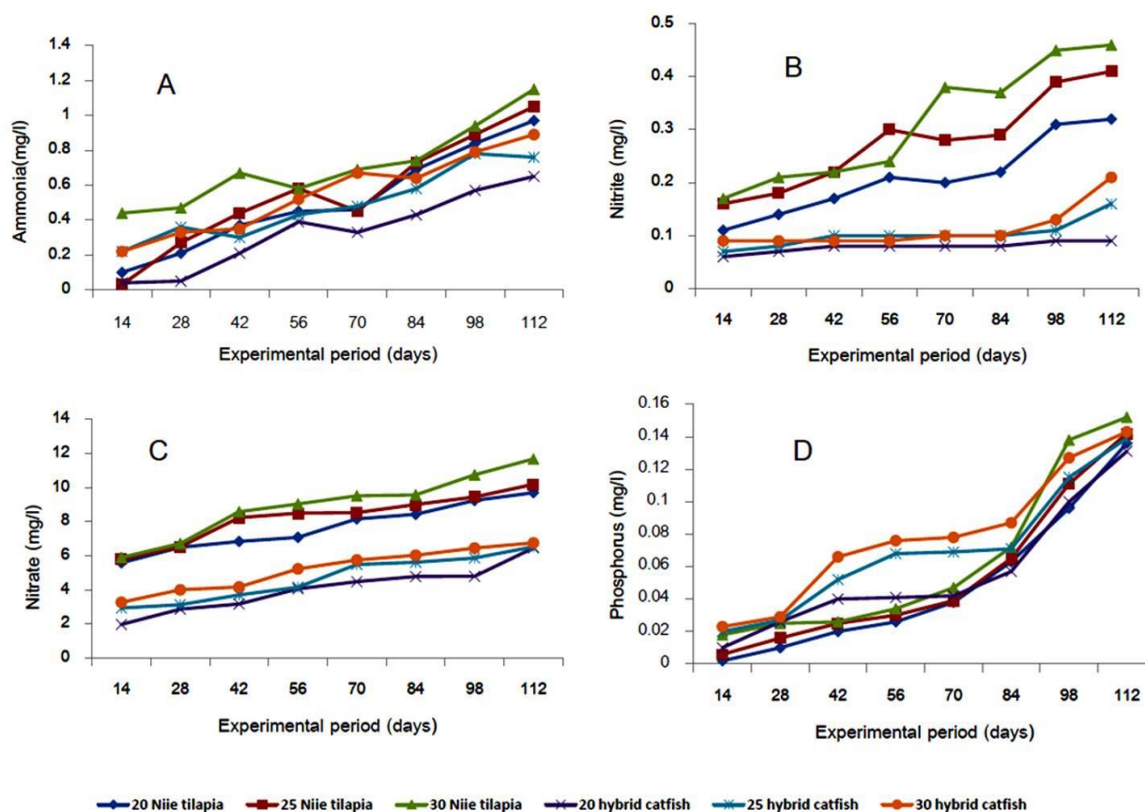


Figure 1 Nutrient concentrations from fish tanks; (A) ammonia; (B) nitrite; (C) nitrate; (D) phosphorus

### ผลของน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่

จากการวัดความสูงของต้นข้าวทุก ๆ 14 วัน พบว่าต้นข้าวที่ได้รับน้ำจากถังพักน้ำและจากถังเลี้ยงปลานิลและปลาดุกลูกผสมในอัตราความหนาแน่นต่างกัน มีความสูงแตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงระยะของการเจริญเติบโตและระยะต้นข้าวแตกกอ คือระหว่างวันที่ 42 – 70 ของการทดลอง ต้นข้าวที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถังมีความสูงระหว่าง  $76.0 \pm 6.1 - 121.7 \pm 23.8$  เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่า ต้นข้าวที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลาดุกลูกผสมและจากถังพักน้ำ ที่มีความสูงเพียง  $71.2 \pm 6.2 - 113.4 \pm 14.2$  เซนติเมตร และ  $69.3 \pm 6.1 - 88.6 \pm 6.2$  เซนติเมตร ตามลำดับ (Figure 2) นอกจากนี้ยังพบว่าต้นข้าวที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง มีใบสีเขียวเข้มต่างจากต้นข้าวที่ได้รับน้ำจากถังพักน้ำอย่างเห็นได้ชัดเจน (Figure 2)



Figure 2 Rice height and rice leaf color under irrigated from 30 fish Nile tilapia tank (left) and irrigated from tap water (right)

จากการนำใบข้าวมาวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวมีแนวโน้มสูงขึ้นตามความหนาแน่นของปลา แต่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ยกเว้นใบข้าวที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลาตู้กลมผสมที่อัตราความหนาแน่น 20 ตัวต่อถัง ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี น้อยกว่าใบข้าวที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลาตู้กลมผสมที่อัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง และผลการทดลองพบว่าใบข้าวที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลาตู้กลมผสมที่อัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวม มีค่าเท่ากับ  $2.99 \pm 0.97$ ,  $1.12 \pm 0.24$  และ  $4.10 \pm 1.20$  มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด 1 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าใบข้าวที่ได้รับน้ำจากถังพักน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวม เพียง  $1.93 \pm 0.25$ ,  $0.71 \pm 0.15$  และ  $2.64 \pm 0.35$  มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด 1 กรัม ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Effects of effluence from fish tanks on rice leaf chlorophyll content (mg/g fresh weight) and rice yields

Treatments	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total chlorophyll	Tiller per plant	Grain yield per plant (g)	Total grain yield (g)
20 tilapia	$2.52 \pm 0.42^{ab}$	$0.82 \pm 0.16^{ab}$	$3.33 \pm 0.57^{ab}$	$15.1 \pm 3.1^{abc}$	$51.2 \pm 8.6^a$	$421.9 \pm 65.9^a$
25 tilapia	$2.76 \pm 0.21^{ab}$	$0.92 \pm 0.09^{ab}$	$3.68 \pm 0.18^{ab}$	$18.3 \pm 4.2^{ab}$	$50.1 \pm 4.2^a$	$400.9 \pm 33.5^a$
30 tilapia	$2.87 \pm 0.61^{ab}$	$0.95 \pm 0.20^{ab}$	$3.82 \pm 0.79^{ab}$	$19.2 \pm 2.1^a$	$51.9 \pm 6.5^a$	$430.3 \pm 27.6^a$
20 catfish	$2.28 \pm 0.47^{ab}$	$0.74 \pm 0.12^b$	$3.02 \pm 0.59^{ab}$	$13.6 \pm 0.4^{bc}$	$41.2 \pm 2.8^{ab}$	$329.5 \pm 50.7^{ab}$
25 catfish	$2.83 \pm 0.56^{ab}$	$1.04 \pm 0.23^{ab}$	$3.86 \pm 0.46^{ab}$	$15.5 \pm 1.6^{abc}$	$46.5 \pm 7.8^a$	$389.4 \pm 90.4^a$
30 catfish	$2.99 \pm 0.97^a$	$1.12 \pm 0.24^a$	$4.10 \pm 1.20^a$	$17.8 \pm 6.7^{ab}$	$53.2 \pm 9.6^a$	$446.7 \pm 113.4^a$
Tap water	$1.93 \pm 0.25^b$	$0.71 \pm 0.15^b$	$2.64 \pm 0.35^b$	$12.6 \pm 2.1^c$	$31.7 \pm 7.2^b$	$266.0 \pm 132.2^b$

Data presented as means  $\pm$  SD and values in the same column with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ )

เมื่อสิ้นสุดการทดลองในระยะเก็บเกี่ยว พบว่าต้นข้าวที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลาชนิดต่างกันและความหนาแน่นต่างกันมีจำนวนรวงต่อกอ น้ำหนักเมล็ดต่อกอและผลผลิตต่อแปลง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่มีแนวโน้มสูงขึ้นตามความหนาแน่นของปลา ยกเว้นแปลงนาที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลาปลูกผสมที่อัตราความหนาแน่น 20 ตัวต่อถัง มีจำนวนรวงต่อกอน้อยกว่าแปลงนาที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลาปลูกผสมที่อัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และแปลงนาที่ได้รับน้ำจากถังเลี้ยงปลานิลและถังเลี้ยงปลาปลูกผสมที่อัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อถังมีจำนวนรวงต่อกอ น้ำหนักเมล็ดต่อกอ และผลผลิตต่อแปลง มากกว่าแปลงนาที่ได้รับน้ำจากถังพักน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (Table 1)

#### ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการเลี้ยงปลาที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน

จากการศึกษาต้นทุนการผลิต รายได้ และกำไร จากการเลี้ยงปลานิลและปลาปลูกผสมที่ความหนาแน่นต่างกัน พบว่าต้นทุนการผลิต รายได้ และกำไร เพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นของปลาที่เพิ่มขึ้น และการเลี้ยงปลานิลมีต้นทุนการผลิต รายได้ และกำไร มากกว่าการเลี้ยงปลาปลูกผสม โดยการเลี้ยงปลานิลมีต้นทุนซึ่งคิดเฉพาะค่าลูกพันธุ์และค่าอาหารปลา มีค่าระหว่าง 154.8 – 184.6 บาทต่อถัง รายได้มีค่าระหว่าง 181.5 – 279.0 บาทต่อถัง และมีกำไร ระหว่าง 26.7 – 94.4 บาทต่อถัง ในขณะที่การเลี้ยงปลาปลูกผสม มีต้นทุนการผลิตระหว่าง 76.8 – 119.3 บาทต่อถัง รายได้มีค่าระหว่าง 119.7 – 192.3 บาทต่อถัง และมีกำไร ระหว่าง 42.9 – 73.9 บาทต่อถัง และพบว่าการเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง มีต้นทุนการผลิตสูงที่สุดคือ 184.6 บาทต่อถัง และมีกำไรสูงที่สุด คือ 94.4 บาทต่อถัง

เมื่อพิจารณาผลตอบแทนการลงทุนจากการเลี้ยงปลาและการปลูกข้าวพบว่าการเลี้ยงปลาปลูกผสมมีผลตอบแทนการลงทุนระหว่าง 67.9 – 74% ซึ่งมีค่าสูงกว่าผลตอบแทนการลงทุนของการเลี้ยงปลานิลที่มีค่าระหว่าง 24.0 – 56.6% นอกจากนี้ผลการทดลองครั้งนี้พบว่าการเลี้ยงปลาปลูกผสมที่อัตราความหนาแน่น 25 ตัวต่อถังมีผลตอบแทนการลงทุนสูงที่สุดคือ 74.0 % (Table 2)

**Table 2** Total input cost, income and net profit from rice and fish with different stocking densities

Parameter	Tap water	Nile tilapia pond			Catfish pond		
		20 fish	25 fish	30 fish	20 fish	25 fish	30 fish
Fish seed cost (baht)	-	40	50	60	20	25	30
Total feed (kg)		4.10	4.02	4.45	2.03	2.98	3.19
Fish feed cost (baht)	-	114.8	112.6	124.6	56.8	83.4	89.3
Yield of rice (kg)	0.2660	0.4219	0.4008	0.4303	0.3295	0.3894	0.4467
Income from rice (baht)	6.6	10.5	10.0	10.8	8.2	9.7	11.2
Yield of fish (kg)	-	2.42	3.25	3.72	1.71	2.56	2.76
Income from fish (baht)	-	181.5	243.8	279.0	119.7	179.1	192.3
Profit from fish (baht)	-	26.7	81.2	94.4	42.9	70.7	73.9
Net profit (baht)	6.6	37.2	91.2	105.2	51.2	80.6	84.7
Investment return (%)		24.0	56.1	56.6	67.9	74.0	71.6

**Note:** 2 baht per Tilapia seed, 1 baht per hybrid catfish seed, 28 baht per fish feed, 75 baht per kilogram Tilapia, 70 baht per kilogram hybrid catfish, 25 baht per kilogram rice

### วิจารณ์ผล

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าขนาดของปลา ความหนาแน่นของปลาและชนิดของปลาที่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้ง คือปริมาณ แอมโมเนีย ไนโตรที่ ไนเตรท และฟอสฟอรัส ในน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลามีปริมาณสูงขึ้นเมื่อปลาขนาดใหญ่ และการเลี้ยงปลาที่ความหนาแน่นมากขึ้น สอดคล้องกับสมดุลการใช้ อาหารและการสะสมพลังงาน ของปลาที่พบว่าการเลี้ยงปลานิลแต่ละตัวเมื่อกินอาหารไป 498.5 กรัม จะมีสารอินทรีย์ในน้ำ 150.7 กรัม (30.23%) และมีสารอินทรีย์ ในรูปของไนโตรเจน 7.3 กรัม (1.46%) (Ferreira *et al.*, 2015) ดังนั้นการเลี้ยงปลาที่ความหนาแน่นมาก ปลากินอาหารไปทั้งหมดมากกว่าการเลี้ยงที่ความหนาแน่นน้อย จึงทำให้มีปริมาณสารอินทรีย์ ในรูปของไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในน้ำทิ้งมากกว่า และจากผลการทดลองพบว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลมีปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรที่ และไนเตรท สูงกว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาตุ๊กตาสวม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปลานิลกินอาหารมากกว่าปลาตุ๊กตาสวม โดยตลอดการทดลองปลานิลกินอาหารไปทั้งหมด 12.57 กิโลกรัม ในขณะที่ปลาตุ๊กตาสวมกินอาหารไปทั้งหมดเพียง 8.2 กิโลกรัม จึงทำให้ปลานิลขับถ่ายของเสียในรูปของไนโตรเจนในปริมาณที่มากกว่าปลาตุ๊กตาสวม แต่น้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาตุ๊กตาสวมมีปริมาณฟอสฟอรัสในปริมาณที่สูงกว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิล ยกเว้นในช่วงวันที่ 98 และ 112 ของการทดลอง สอดคล้องกับประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาตุ๊กตาสวมที่พบว่าการใช้อาหารที่มีปริมาณไนโตรเจนรวม 95% และฟอสฟอรัสรวม 97% มีเพียง 14.5% ของไนโตรเจนรวม และ 10.10% ของฟอสฟอรัสรวม ที่ปลานำไปใช้ (Yi *et al.*, 2006) ดังนั้นจึงทำให้ฟอสฟอรัสเหลือตกค้างในน้ำทิ้งในปริมาณมาก

ผลจากการนำน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาปล่อยลงแปลงนาข้าวไรซ์เบอร์รี่ชี้ให้เห็นว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลามีธาตุอาหารที่ข้าวไรซ์เบอร์รี่นำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตและมีผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับแปลงนาที่ได้รับน้ำจากถังพักน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นข้าวที่ได้รับน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง มีผลทำให้



ต้นข้าวมีแนวโน้มเจริญเติบโตและจำนวนรวงต่อกอมากที่สุด ส่วนต้นข้าวที่ได้รับน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาถูก ลูกผสมที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง มีผลทำให้ผลผลิตข้าวมีแนวโน้มสูงที่สุด ซึ่งการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวสอดคล้องกับปริมาณธาตุอาหารในน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลา คือน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลมีไนโตรเจนสูง จึงทำให้ต้นข้าวเจริญเติบโตและแตกกอมาก เนื่องจากต้นข้าวนำไนโตรเจน ไปใช้ในการสร้างใบ ลำต้น และราก เพื่อเพิ่มพื้นที่ใบ จำนวนหน่อ ขนาดของกอ และรากให้มากขึ้น (Fageria, 2007) ส่วนน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาถูก ลูกผสมมีปริมาณฟอสฟอรัสสูง จึงมีผลทำให้ได้ผลผลิตมาก เนื่องจากฟอสฟอรัส เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการ ออกดอก ติดเมล็ด และการพัฒนาของเมล็ดและผล (Wangnai, 2009) นอกจากนี้ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่าน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลา มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวไรซ์เบอร์รี่ ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลาประกอบด้วยสารอินทรีย์ และแร่ธาตุ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และธาตุอื่นๆ ที่มีส่วนช่วยในการสร้างคลอโรฟิลล์ ซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของพืช (Naenon *et al.*, 2017)

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของปลาแสดงให้เห็นว่าปลานิลเจริญเติบโตดีกว่าปลาดุกลูกผสมคือเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 112 วัน (อายุปลาประมาณ 6 เดือน) ปลานิลมีน้ำหนักเฉลี่ย  $140.1 \pm 21.1 - 151.7 \pm 9.9$  กรัมต่อตัว ในขณะที่ปลาดุกลูกผสมมีน้ำหนักเฉลี่ย  $80.6 \pm 11.8 - 99.7 \pm 26.3$  กรัมต่อตัว คล้ายคลึงกับผลการทดลองของ Prarom *et al.* (2011) ที่พบว่าปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงในถังไฟเบอร์เป็นระยะเวลา 6 เดือนมีน้ำหนักเฉลี่ยเพียง  $92.78 \pm 1.65$  กรัม เมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการเลี้ยงปลานิลและปลาดุกลูกผสม พบว่าการเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง มีกำไรสุทธิสูงที่สุดคือ 105.2 บาทต่อปลา 1 ถังและข้าว 1 แปลง ทั้งนี้เนื่องจากปลานิลที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง มีผลผลิตสูงที่สุดคือ 3.72 กิโลกรัมต่อถัง เมื่อจำหน่ายผลผลิตจึงทำให้มีผลกำไรสูงที่สุด แต่เมื่อคำนวณผลตอบแทนการลงทุนพบว่า การเลี้ยงปลานิลมีผลตอบแทนการลงทุนต่ำกว่าการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ทั้งนี้เนื่องมาจากลูกพันธุ์ปลานิลราคาสูงกว่าลูกพันธุ์ปลาดุกลูกผสมอีกทั้งปลานิลกินอาหารมากกว่าปลาดุกลูกผสม จึงทำให้การเลี้ยงปลานิลมีต้นทุนสูงส่งผลทำให้ผลตอบแทนการลงทุนต่ำกว่าการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม

ดังนั้นการนำน้ำทิ้งจากถังเลี้ยงปลานิลและปลาดุกลูกผสมที่ความหนาแน่น 30 ตัวต่อถังมาใช้เพื่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่ จึงมีความเป็นไปได้ทั้งด้านวิธีการและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สามารถนำไปปรับใช้ในสภาพพื้นที่จริงโดยเลี้ยงปลาในบ่อดินควบคู่กับแปลงนา และนำน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาปล่อยทิ้งลงสู่แปลงนา นอกจากนี้หากมีการศึกษาเพิ่มเติมนำน้ำทิ้งทั้งจากถังเลี้ยงปลานิลและปลาดุกลูกผสมลงในแปลงนาเดียวกันเพื่อปรับความสมดุลย์ของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส น่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะทำให้ผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มสูงขึ้น

### คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณนิสิตหลักสูตรการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ช่วยเหลือในเก็บรวบรวมข้อมูล งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี พ.ศ. 2558

## เอกสารอ้างอิง

- APHA-AWWA-WPCF. 2012. Standard method for the examination of water and waste water. 22<sup>th</sup>ed., Washington, D.C.
- Cheun-im, N., Wiwat Ingkapradit, W., Keethapirom, S. and Sinbuathong, N. 2010. The application of chemical fertilizers on paddy field according to the soil analysis data. *In: Proceedings of 48<sup>th</sup> Kasetsart University Annual Conference: Plants.* pp 325-332. [in Thai]
- Fageria, N. K. 2007. Yield Physiology of Rice. *J. Plant Nutr.* 30 (6); 843-879.
- FAO. 2012. FAO statistical yearbook 2012. Food and agriculture organization of the United Nations Rome.
- Ferreira, J.G., Falconer, L., Kittiwanch, J., Ross, L., Saurel, C., Wellman, K., Zhuf, C.B. and Suvanacha, P. 2015. Analysis of production and environmental effects of Nile tilapia and white shrimp culture in Thailand. *Aquaculture* 447: 23–36.
- Lan, M.L. 1999. Use of wastewater from Intensive hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* × *C. gariepinus*) pond culture as fertilizer for rice crop. MSc. Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 76 pp.
- La-ongsri, S. 2008. A Study on Chlorophyll Content of Fresh Tea Leaf. *Agricultural Sci. J.* 39(3) (Suppl.): 178-181. [in Thai]
- Naenon, T., Pengsom, N. and Phakamas, N. 2017. Influence of nitrogen fertilizer on the correlation between chlorophyll contents and yield of *Panicum maximum* cv. Mombasa. *KHON KAEN AGR. J.* 45(1) (Suppl.): 1009-1015. [in Thai]
- Prarom, W., Jaturong, S., Choncham, A., Sriboonruang, A., Kaewdee, S. and Upakarat, N. 2011. Wastewater biofilter of Hybrid *Clarias* Catfish culture in fiberglass tanks with different amount of Vetiver grasses. Technical Paper No. 10/ 2011. Phayao Inland Fisheries Research and Development Center, Inland Fisheries Research and Development Bureau, Department of Fisheries. [in Thai]
- Raczynska, M., Machula, S. Choinski, A. and Sobkowiak, L.. 2012. Influence of the fish pond aquaculture effluent discharge on abiotic environmental factors of selected rivers in Northwest Poland. *Acta Ecologic Sinica.* 32: 160-164.
- Sikawa, D.C. and Yakupitiyage, A. 2010. The hydroponic production of lettuce (*Lactuca sativa* L.) by using hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* × *C. gariepinus*) pond water: Potentials and constraints. *Agric Water Manag.* 97: 1317–1325.
- Wangnai, W. 2009. Nutrients and crop production. V.B. book center. Bangkok. 371 pp. [in Thai]

- Wood, C.W., Meso, B.M., Ververica, K.L. and Karanja, N. 2001. Kenya investigation of pond effluent for crops yields recommendations. *Aquanews*. 16: 13–15.
- Yi, Y., Lan L.M. and Lin, C.K. 2006. Using effluents from an intensive catfish (*Clarias macrocephalus* × *C. gariepinus*) culture pond to irrigate rice crop. In: Ohgaki S, Fukushi K, Katayama H, Takizawa S, Polprasert C (eds.). *Southeast Asian Water Environment I - Biodiversity and Water Environment*. International Water Association, IWA Publishing, London, UK.