

การประเมินศักยภาพแหล่งน้ำต่อการรองรับปริมาณการเลี้ยงปลาในกระชังที่เป็นมิตรกับ สิ่งแวดล้อมในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว จังหวัดอุตรธานี และกาฬสินธุ์

อนุพงษ์ สนิทชน ^๑ ศิราณี งอยจันทร์ศรี ^๒ ทิวรัตน์ เถลิงเกียรติลีลา ^๓

และ บรรพต พิชคำ ^๔

^๑ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดหนองคาย

^๒ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดนครพนม

^๓กองวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด

^๔ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดเขต ๔ (อุตรธานี)

บทคัดย่อ

การประเมินศักยภาพแหล่งน้ำต่อการรองรับปริมาณการเลี้ยงปลาในกระชังที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว จังหวัดอุตรธานีและกาฬสินธุ์ ได้ดำเนินการศึกษาระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 โดยการสัมภาษณ์ข้อมูลการเลี้ยงปลานิลในกระชัง การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลา วิเคราะห์ฟอสฟอรัสในเนื้อปลา เพื่อนำข้อมูลมาประเมินศักยภาพของแหล่งน้ำต่อการรองรับปริมาณการเลี้ยงปลานิลในกระชัง โดยไม่ทำให้คุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวเสื่อมโทรม

ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวพบว่ายังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่สัตว์น้ำสามารถอาศัยอยู่ได้ และมีการเปลี่ยนแปลงที่ระหว่างฤดูกาลที่ชัดเจน ได้แก่ อุณหภูมิ ออกซิเจนละลายน้ำ ไนโตรเจน ไนเตรท ออร์โธฟอสเฟต คลอโรฟิลล์ เอ และ บีโอดี

การประเมินศักยภาพของแหล่งน้ำต่อการรองรับปริมาณการเลี้ยงปลานิลในกระชัง พบว่าอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวมีความสามารถรองรับการผลิตปลานิลได้ 11,105 ตันต่อ 98 ตร.ม.ต่อปี คิดเป็นจำนวนกระชัง 6,563 กระชังต่อการเลี้ยงปลา 1.5 รุ่นต่อปี ปัจจุบันมีกระชังในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว จำนวน 12,756 กระชัง ซึ่งมีปริมาณมากกว่าศักยภาพที่รองรับได้ 1.94 เท่า มีแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวต่อไปได้ แต่ในปัจจุบันจากการศึกษาคุณภาพน้ำพบว่ายังไม่ได้รับผลกระทบจากการเลี้ยงปลานิลในกระชัง เนื่องจากการเลี้ยงปลานิลในกระชังในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวไม่ได้ดำเนินการเลี้ยงครบทุกกระชังในทุกช่วงเวลา เพราะมีปัจจัยที่ควบคุมปริมาณการเลี้ยงทั้งในเรื่องของราคาผลผลิตค้ำกับการลงทุนฤดูกาลที่มีผลต่อคุณภาพน้ำที่จะส่งการเลี้ยง และ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวหากมีปริมาณน้อย กระชังบางแห่งไม่สามารถเลี้ยงปลานิลได้

คำสำคัญ : ศักยภาพการรองรับ การเลี้ยงปลาในกระชัง อ่างเก็บน้ำ ลำปาว

**Assessment on Carrying Capacity of Lampao Reservoir for fish Cage Culture
with the Environmental Friendly Condition Located in, Udon Thani and
Kalasin Province**

Anupong Sanitchon ¹, Siranee Ngoichansri ², Tiwarat Thalerngkiet-leela ³
And Bunphod Phicchsom ⁴

¹ Nong Khai Inland Aquaculture Research and Development

² Nakhon Phanom Inland Aquaculture Research and Development

³ Inland Fisheries Research and Development Division

⁴ Inland Aquaculture Research and Development, Regional Center 4 (Udon Thani)

Abstract

Assessment on carrying capacity of Lampao Reservoir for fish Cage culture with the environmental friendly condition located in Udon Thani and Kalasin provinces. The study was conducted between December 2017 and October 2018 by interviewing data on tilapia fish cage culture. Water quality analysis of phosphorus content in feed used for fish farming. Analysis of phosphorus in fish meat. To use data to assess the potential of water sources to support the amount of tilapia culture in the cages. Without degrading the water quality in the Lam Pao Reservoir.

The results of the study showed that the water quality in the Lam Pao Reservoir was found to be within the standard for aquatic animals to live. And there were clear changes during the season, including temperature, dissolved oxygen, nitrite, nitrate, orthophosphate, chlorophyll a and BOD.

Evaluation of the potential of water sources to the support of tilapia culture in the cage It was found that the Lam Pao Reservoir is capable of producing 25,899.33 tons of tilapia fish per 98 square meters per year, representing 11,480 cages per 2 generation of fish farming. Currently, there are 12,756 cages in Lam Pao Reservoir. The cages, which are 1,276 cages greater than the potential capacity, are likely to affect the water quality of the Lam Pao Reservoir further. But at present, the study of water quality found that it was not affected by tilapia in cages. This is because tilapia farming in cages in Lam Pao Reservoir is not fully cultivated in

every cage at all times. Because there are factors that control the amount of farming, both in terms of price, product, value for investment. Season that affects the quality of water to be delivered, rearing and the amount of water in the Lam Pao Reservoir, if there is a small quantity, some cages are unable to raise tilapia fish.

Key words : carrying capacity, fish cage, Reservoir, Lompao

คำนำ

อ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวเป็นอ่างเก็บน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านชลประทานและช่วยเหลือบรรเทาอุทกภัย มีพื้นที่ครอบคลุม 2 จังหวัด คือ ประกอบด้วย 7 อำเภอ ของจังหวัดกาฬสินธุ์ และ 2 อำเภอ ของจังหวัดอุดรธานี รวมพื้นที่ทั้งสิ้น ประมาณ 180,000 ไร่ ปัจจุบันนอกจากการใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร และการประมงแล้ว ยังเป็นพื้นที่เลี้ยงปลานิลในกระชังจำนวนมาก โดยพื้นที่การเลี้ยงส่วนใหญ่อยู่ในเขตอำเภอวังสามหมอ จังหวัดอุดรธานี อำเภอหนองกุงศรี อำเภอสหัสขันธ์ และอำเภอห้วยเม็ก จังหวัดกาฬสินธุ์มีจำนวนเกษตรกรที่เลี้ยงปลานิลในกระชังในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวทั้งสิ้น 523 ราย จำนวนกระชังเลี้ยงปลา 13,597 กระชัง พื้นที่การเลี้ยงทั้งหมด 312,103 ตารางเมตรซึ่งเป็นการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ทั้งสิ้น โดยใช้อาหารที่มีโปรตีนสูงในการเลี้ยง และมีการปล่อยปลาในอัตราค่อนข้างหนาแน่น การขยายตัวของกระชังเลี้ยงปลานิลในกระชังในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว มีแนวโน้มเพิ่มจำนวนมาก โดยมีบริษัทอาหารสัตว์น้ำให้การสนับสนุนเกษตรกรในรูปแบบ contact farming ส่งผลให้การเลี้ยงเพิ่มจำนวนมากขึ้น ทำให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำในด้านที่มีการปลดปล่อยแร่ธาตุอาหารลงสู่แหล่งน้ำในปริมาณมากจากการให้อาหาร และการขับถ่ายของเสียของสัตว์น้ำส่งผลให้มีการสะสมของธาตุอาหารในบริเวณที่มีการเลี้ยงปลากระชังมากขึ้น กลายเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง คุณภาพน้ำเสียโตรมลง อาจทำให้เกิดผลเสียต่อทรัพยากรสัตว์น้ำในแหล่งน้ำ และข้อขัดแย้งระหว่างผู้ใช้ประโยชน์ร่วมของแหล่งน้ำซึ่งพบปัญหาการตายของปลาในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว และการตายของปลานิลในกระชังจำนวนมากในปี 2555-2557 (manager online, 2557)

การประเมินศักยภาพแหล่งน้ำต่อการรองรับปริมาณการเลี้ยงปลาในกระชังนั้นมีความจำเป็นอย่างมาก ต้องมีการศึกษาเฉพาะพื้นที่ ไม่สามารถนำข้อมูลที่มีการศึกษาจากแหล่งน้ำอื่นมาใช้ได้โดยตรง เนื่องจากระบบนิเวศ ฤดูกาล รูปแบบกระชัง และวิธีการเลี้ยงที่มีความแตกต่างกันจึงทำให้ข้อมูลที่ใช้เป็นปัจจัยในการวิเคราะห์มีความแตกต่างกันการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษา มาใช้เฝ้าระวังผลกระทบที่จะเกิดขึ้น และใช้เป็นข้อมูลการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำที่ดี และทราบถึงขีดความสามารถในการรองรับของแหล่งน้ำเพื่อป้องกันการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันที่ส่งผลกระทบต่อปลากระชัง รวมถึงสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในอ่างเก็บน้ำซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นของทุกแหล่งน้ำในประเทศไทยที่ควรศึกษาเกี่ยวกับประเด็นนี้

วัตถุประสงค์

- 1 เพื่อประเมินศักยภาพแหล่งน้ำปิดต่อการรองรับปริมาณการเลี้ยงปลาในกระชังในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว
- 2 เพื่อประเมินจำนวนกระชังที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงในแหล่งน้ำปิด เป็นแนวทางกำหนดมาตรการการเลี้ยงปลาในกระชังให้เหมาะสมเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

วิธีการดำเนินการ

1. การวางแผนการศึกษา

1.1. การศึกษาเพื่อให้ทราบถึงศักยภาพของแหล่งน้ำต่อการรองรับปริมาณการเลี้ยงปลากระชัง และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยกำหนดพื้นที่ศึกษาคุณภาพน้ำออกเป็น 2 บริเวณ (ภาพที่ 2) ได้แก่

- บริเวณแหล่งน้ำที่ไม่มีกิจกรรมการเลี้ยงปลากระชัง เพื่อเป็นตัวแทนคุณภาพน้ำ (ปริมาณฟอสฟอรัส) ที่อยู่ในธรรมชาติ

- บริเวณที่การเลี้ยงปลาในกระชังเพื่อเป็นตัวแทนบริเวณที่มีการเพิ่มธาตุอาหารลงสู่แหล่งน้ำ (ปริมาณฟอสฟอรัส) จากกิจกรรมการเลี้ยงปลากระชัง

เก็บตัวอย่างน้ำในทั้งสองบริเวณ มาวิเคราะห์คุณภาพน้ำดังนี้

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ในการวิเคราะห์

คุณภาพน้ำ	เทคนิค/วิธีวิเคราะห์
ความลึก; Depth (m)	Depth meter
ความโปร่งแสงของน้ำ; Transparency (cm)	Secchi disc plate
อุณหภูมิน้ำ; Water Temperature (°C)	Conductivity meter
ความเค็ม;(ppt)	Salinometer
การนำไฟฟ้า; Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Conductivity meter
ความขุ่นใส; Turbidity (FTU)	Turbidity meter
ความเป็นกรดเป็นด่าง; pH	pH meter
ออกซิเจนละลาย; Dissolved Oxygen (mg/L)	Azide Modification*

คุณภาพน้ำ	เทคนิค/วิธีวิเคราะห์
ความเป็นด่าง; Alkalinity (mg/L as CaCO ₃)	Titrimetric method*
ความกระด้าง; Hardness (mg /L as CaCO ₃)	Titrimetric method*
ไนเตรทไนโตรเจน; NO ₃ -N (mg/L)	Cadmium Reduction method**
ไนไตรท์ไนโตรเจน; NO ₂ -N (mg/L)	Cadmium Reduction method**
แอมโมเนียไนโตรเจน; NH ₄ -N (mg/L)	Nesslerization method**
ออร์โธฟอสเฟต; Orthophosphate (mg/L)	Ascorbic acid method**
ฟอสเฟตรวม; Total phosphate (mg/L)	Ascorbic acid method**
คลอโรฟิลล์เอ; Chlorophyll a (mg/m ³)	Spectrophotometric method**
ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ BOD; Biochemical Oxygen Demand (mg/L)	Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน**

หมายเหตุ * วิเคราะห์ ณ จุดเก็บตัวอย่าง ** วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำ ในบริเวณอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวบริเวณที่มี และไม่มี การเลี้ยงปลาในกระชัง ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2560 ถึงเดือนตุลาคม 2561 ในช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงของการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ดังนี้

เดือนธันวาคม 2560 เป็นตัวแทนของช่วงเวลาการกักเก็บน้ำภายหลังการปิดประตูน้ำ

เดือนกุมภาพันธ์ 2561 เป็นตัวแทนของช่วงเวลาระดับน้ำเริ่มลดลง

เดือนเมษายน 2561 เป็นตัวแทนของช่วงเวลาน้ำลงต่ำสุด

เดือนมิถุนายน 2561 เป็นตัวแทนของช่วงเวลาดันฤดูฝน เริ่มมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ

เดือนสิงหาคม 2561 เป็นตัวแทนของช่วงเวลาฤดูฝน มีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมาก และน้ำเริ่มเข้าไปในบริเวณพื้นที่น้ำท่วมรอบบริเวณอ่างเก็บน้ำ

เดือนตุลาคม 2561 เป็นตัวแทนของช่วงเวลาที่มียกระดับน้ำสูงสุด



ภาพที่ 2 บริเวณจุดสุ่มสำรวจคุณภาพน้ำบริเวณที่มี และไม่มี การเลี้ยงปลากระชัง

1.2 การศึกษารูปแบบการเลี้ยงปลาในกระชังโดยใช้แบบสอบถามสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงปลากระชัง เพื่อเก็บข้อมูลการเลี้ยง ดังนี้

- จำนวน และขนาดของกระชัง
- ขนาดของปลานิลที่ปล่อยลงเลี้ยงและอัตราการปล่อย
- ชนิด และปริมาณการให้อาหาร
- ระยะเวลาการเลี้ยง
- ระยะเวลา และจำนวนรอบในการเลี้ยง
- อัตรารอด ผลผลิตต่อกระชัง

เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้ไปประกอบการหาข้อมูลอัตราการปล่อยปล่อยฟอสฟอรัสจากอาหารเม็ดลงสู่แหล่งน้ำจากรูปแบบ และปริมาณที่ให้ต่อรอบการเลี้ยง

1.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัส โดยการสุ่มตัวอย่างปลานิลที่เลี้ยงในกระชัง และอาหารของปลานิลเพื่อหาปริมาณฟอสฟอรัสในตัวปลา และอาหาร

- การศึกษาฟอสฟอรัสในอาหารสุ่มอาหารที่เกษตรกรใช้เลี้ยงในทุกระดับโปรตีนอาหาร และยี่ห้อตัวอย่างละ 3 ซ้ำ มาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อหาปริมาณฟอสฟอรัสที่อยู่ในอาหาร

- การศึกษาฟอสฟอรัสในตัวอย่างปลาโดยสุ่มเก็บตัวอย่างปลาในในพื้นที่ที่มีการเลี้ยงปลานิลในกระชัง จำนวน 2 ขนาด ได้แก่ขนาดปล่อยลงเลี้ยงพื้นที่ละ 3 ซ้ำๆ ละ 3 ตัว และขนาดก่อนจับขาย พื้นที่ละ 5 ซ้ำ ซ้ำ ละ 5 ตัว มาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อหาปริมาณฟอสฟอรัสที่อยู่ในตัวปลา

1.4 การศึกษาการเปลี่ยนถ่ายน้ำในพื้นที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว โดยเก็บรวบรวมข้อมูลอุทกวิทยาแหล่งน้ำ ใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากกรมชลประทานรวบรวมไว้ในรอบ 10 ปี ระหว่างปี 2551 – 2561 (ข้อมูลที่น่ามาใช้ในการศึกษาจะคำนวณโดยตัดข้อมูลในปีที่มีความมากที่สุดและค่าน้อยที่สุดออก) เพื่อหาปริมาณที่สามารถกักเก็บไว้ที่สามารถรองรับการเลี้ยงปลากระชังได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำ ความลึกเฉลี่ย ปริมาณการกักเก็บน้ำ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ เป็นต้น

2. การรวบรวมข้อมูล

2.1 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำตัวอย่างน้ำที่สุ่มรวบรวมจะดำเนินการวิเคราะห์ตามแต่ละวิธีการดังในตารางที่ 1 โดยแบ่งพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1) ดัชนีคุณภาพน้ำที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างในภาคสนามได้แก่ ความลึกสภาพการนำไฟฟ้า (EC) ความเค็มความโปร่งแสง (Transparency) อุณหภูมิน้ำความเป็นกรด-ด่าง (pH) ออกซิเจนละลาย (DO) ความเป็นด่าง (Alkalinity) ความกระด้าง (Hardness)

2) ดัชนีคุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ในภาคสนาม (ภายใน 12 ชั่วโมง) ได้แก่ไนโตรเจน (NO₂-N) แอมโมเนีย (NH₃-N) และคลอโรฟิลล์เอ (Chlorophyll-a)

3) ดัชนีคุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการได้แก่ ออร์โธฟอสเฟตฟอสเฟตทั้งหมด (TP) และไนโตรเจนทั้งหมด (TN)

2.2 ข้อมูลรูปแบบการเลี้ยงปลานิลในกระชัง จากแบบสัมภาษณ์

2.3 ปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่างปลา จากการสุ่มตัวอย่างปลาส่งตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

2.4 ข้อมูลอุทกวิทยาของอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว ในรอบ 10 ปี ระหว่างปี 2551 – 2561

3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การประเมินการเปลี่ยนแปลงระดับความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ โดยนำข้อมูลที่ศึกษาในพารามิเตอร์ที่เป็นค่าบ่งชี้ระดับความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำมาประเมินหาความสัมพันธ์ ระดับการเปลี่ยนแปลงในรอบปี และการบ่งชี้ระดับความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ ซึ่งประกอบด้วยจากค่า Chlorophyll-a, TN, TP และค่าสัดส่วนระหว่าง 2 พารามิเตอร์ เช่น TN:TP ratio, Chlo-a:TP ratio, Chlo-a:MEI ratio

3.2 การประเมินศักยภาพของแหล่งน้ำต่อการรองรับการเลี้ยงปลานิลในกระชังที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วยดุลฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยการนำตัวอย่างอาหารเม็ดสำเร็จรูปแบบลอยน้ำที่เกษตรกรใช้เลี้ยง

ปลาและตัวอย่างปลาที่เลี้ยงในกระชังวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และในส่วนของอาหารวิเคราะห์ ส่วนประกอบอาหารเพิ่มเติม รวบรวมข้อมูลอุทกวิทยาของแหล่งน้ำ เช่น ปริมาณการไหลของน้ำ น้ำท่า การเปลี่ยนถ่ายน้ำของบริเวณพื้นที่(จากการเปิด-ปิดเขื่อน) นำข้อมูลจากการศึกษาคุณภาพน้ำและส่วนปริมาณ การจับถ่ายของเสียของปลา (ที่ได้จากที่มีผู้ศึกษาไว้แล้ว) มาประเมินถึงความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ ทั้ง การประเมินในรอบ ตามช่วงฤดูกาล และตามพื้นที่แหล่งน้ำ ตามวิธีของ Beveridge (1984) โดยประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ขั้นตอนการประเมินปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ปล่อยลงแหล่งน้ำจากการเลี้ยงปลาในกระชัง

$$[Lp] = [P]_{\text{food}} - [P]_{\text{fish}} \dots\dots\dots (1)$$

[Lp] = ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ปล่อยลงแหล่งน้ำจากการเลี้ยงปลาในกระชัง

[P]_{food} = ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่มีในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลา (กกTP/กระชัง/รุ่น)

[P]_{fish} = ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่สะสมเพิ่มขึ้นในตัวปลา (กกTP/กระชัง/รุ่น)

- 2) ขั้นตอนการประเมินปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่สะสมมีในแหล่งน้ำจากการเลี้ยงปลาในกระชัง

$$[P] = [Lp * (1 - Rp)] / Z * p \dots\dots\dots (2)$$

[P] = ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่มีในแหล่งน้ำ

Lp = ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ปลาขับถ่ายต่อปี

Rp = สัดส่วนของฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ดินตะกอนดูดซับไว้

Z = ความลึกเฉลี่ยของแหล่งน้ำ

p = อัตราการเปลี่ยนถ่ายของปริมาตรน้ำต่อปี

- 3) ขั้นตอนการประเมินปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่แหล่งน้ำสามารถรองรับเพิ่มได้จากกิจกรรมการเลี้ยงปลาในกระชังในแหล่งน้ำนั้น

$$\Delta [P] = [P]_f - [P]_i \dots\dots\dots (3)$$

$\Delta [P]$ = ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่แหล่งน้ำสามารถรับเพิ่มได้จากการเลี้ยงปลาในกระชัง

[P]_f = ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ยอมให้มีได้ในแหล่งน้ำภายหลังการเลี้ยงปลาในกระชัง

[P]_i = ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่มีในแหล่งน้ำก่อนเลี้ยงปลา

- 4) ขั้นตอนการประเมินปริมาณผลผลิตปลานิลทั้งหมดที่สามารถเลี้ยงได้ในแหล่งน้ำว่ามีจำนวนเท่าไร

- 5) ขั้นตอนการประเมินจำนวนกระชังที่สามารถเลี้ยงได้ในแหล่งน้ำว่ามีจำนวนเท่าไร

- 6) ขั้นตอนการประเมินพื้นที่กระชังที่ยอมให้เลี้ยงได้ต่อพื้นที่แหล่งน้ำ

- 7) ขั้นตอนการประเมินปริมาณกระชังที่สามารถเลี้ยงในแต่ละฤดูกาล

- 8) ขั้นตอนการประเมินปริมาณกระชังที่สามารถให้เลี้ยงได้ในแต่ละเขตพื้นที่ของแหล่งน้ำ

ผลการศึกษา

1. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว

1.1 ระดับน้ำและปริมาตรน้ำ

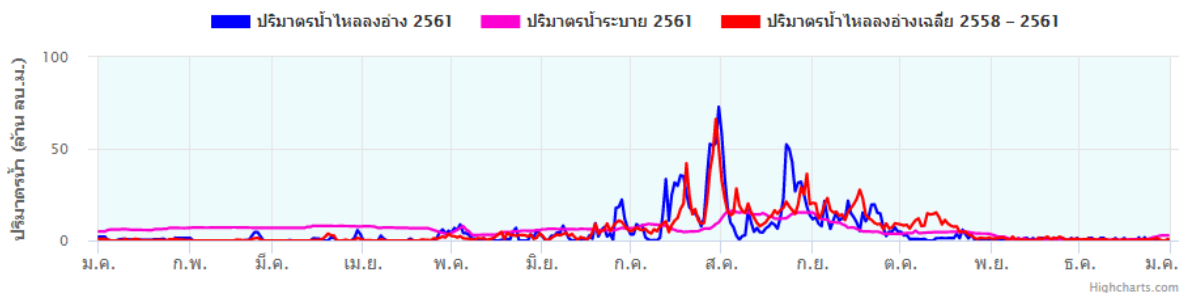
อ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวเป็นเขื่อนดินที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทย วัตถุประสงค์ในการสร้างเขื่อน เนื่องจากฝนในลุ่มน้ำนี้มีน้อย แต่ในช่วงฝนตกหนักจากการเกิดดีเปรสชัน ทำให้เกิดอุทกภัยในที่ราบลุ่มระหว่างลำปาวกับลำพาน จนทำให้เสียหายแก่การเพาะปลูกอย่างมากเป็นประจำ ขณะเดียวกันที่ระหว่างฤดูแล้ง เกษตรกรก็ขาดน้ำสำหรับการเพาะปลูก กรมชลประทานจึงสร้างอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวขึ้นเพื่อเก็บน้ำไว้ใช้ทำการเพาะปลูกและป้องกันอุทกภัยในฤดูฝน โดยมีระดับเก็บกักที่ 162 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล และเก็บกักได้สูงสุดที่ 165.7 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล พื้นที่อ่างเก็บน้ำที่ระดับเก็บกักสูงสุด 400 ตารางกิโลเมตร มีอาณาเขตรับน้ำ 5,964 ตารางกิโลเมตร (<http://krunanny.blogspot.com/p/blog-page.html>, 2563)

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว ปริมาณน้ำไหลเข้าและการระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวระหว่างเดือนธันวาคม 2560 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2561

เดือน ปี	ปริมาณน้ำในเขื่อนลำปาว		ปริมาณน้ำที่ไหลลงเขื่อน (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำระบายออกจากเขื่อน (ล้าน ลบ.ม.)
	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	ร้อยละ		
ธ.ค. 60	1,754.41	88.53	17.75	93.23
ม.ค. 61	1,623.87	82.01	20.54	180.45
ก.พ. 61	1,418.23	71.63	15.28	196.07
มี.ค. 61	1,208.05	61.01	16.83	231.08
เม.ย. 61	984.32	49.71	25.18	194.35
พ.ค. 61	877.16	44.30	69.64	141.92
มิ.ย. 61	773.90	39.09	141.47	183.01
ก.ค. 61	870.44	43.96	623.47	215.37
ส.ค. 61	1,205.66	60.89	551.15	442.81
ก.ย. 61	1,319.45	66.64	344.55	221.38
ต.ค. 61	1,313.66	66.35	44.66	133.14
พ.ย. 61	1,222.23	61.73	18.85	23.22
รวม			1,889.37	2,256.03

ในระหว่างการเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนธันวาคม 2560 ถึงเดือน ตุลาคม 2561 พบว่าในเดือนธันวาคม 2560 มีปริมาณน้ำในเขื่อนมากที่สุด คือ 1,754.41 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นปริมาณน้ำที่

เขื่อนกักเก็บได้ร้อยละ 88.53 และมีปริมาณน้ำในเขื่อนน้อยที่สุดในเดือนมิถุนายน 2561 มีปริมาณ 773.90 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นปริมาณน้ำที่เขื่อนกักเก็บได้ร้อยละ 39.09 ตลอดทั้งปีมีปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว 1,889.37 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีการระบายน้ำออกจากเขื่อน 2,256.03 ล้านลูกบาศก์เมตร (<http://app.rid.go.th:88/reservoir> 18 ส.ค. 63) (ตารางที่ 1, ภาพที่ 2)



ที่มา : ระบบฐานข้อมูลน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรมชลประทาน (<http://app.rid.go.th:88/reservoir>)

ภาพที่ 2 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวระหว่างเดือนมกราคม 2561 ถึง ธันวาคม 2561

1.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ

ผลการศึกษาคูณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวตั้งแต่เดือนธันวาคม 2560 ถึงตุลาคม 2561 พบว่าอุณหภูมิของน้ำในเขื่อน มีค่าอยู่ระหว่าง 22.98-31.23 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ย 28.39 ± 2.73 องศาเซลเซียส ความโปร่งแสง มีค่าอยู่ระหว่าง 20-220 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ย 101.71 ± 47.06 เซนติเมตร ความนำไฟฟ้า มีค่าอยู่ระหว่าง 10-185 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร มีค่าเฉลี่ย 63.24 ± 31.57 ไมโครซีเมนต์

ต่อเซนติเมตร ความเป็นกรดเป็นด่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 7.09-8.71 มีค่าเฉลี่ย 7.59 ± 0.59 ออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 3.09-8.81 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 5.89 ± 1.32 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 34-59.6 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต มีค่าเฉลี่ย 48.95 ± 5.82 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ความกระด้าง มีค่าอยู่ระหว่าง 50-175 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต มีค่าเฉลี่ย 67.59 ± 29.39 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ไนเตรทไนโตรเจน มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1.925 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 0.32 ± 0.52 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์ไนโตรเจน มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1.0500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 0.0366 ± 0.1841 มิลลิกรัมต่อลิตร ออร์โธฟอสเฟต มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0010-0.0500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 0.0126 ± 0.0138 มิลลิกรัมต่อลิตร คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.8763-29.6250 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าเฉลี่ย 8.0161 ± 6.0226 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร บีโอดี มีค่าอยู่ระหว่าง 0.7125-3.8350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 1.9159 ± 0.5705 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าพิสัยและค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว จำนวน 9 จุดสำรวจ ระหว่างเดือน ธันวาคม 2560 ถึงเดือนตุลาคม 2561

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่าพิสัย		ค่าเฉลี่ย
	ต่ำสุด	สูงสุด	
อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	22.98	31.23	28.39 ± 2.73
ความโปร่งแสง (เซนติเมตร)	20	220	101.71 ± 47.06
ความนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)	10	185	63.24 ± 31.57
ความเป็นกรดเป็นด่าง	6.58	8.71	7.59 ± 0.59
ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	3.09	8.81	5.89 ± 1.32
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3)	34	59.10	48.95 ± 5.82
ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3)	50	175	67.59 ± 29.39
ไนเตรทไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0	1.925	0.32 ± 0.52
ไนไตรท์ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0	1.0500	0.0366 ± 0.1841
ออร์โธฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.0010	0.0500	0.0126 ± 0.0138
คลอโรฟิลล์ เอ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	1.8763	29.6250	8.0161 ± 6.0226
บีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.7125	3.8350	1.9159 ± 0.5705

1.2.1 ความแตกต่างคุณภาพน้ำระหว่างจุดสำรวจ

ความแตกต่างของคุณภาพน้ำระหว่างจุดสำรวจและเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ที่มีการเลี้ยงปลาในกระชังกับพื้นที่ที่ไม่มีการเลี้ยงปลาในกระชัง พบว่าไม่ค่อยมีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำโดยส่วนใหญ่ใน

อ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวอย่างเด่นชัดซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาคุณภาพน้ำของเสกสรร (2551) พบว่าพื้นที่จุดสำรวจไม่ค่อยมีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำ แต่จะเห็นความแตกต่างในคลอโรฟิล เอ และค่าบีโอดี จากการศึกษาพบว่ามิตซ์ซึ้นคุณภาพน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงตามจุดสำรวจและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ และบีโอดี ดังแสดงในตารางที่ 3

อุณหภูมิน้ำ มีค่าเฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างอยู่ที่ 27.68-28.92 องศาเซลเซียส เฉลี่ยทั้งปีที่ 28.39 องศาเซลเซียส โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในจุดสำรวจที่ 1 คือ 27.68 องศาเซลเซียส และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในจุดสำรวจที่ 9 คือ 28.92 องศาเซลเซียส

ความโปร่งแสง มีค่าเฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างอยู่ที่ 64.25-125.00 เซนติเมตร เฉลี่ยทั้งปีที่ 101.71 เซนติเมตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในจุดสำรวจที่ 1 คือ 64.25 เซนติเมตร และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในจุดสำรวจที่ 6 คือ 125.00 เซนติเมตร

ความนำไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างอยู่ที่ 50.83-96.25 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร เฉลี่ยทั้งปีที่ 63.24 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในจุดสำรวจที่ 3 คือ 50.83 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในจุดสำรวจที่ 1 คือ 96.25 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร

ความเป็นกรดเป็นด่าง มีค่าเฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างอยู่ที่ 7.16-8.05 เฉลี่ยทั้งปีที่ 7.59 โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในจุดสำรวจที่ 3 คือ 7.16 และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในจุดสำรวจที่ 1 คือ 8.05

ออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าเฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างอยู่ที่ 4.47-6.73 มิลลิกรัมต่อลิตร เฉลี่ยทั้งปีที่ 5.89 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในจุดสำรวจที่ 1 คือ 4.47 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในจุดสำรวจที่ 4 คือ 6.73 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเป็นด่าง มีค่าเฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างอยู่ที่ 47.46-50.29 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3 เฉลี่ยทั้งปีที่ 48.95 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3 โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในจุดสำรวจที่ 4 และ 9 คือ 47.46 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3 และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในจุดสำรวจที่ 6 คือ 50.29 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3

ความกระด้าง มีค่าเฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างอยู่ที่ 58.33-81.25 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3 เฉลี่ยทั้งปีที่ 67.59 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3 โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในจุดสำรวจที่ 6 คือ 58.33 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3 และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในจุดสำรวจที่ 1 คือ 81.25 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3

ไนเตรทไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างอยู่ที่ 0.1604-0.4750 มิลลิกรัมต่อลิตร เฉลี่ยทั้งปีที่ 0.3243 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในจุดสำรวจที่ 2 คือ 0.1604 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในจุดสำรวจที่ 6 คือ 0.4750 มิลลิกรัมต่อลิตร

ไนไตรท์ไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างอยู่ที่ 0-0.1750 มิลลิกรัมต่อลิตร เฉลี่ยทั้งปีที่ 0.0366 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในจุดสำรวจที่ 6 และ 8 คือ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในจุดสำรวจที่ 3 คือ 0.1750 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำในเขื่อนลำปาว จำนวน 9 จุดสำรวจ ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2560 ถึงตุลาคม 2561

ดัชนีคุณภาพน้ำ	จุดสำรวจ								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	27.68±2.82	27.83±2.95	28.12±2.77	28.40±2.76	28.39±2.88	28.73±3.02	28.82±3.28	28.66±2.99	28.92±2.89
ความโปร่งแสง (เซนติเมตร)	64.25±36.91	100±46.33	104.25±43.48	117.67±57.78	114.50±55.05	125.00±48.99	86.83±42.36	84.00±41.83	118.67±43.97
ความนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)	96.25±62.74	55.83±26.68	50.83±20.78	65.83±13.57	67.08±13.82	56.67±27.87	54.17±28.49	57.50±30.78	65.00±28.15
ความเป็นกรดเป็นด่าง	7.52±0.42	7.21±0.36	7.16±0.37	7.49±0.43	7.29±0.54	8.05±0.55	7.87±0.67	7.76±0.76	7.92±0.65
ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	4.47±0.88	5.81±0.77	5.48±1.03	6.73±1.16	5.61±1.38	6.05±1.6	6.16±1.21	6.07±1.77	6.63±1.15
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO ₃)	48.88±7.48	49.58±5.81	49.58±3.47	47.46±6.81	48.88±3.56	50.29±4.18	49.58±8.36	48.88±7.48	47.46±6.81
ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO ₃)	81.25±49.84	79.17±51.03	72.92±22.94	64.58±22.94	66.67±25.82	58.33±20.41	62.50±20.92	60.42±20.03	62.50±20.92
ไนโตรเจนไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.3375±0.5412	0.1604±0.3868	0.3625±0.7300	0.3958±0.7705	0.2667±0.4423	0.4750±0.5294	0.4042±0.5834	0.1958±0.3710	0.3208±0.5212
ไนโตรเจนไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.1525±0.3543	0.0002±0.0003	0.1750±0.4287	0.0003±0.0007	0.0003±0.0008	0	0.0008±0.0019	0	0.0002±0.0005
ออร์โธฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.0153±0.0166	0.0172±0.0158	0.0165±0.0165	0.0083±0.0100	0.0072±0.0037	0.0087±0.008	0.0142±0.0197	0.0188±0.0207	0.0077±0.0060
คลอโรฟิลล์ เอ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	5.2502±4.6592 ^a	13.0844±10.5208 ^a	11.3892±7.7645 ^b	8.3938±6.4143 ^b	7.3651±4.8611 ^{ab}	7.3404±4.5612 ^{ab}	7.1596±4.4146 ^{ab}	6.6327±2.8080 ^{ab}	5.5300±3.6556 ^{ab}
บีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.2221±0.8436 ^b	2.2779±0.5026 ^b	2.2508±0.4113 ^b	2.1438±0.5164 ^{ab}	2.0150±0.4971 ^{ab}	1.9417±0.02017 ^{ab}	1.7025±0.3778 ^{ab}	1.4258±0.04490 ^{ab}	1.2633±0.2906 ^a

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P < 0.05)

ออร์โธฟอสเฟต มีค่าเฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างอยู่ที่ 0.0072-0.0188 มิลลิกรัมต่อลิตร เฉลี่ยทั้งปีที่ 0.0126 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในจุดสำรวจที่ 5 คือ 0.0072 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในจุดสำรวจที่ 8 คือ 0.0188 มิลลิกรัมต่อลิตร

คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าเฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างอยู่ที่ 5.2502-13.0844 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เฉลี่ยทั้งปีที่ 8.0161 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในจุดสำรวจที่ 1 คือ 5.2502 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในจุดสำรวจที่ 2 คือ 13.0844 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

บีโอดี มีค่าเฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างอยู่ที่ 1.26-2.28 มิลลิกรัมต่อลิตร เฉลี่ยทั้งปีที่ 1.92 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในจุดสำรวจที่ 9 คือ 1.26 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในจุดสำรวจที่ 2 คือ 2.28 มิลลิกรัมต่อลิตร

1.2.2 ความแตกต่างคุณภาพน้ำตามช่วงเวลาการสำรวจ

ความแตกต่างคุณภาพน้ำตามช่วงเวลาการสำรวจพบว่า มีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำในเขื่อนลำปาวอย่างชัดเจน จากการศึกษาพบว่าดัชนีคุณภาพน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาการสำรวจและความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ฤดูกาลมีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำโดยส่วนใหญ่ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวอย่างเด่นชัดซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาคุณภาพน้ำของเสกสรร (2551) พบว่าฤดูกาลที่สำรวจมีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำอย่างชัดเจน ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำ ความโปร่งแสง ความนำไฟฟ้า ความเป็นกรดเป็นด่าง ออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นต่าง ความกระด้าง ไนโตรเจนไนโตรเจน คลอโรฟิลล์ เอ และบีโอดี ดัชนีคุณภาพน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงตามจุดสำรวจไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ได้แก่ ไนโตรเจนไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟต ดังแสดงในตารางที่ 4

อุณหภูมิ น้ำ มีค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาการสำรวจอยู่ที่ 23.61-30.58 องศาเซลเซียส เฉลี่ยทั้งปีที่ 28.39 องศาเซลเซียส โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในทุกจุดสำรวจ อยู่ในช่วงเวลาการสำรวจเดือนธันวาคม 2560 คือ 23.61 องศาเซลเซียส และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนตุลาคม 2561 คือ 30.58 องศาเซลเซียส

ความโปร่งแสง มีค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาการสำรวจอยู่ที่ 39.44-162.61 เซนติเมตร เฉลี่ยทั้งปีที่ 101.71 เซนติเมตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนสิงหาคม 2561 คือ 39.44 เซนติเมตร และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนตุลาคม 2561 คือ 125.00 เซนติเมตร

ความนำไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาการสำรวจอยู่ที่ 42.50-90.83 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร เฉลี่ยทั้งปีที่ 63.24 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนเมษายน 2561 คือ 42.50 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนตุลาคม 2561 คือ 90.83 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร

ความเป็นกรดเป็นด่าง มีค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาการสำรวจอยู่ที่ 6.84-8.14 เฉลี่ยทั้งปีที่ 7.59 โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนตุลาคม 2561 คือ 6.84 และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนธันวาคม 2560 คือ 8.05

ออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาการสำรวจอยู่ที่ 5.06-7.55 มิลลิกรัมต่อลิตร เฉลี่ยทั้งปีที่ 5.89 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนเมษายน 2561 คือ 5.20 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนธันวาคม 2560 คือ 7.55 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเป็นด่าง มีค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาการสำรวจอยู่ที่ 43.44-52.42 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3 เฉลี่ยทั้งปีที่ 48.95 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3 โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนสิงหาคม 2561 คือ 43.44 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3 และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนตุลาคม 2561 คือ 52.42 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3

ความกระด้าง มีค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาการสำรวจอยู่ที่ 50.00-97.22 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3 เฉลี่ยทั้งปีที่ 67.59 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3 โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนธันวาคม 2560 และกุมภาพันธ์ 2561 คือ 50.00 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3 และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนมิถุนายน 2561 คือ 97.22 มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3)

ไนเตรทไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาการสำรวจอยู่ที่ 0.0014-0.1.2028 มิลลิกรัมต่อลิตร เฉลี่ยทั้งปีที่ 0.3243 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนกุมภาพันธ์ 2561 คือ 0.0014 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนตุลาคม 2561 คือ 1.2028 มิลลิกรัมต่อลิตร

ไนไตรท์ไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาการสำรวจอยู่ที่ 0.001-0.2140 มิลลิกรัมต่อลิตร เฉลี่ยทั้งปีที่ 0.0366 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนตุลาคม 2561 คือ 0.0001 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนสิงหาคม 2561 คือ 0.2140 มิลลิกรัมต่อลิตร

ออร์โธฟอสเฟต มีค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาการสำรวจอยู่ที่ 0.0029-0.0322 มิลลิกรัมต่อลิตร เฉลี่ยทั้งปีที่ 0.0126 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนกุมภาพันธ์ 2561 คือ 0.0029 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนสิงหาคม 2561 คือ 0.0322 มิลลิกรัมต่อลิตร

คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาการสำรวจอยู่ที่ 3.2150-14.5931 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เฉลี่ยทั้งปีที่ 8.0161 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนธันวาคม 2560 คือ 3.2150 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนมิถุนายน 2561 คือ 14.5931 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

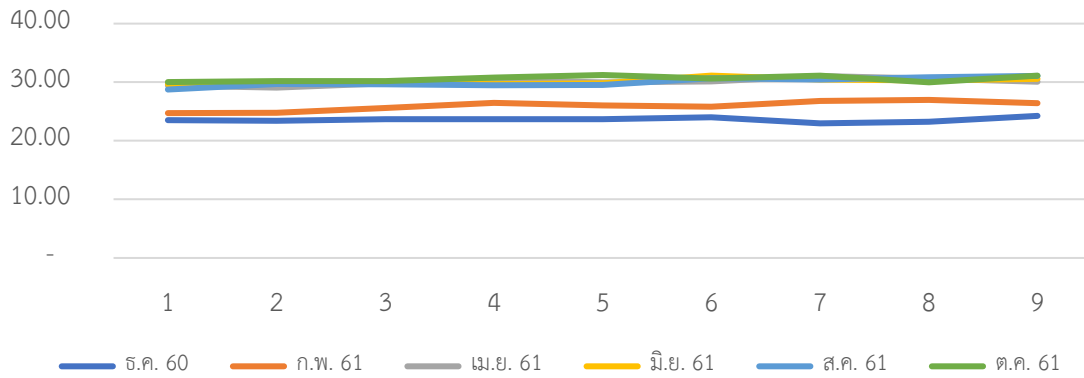
บีโอดี มีค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาการสำรวจอยู่ที่ 1.51-2.55 มิลลิกรัมต่อลิตร เฉลี่ยทั้งปีที่ 1.92 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนมิถุนายน 2561 คือ 1.51 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในช่วงเวลาการสำรวจเดือนตุลาคม 2561 คือ 2.55 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำในเขื่อนลำปาวตามช่วงเวลาการสำรวจ ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2560 ถึงตุลาคม 2561

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง					
	ธ.ค. 60	ก.พ. 61	เม.ย.61	มิ.ย. 61	ส.ค. 61	ต.ค. 61
อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	23.61±0.38 ^a	25.96±0.81 ^b	30.06±0.60 ^c	30.14±0.50 ^c	30.02±0.78 ^c	30.58±0.50 ^c
ความโปร่งแสง (เซนติเมตร)	88.22±9.24 ^b	162.061±40.01 ^d	98.89±20.88 ^{bc}	86.11±31.82 ^b	39.44±20.98 ^a	135.00±28.83 ^{cd}
ความนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)	56.94±5.27 ^{ab}	61.11±8.49 ^{ab}	42.50±9.84 ^a	58.61±7.82 ^{ab}	69.44±47.61 ^{ab}	90.83±51.17 ^{ab}
ความเป็นกรดเป็นด่าง	8.14±0.53 ^c	7.96±0.24 ^{bc}	7.60±0.34 ^{bc}	7.53±0.54 ^b	7.45±0.62 ^{ab}	6.84±0.20 ^a
ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	7.55±1.35 ^b	6.18±0.96 ^{ab}	5.20±1.13 ^a	5.95±1.13 ^a	5.06±0.85 ^a	5.41±0.88 ^a
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO ₃)	45.33±8.23 ^{ab}	51.00±2.13 ^{bc}	50.23±1.42 ^{bc}	51.00±0.00 ^{bc}	43.44±7.89 ^a	52.42±3.68 ^c
ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO ₃)	50.00±0.00 ^a	50.00±0.00 ^a	51.39±4.17 ^a	97.22±8.33 ^c	63.89±19.21 ^{ab}	93.06±50.43 ^{bc}
ไนเตรทไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.0139±0.0417 ^a	0.0014±0.0042 ^a	0.0472±0.1149 ^a	0.1611±0.2463 ^{ab}	0.5194±0.4029 ^b	1.2028±0.5635 ^c
ไนโตรที่ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.0005±0.0016	0.0006±0.0009	0.0002±0.0005	0.0042±0.0123	0.2140±0.4266	0.0001±0.0004
ออร์โธฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.0033±0.0027	0.0029±0.0007	0.0114±0.0131	0.0144±0.0091	0.0322±0.0131	0.0116±0.0140
คลอไรด์ เอ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	3.2150±1.0347 ^a	3.7086±0.9677 ^a	11.0710±6.6045 ^b	14.5931±8.0637 ^b	8.7778±3.7396 ^{ab}	6.7315±2.6808 ^{ab}
บีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1.86±0.25 ^{ab}	1.79±0.28 ^a	1.95±0.72 ^{ab}	1.51±0.44 ^a	1.84±0.28 ^a	2.55±0.75 ^b

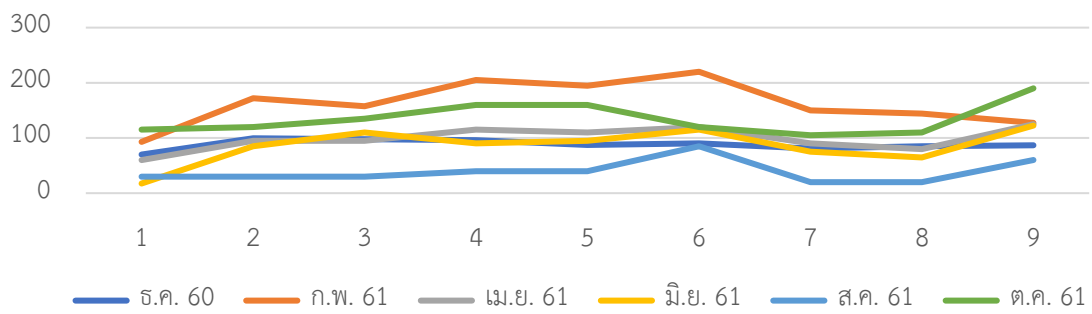
หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P < 0.05)

อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)



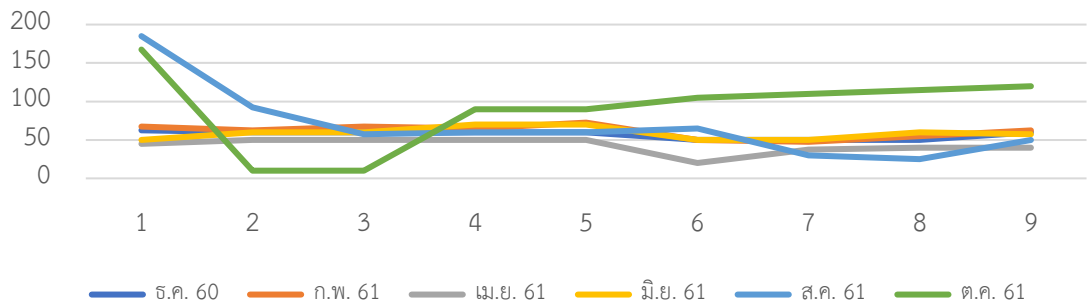
ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำ

ความโปร่งแสง (เซนติเมตร)

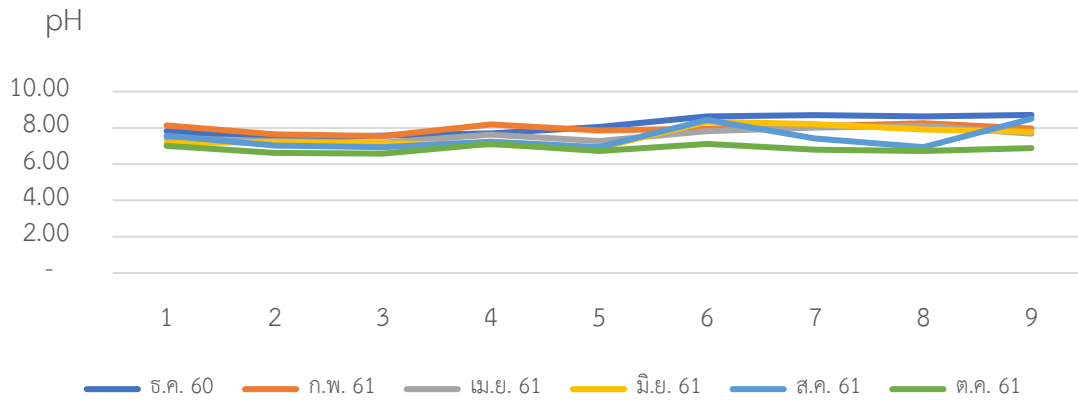


ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงความโปร่งแสง

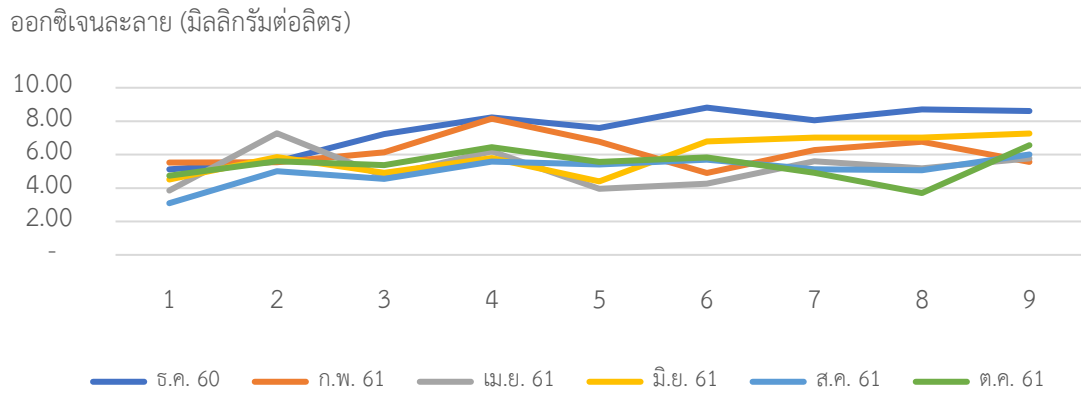
ความนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)



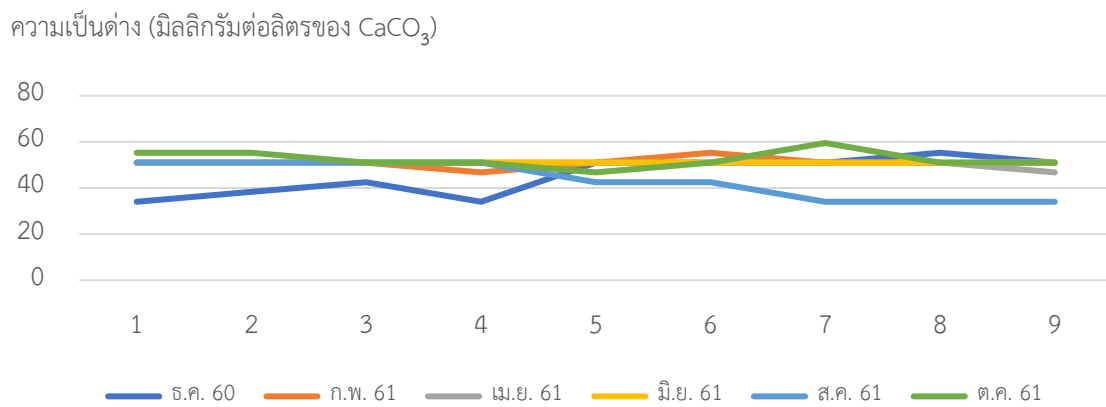
ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงความนำไฟฟ้า



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่าง

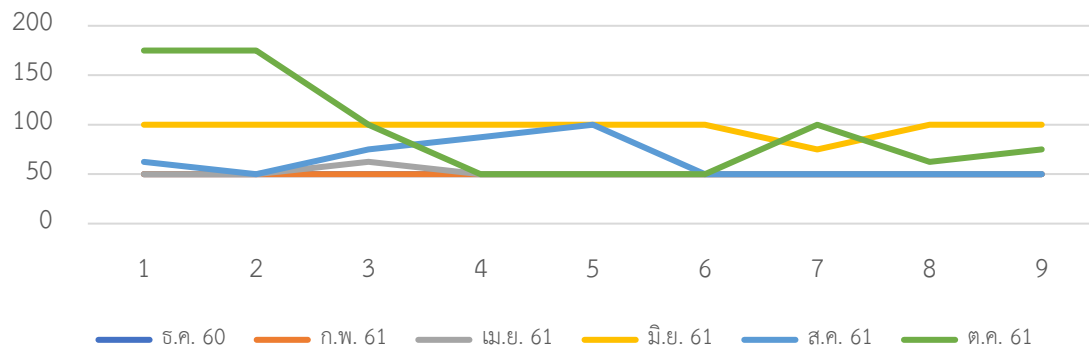


ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ



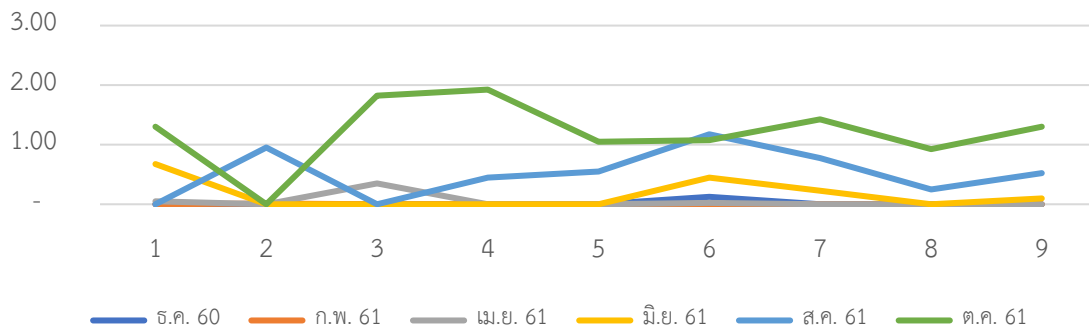
ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงความเป็นด่าง

ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตรของ CaCO_3)



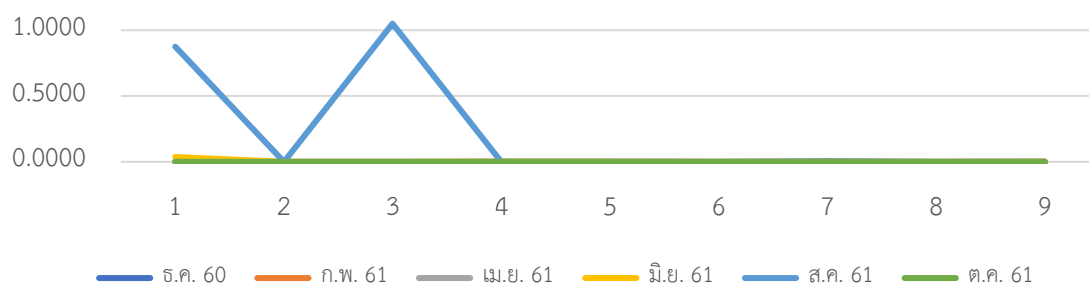
ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงความกระด้าง

ไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)



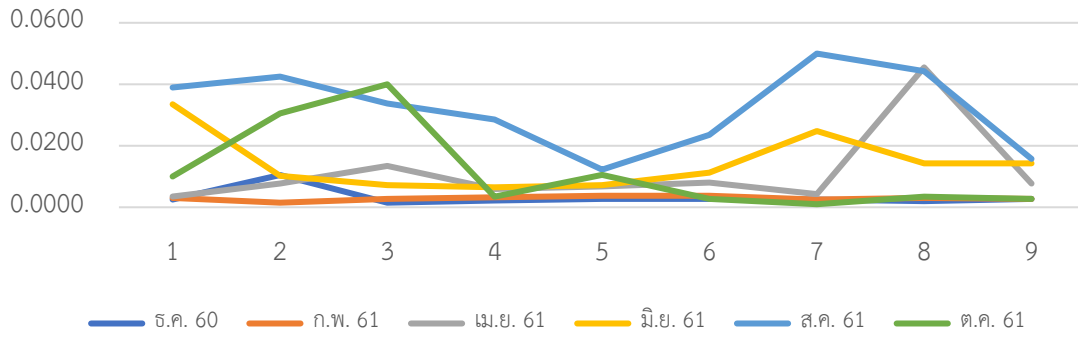
ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงไนเตรทไนโตรเจน

ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)



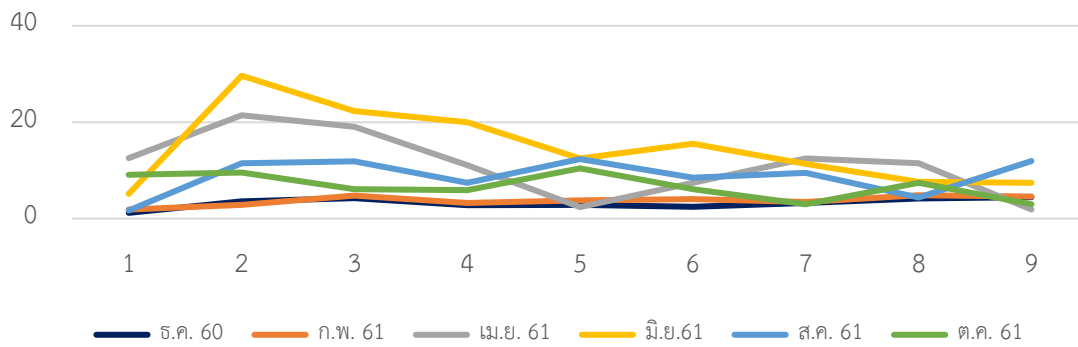
ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงไนไตรท์ไนโตรเจน

ออร์โทฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)



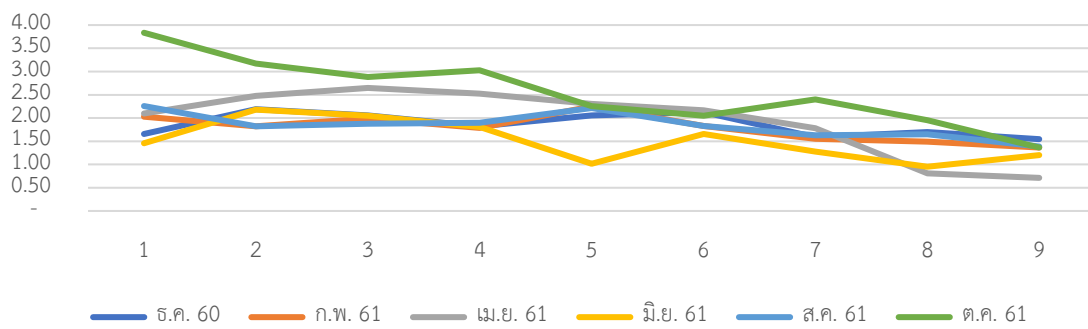
ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงออร์โทฟอสเฟต

คลอโรฟิลล์ เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร)



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์ เอ

บีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงบีโอดี

2. ลักษณะการเลี้ยงและการเติบโตของปลานิลในกระชังในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว

จากการสำรวจและสัมภาษณ์เกษตรกรเลี้ยงปลานิลในกระชังในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว จำนวน 16 ราย 27 แพง 286 กระชัง โดยกระชังที่เกษตรกรใช้ในการเลี้ยงส่วนใหญ่เป็นขนาดความกว้าง 5 เมตร ยาว 5 เมตร ลึก 2.5 เมตร (กระชังอยู่ในน้ำ 2 เมตร) ปริมาณน้ำที่ใช้เลี้ยงปลา 50 ลูกบาศก์เมตร กระชังทำจากเนื้ออวนโพลีเอทิลีน ขนาดช่องตาอวน 2-3 เซนติเมตร ด้านบนมีผ้ามุ้งเขียวเพื่อกันอาหารหลุดออกนอกกระชัง หนึ่งชุดแพประกอบด้วยกระชังเลี้ยงปลา 10 กระชัง โดยพันธุ์ปลาที่นำมาเลี้ยงในกระชังคือปลานิลแปลงเพศ สายพันธุ์จิตรลดา 3 ปลาที่ใช้ปล่อยลงเลี้ยงในกระชังได้ผ่านการอนุบาลในบ่อดิน จนมีขนาดเฉลี่ย 23.03 กรัม อัตราการปล่อยปลาลงเลี้ยงในกระชังประมาณ 1,199 ตัวต่อกระชังหรือประมาณ 23.98 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ระยะเวลาที่ใช้เลี้ยงโดยเฉลี่ย 162 วัน มีผลผลิตเฉลี่ย 1,127.96 กิโลกรัมต่อกระชัง หรือ 22.56 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขนาดปลาที่จับจำหน่ายมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 830-1,350 กรัม อาหารที่ใช้เลี้ยงเป็นอาหารสำเร็จรูปลอยน้ำที่ระดับโปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 % ให้อาหารวันละ 2-3 ครั้ง ที่เวลาประมาณ 7.00-8.00 นาฬิกา 12.00-13.00 นาฬิกา และ 16.00-17.00 นาฬิกา (ตารางผนวกที่ 1)

3. ศักยภาพของแหล่งน้ำต่อการรองรับปริมาณการเลี้ยงปลานิลในกระชังในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว

การศึกษาศักยภาพของแหล่งน้ำต่อการรองรับปริมาณการเลี้ยงปลานิลในกระชังในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวจะทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอาหารธาตุในกลุ่มฟอสฟอรัสทั้งหมด (total Phosphorus) โดยเฉพาะปริมาณอาหารธาตุในกลุ่มฟอสเฟตหรือฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (orthophosphate หรือ soluble phosphorus) พินิจและคณะ (2543) กล่าวว่า ระดับความสามารถของแหล่งน้ำหรือศักยภาพของแหล่งน้ำจิตในการรองรับการวิวัฒนาการไปสู่ความอุดมสมบูรณ์ที่มากเกินไปหรือระดับที่เริ่มทำให้สภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงไปนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณการเพิ่มขึ้นหรือปริมาณการเติมลงสู่แหล่งน้ำของอาหารธาตุในกลุ่มฟอสฟอรัสทั้งหมด (total Phosphorus) โดยเฉพาะปริมาณอาหารธาตุในกลุ่มฟอสเฟตหรือฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (orthophosphate หรือ soluble phosphorus) ว่ามีอยู่มากหรือน้อย ซึ่งเป็นปัจจัยโดยตรงที่จำกัดระดับกำลังผลิตของแพลงก์ตอนพืชซึ่งเป็นห่วงโซ่อาหารอันดับแรกที่จะทำให้ระบบนิเวศของแหล่งน้ำวิวัฒนาการไปสู่ความอุดมสมบูรณ์ที่เพิ่มขึ้นหรือทำให้แหล่งน้ำเกิดการเสื่อมโทรม

3.1 การประเมินการปล่อยออกของฟอสฟอรัสจากระบบการเลี้ยงปลาในกระชังสู่แหล่งน้ำ

การศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสจากระบบการเลี้ยงปลาในกระชังที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำที่ได้รับจากการสูญเสียจากการเลี้ยงไปกับขบวนการขับถ่ายทิ้งของแข็งและของเหลวของปลานิลที่เลี้ยงในกระชัง และจากเศษอาหารที่เหลือตกค้างจากการเลี้ยง

3.1.1 ปริมาณฟอสฟอรัสในอาหารปลา

จากการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในอาหารเม็ดสำเร็จรูปแบบลอยน้ำที่เกษตรกรจำนวน 12 ราย จำนวน 12 ชนิดอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงปลานิลในกระชังในพื้นที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว ผลการวิเคราะห์พบว่า อาหารสำเร็จรูปแบบลอยน้ำมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเฉลี่ย 11.771 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ปริมาณค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสในอาหารสำเร็จรูปแบบลอยน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิลในกระชังอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวจากเกษตรกรจำนวน 12 ราย

ตัวอย่างอาหารปลาที่วิเคราะห์	ปริมาณฟอสฟอรัส (กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม)
อาหารตัวอย่างที่ 1	11.875
อาหารตัวอย่างที่ 2	11.685
อาหารตัวอย่างที่ 3	8.966
อาหารตัวอย่างที่ 4	11.440
อาหารตัวอย่างที่ 5	10.870
อาหารตัวอย่างที่ 6	11.465
อาหารตัวอย่างที่ 7	13.050
อาหารตัวอย่างที่ 8	13.680
อาหารตัวอย่างที่ 9	12.780
อาหารตัวอย่างที่ 10	11.950
อาหารตัวอย่างที่ 11	11.965
อาหารตัวอย่างที่ 12	11.520
เฉลี่ย	11.771 ± 1.181

3.1.2 ปริมาณฟอสฟอรัสในคุณภาพซากปลานิล

จากการวิเคราะห์ซากปลานิลขนาดเล็ก ที่ปล่อยลงเลี้ยงในกระชัง และปลานิลขนาดจับจำหน่าย จากเกษตรกรจำนวน 12 ราย พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยในเนื้อปลาขนาดเล็กที่ปล่อยลงเลี้ยงในกระชัง มีปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ย 1.696 กรัม/เนื้อปลา 1 กิโลกรัม และในปลาขนาดจับจำหน่ายมีปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ย 1.739 กรัม/เนื้อปลา 1 กิโลกรัม (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยในเนื้อปลาขนาดเล็กที่ปล่อยลงเลี้ยงในกระชัง และในปลาขนาดจับ
จำหน่าย ตัวอย่างจากเกษตรกรจำนวน 12 ราย

ตัวอย่างปลาที่วิเคราะห์	ปริมาณฟอสฟอรัสปลาขนาดเล็ก	ปริมาณฟอสฟอรัสปลาขนาด
	เล็กเฉลี่ย (กรัม/กิโลกรัม)	จับจำหน่ายเฉลี่ย (กรัม/กิโลกรัม)
เกษตรกร รายที่ 1	1.666	2.099
เกษตรกร รายที่ 2	1.518	2.034
เกษตรกร รายที่ 3	1.757	1.755
เกษตรกร รายที่ 4	1.584	1.711
เกษตรกร รายที่ 5	1.753	1.689
เกษตรกร รายที่ 6	1.299	1.634
เกษตรกร รายที่ 7	1.759	1.896
เกษตรกร รายที่ 8	1.653	1.881
เกษตรกร รายที่ 9	1.938	1.728
เกษตรกร รายที่ 10	1.719	1.479
เกษตรกร รายที่ 11	2.008	1.499
เกษตรกร รายที่ 12	1.700	1.467
เฉลี่ย	1.696 ± 0.184	1.739 ± 0.208

3.1.3 ปริมาณฟอสฟอรัสในของเสียที่ขับถ่ายจากระบบการเลี้ยงปลานิล

จากการศึกษาของ Beveridge et al. (1984, อ้างตามพินิจและคณะ 2534) พบว่าการเลี้ยงปลาด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปจะมีอาหารเหลือตกค้างและออกนอกกระชังอยู่ระหว่างร้อยละ 1-30 ขึ้นกับการเลี้ยงและการจัดการ แต่ในการเลี้ยงในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวมีการใช้ผ้ามุ้งเชียวกันไว้ชั้นในด้านบนของกระชัง ทำให้ลดการสูญเสียของอาหารที่มีประสิทธิภาพ จึงถือว่าการเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสลงไปในแหล่งน้ำไม่เกิดจากอาหารที่หลุดออกนอกกระชัง จึงพิจารณาจากปริมาณฟอสฟอรัสที่อยู่ในอาหาร ที่มีอยู่ในปลาและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ดังนั้นปริมาณฟอสฟอรัสที่ปลาขับถ่ายออกสู่แหล่งน้ำคำนวณได้จากสูตรคำนวณ ดังนี้

ปริมาณฟอสฟอรัสที่ปลาขับถ่าย = (อัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ × ฟอสฟอรัสที่มีในอาหาร) – ฟอสฟอรัสที่มีในเนื้อปลา (กรัมต่อการผลิตปลา 1 กิโลกรัม)

การเลี้ยงปลานิลในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวมีฟอสฟอรัสที่ขับถ่าย = $(1.45 \times 11.771) - 1.739 = 15.3290$ กรัมต่อการผลิตปลา 1 กิโลกรัม

ปริมาณฟอสฟอรัสที่ปลาขับถ่ายออกมาทั้งหมดจะถูกดูดซับโดยตะกอนดิน (R_{Fish}) จากการศึกษาของพินิจและคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาในอ่างเขื่อนอุบลรัตน์ประมาณค่าสัดส่วนฟอสฟอรัสที่พื้นตะกอนดินดูดซับไว้ มีค่าเท่ากับ 0.65

3.2 ปริมาณฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ

ปริมาณฟอสฟอรัสที่มีในแหล่งน้ำแต่ละแห่งมีค่าแตกต่างกัน ในการศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด จากการเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำจำนวน 9 จุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสของแหล่งน้ำ คือ 0.0401 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3.3 เกณฑ์มาตรฐานฟอสฟอรัสที่ไม่มีผลกระทบต่อ

ในการใช้งานแบบจำลองในกลุ่ม Simple mass balance/flushing rate models ผู้วิจัยได้กำหนดค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ยอมให้มีได้สูงสุดในแหล่งน้ำที่ศึกษาแตกต่างกันไป เช่น การประเมินศักยภาพการเลี้ยงในกระชังในแม่น้ำมูลและอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ของประเทศไทย คณะผู้วิจัยได้กำหนดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ยอมให้มีได้แหล่งน้ำที่ระดับ 25 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (พินิจและคณะ, 2543) ในการศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ยอมให้มีได้แหล่งน้ำที่ระดับ 25 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3.4 อัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำของแหล่งน้ำ

อ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวสามารถเก็บกักน้ำได้สูงสุด 2,640 ล้านลูกบาศก์เมตร มีพื้นที่น้ำสูงสุดประมาณ 400 ตารางกิโลเมตร ระดับน้ำเก็บกักเฉลี่ย 6.6 เมตร ข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลน้ำในอ่างเก็บน้ำกรมชลประทานตั้งแต่ ปี 2552-2561 อ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวมีปริมาณกักเก็บ 156.40 ม. รทก. คิดเป็นพื้นที่เก็บกักน้ำเฉลี่ย 98 ตารางกิโลเมตร มีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯ เฉลี่ยปีละ 1,929.33 ล้านลูกบาศก์เมตร และไหลออกจากการปล่อยน้ำเฉลี่ยปีละ 1,974.39 ล้านลูกบาศก์เมตร จึงมีค่าอัตราการเปลี่ยนน้ำเฉลี่ย 1.0234

3.5 ผลการประเมินน้ำหนัปลาและจำนวนกระชังที่สามารถเลี้ยงได้เต็มศักยภาพการผลิตของแหล่งน้ำจากข้อมูลต่าง ๆ ข้างบนสามารถสรุปเป็นตารางข้อมูลสำหรับใช้ในการคำนวณได้ดังนี้

ตาราง 7 ตารางข้อมูลสำหรับการใช้คำนวณการประเมินน้ำหนักรวมปลาและจำนวนกระชังที่สามารถเลี้ยงได้เต็ม ศักยภาพการผลิตของแหล่งน้ำ

ข้อมูลการคำนวณ	ข้อมูลอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว
พื้นที่ต่อกระชัง (ตร.ม.)	25
กระชังจมน้ำ (ม.)	2
ผลผลิตปลานิลต่อกระชัง/รุ่น (กก.)	1,127.96
ผลผลิตปลานิลต่อกระชัง/รุ่น (กก./ลบ.ม.)	22.56
ผลผลิตปลานิลต่อกระชัง/รุ่น (กก./ตร.ม.)	45.12
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	1.45
อาหารปลา 1 กก. มีฟอสฟอรัสทั้งหมด	11.77
ปลา 1 กก. มีฟอสฟอรัสทั้งหมด	1.739
ผลผลิตปลา 1 กก. ขับถ่ายฟอสฟอรัสทั้งหมด (กรัม)	15.3275
ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ยอมให้มีได้ในน้ำ [P] _F	0.25 (ก./ลบ.ม.)
ฟอสฟอรัสทั้งหมดเดิมที่มีในแหล่งน้ำ [P] ₁	0.0401
สัดส่วนฟอสฟอรัสที่พื้นตะกอนดินดูดซับไว้	0.65
พื้นที่ที่ใช้ในการคำนวณศักยภาพการรองรับการเลี้ยง	98
กำหนดไว้ที่ค่าเฉลี่ยของอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว (ตร.กม.)	
อัตราการเปลี่ยนถ่ายน้ำ	1.0234
ความลึกเฉลี่ย (ม.)	6.6

3.5 ผลการประเมินน้ำหนักรวมปลาและจำนวนกระชังที่รองรับได้ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว

จากแบบจำลองการประมาณค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในแหล่งน้ำของ Dillon and Rigler ที่อ้างโดย Beveridge *et al.* (1984) อ้างตามพินิจและคณะ (2548) สามารถคำนวณปริมาณฟอสฟอรัสที่แหล่งน้ำจะรองรับจากการเลี้ยงปลานิลในกระชังในอ่างเก็บน้ำได้ ดังนี้

การคำนวณ

การหาค่าฟอสฟอรัสที่แหล่งน้ำยอมรับได้ $\Delta [P]$

$$\Delta [P] = [P]_F - [P]_1 = 0.25 - 0.0401 = 0.2099 \text{ ก.ลบ.ม.}$$

จากสูตร

$$\Delta [P] = [L_{\text{Fish}} (1 - R_{\text{Fish}})] / Z \cdot p$$

ดังนั้นปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดต่อตารางเมตรที่อ่างสามารถรับได้จากการเลี้ยงปลานิล L_{Fish}

$$\begin{aligned} L_{\text{Fish}} &= \Delta [P] \times Z \cdot p / (1 - R_{\text{Fish}}) \\ &= (0.2099 \times 6.6 \times 1.0234) / (1 - 0.65) \\ &= 4.0507 \text{ กรัมฟอสฟอรัสทั้งหมดต่อตารางเมตรต่อปี} \end{aligned}$$

พื้นที่อ่างเก็บน้ำ คิดเป็นพื้นที่เฉลี่ย (98 ตร.กม.) มีศักยภาพการรองรับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดได้

$$\begin{aligned} &= 4.0507 \times 98 \times 10^6 \\ &= 396.9719 \times 10^6 \text{ กรัม/อ่าง/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หรือผลิตปลาได้} &= 396.9719 \times 10^6 / 15.3275 \\ &= 25,899,330 \text{ กิโลกรัม/อ่าง/ปี} \end{aligned}$$

หรือคิดเป็นจำนวนกระชังตามขนาดที่เคยเลี้ยงในปัจจุบันจะได้

$$\begin{aligned} &= 25,899,330 / 1,127.96 \\ &= 22,961.21 \text{ กระชัง/อ่าง/ปี} \end{aligned}$$

การเลี้ยงปลานิลในกระชังของอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวมีการเลี้ยงบางส่วน 2 รุ่นต่อปี

$$\text{หรือ} = 22,961.21 / 2 = 11,480.61 \text{ กระชัง/อ่าง/รุ่น}$$

คิดเป็นจำนวนกระชังที่รองรับได้ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว 11,480 กระชัง/อ่าง/รุ่น

จากผลการประเมินน้ำหนักรับปลาและจำนวนกระชังที่รองรับได้ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว พบว่าในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวมีความสามารถรองรับการเลี้ยงปลานิลในกระชังได้ 11,480 กระชัง/รุ่น แต่ปัจจุบันมีการเลี้ยงปลานิลในกระชังทั้งในเขตจังหวัดอุดรธานีและจังหวัดกาฬสินธุ์ประมาณ 12,756 กระชัง การเลี้ยงปลานิลในกระชังในปัจจุบันเกินศักยภาพการรองรับของแหล่งน้ำไป 1,276 กระชัง ซึ่งมีแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวในอนาคตต่อไปได้

วิจารณ์ผลการศึกษา

จากการศึกษาเพื่อประเมินศักยภาพแหล่งน้ำเปิดต่อการรองรับปริมาณการเลี้ยงปลานิลในกระชังในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว พบว่าในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวมีความสามารถรองรับการเลี้ยงปลานิลในกระชังได้ 6,563 กระชัง/รุ่น ในปัจจุบันเกินศักยภาพการรองรับของแหล่งน้ำไป 1,276 กระชัง ซึ่งมีแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวในอนาคตต่อไปได้ แต่ในการเลี้ยงปลานิลในกระชังในเขื่อนลำปาวมีปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้องใน 3 ส่วนหลัก คือ

1. ในด้านราคาการขายผลผลิตปลานิล ที่ผ่านมาเมื่อมีปัญหาปลานิลมีราคาลดลง หรือมีปริมาณล้นตลาด ทำให้ปลานิลที่ขายมีราคาถูกไม่คุ้มต่อการดำเนินการ เกษตรกรบางส่วนจะหยุดการเลี้ยงเพื่อลดความเสี่ยงต่อการขาดทุน
2. ปัจจัยด้านฤดูกาล ในช่วงต้นฤดูฝนจะมีผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ ทำให้การเลี้ยงปลาไม่ได้ผลเท่าที่ควร ปลาที่เลี้ยงจะได้รับผลกระทบทำให้อัตรารอดต่ำ เกษตรกรจึงระมัดระวังในการเลี้ยง เช่น หลีกเลี้ยงการเลี้ยงปลาในช่วงเวลาดันฤดูฝน หรือปล่อยด้วยความหนาแน่นที่ลดลง
3. ปัจจัยด้านปริมาณน้ำ ในบางปีที่น้ำในเขื่อนมีปริมาณน้อย จะส่งผลกระทบให้พื้นที่อนุญาตบางแห่งระดับน้ำต่ำ ไม่สามารถวางกระชัง ไม่สามารถดำเนินการเลี้ยงปลาในกระชังได้ จึงมีการหยุดเลี้ยงด้วยความไม่เหมาะสมด้านสภาพพื้นที่

ในการศึกษาครั้งนี้มีการกำหนดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ยอมให้ออกจากระบบการเลี้ยงปลาที่อ้างอิงจากการศึกษาของต่างประเทศ ซึ่งการกำหนดค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่แหล่งน้ำพึงรับได้โดยไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก และไม่เป็ผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลาที่เลี้ยง ในประเทศเขตร้อนอย่างประเทศไทยยังมีการศึกษามากนัก ซึ่งในสภาพจริงอาจมีค่ามากหรือน้อยกว่านี้ ซึ่งต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป ปัจจัยในการศึกษาอีกสิ่งหนึ่งคือความสามารถที่ตะกอนดินดูดซับปริมาณฟอสฟอรัสที่ขับถ่ายออกมาจากระบบการเลี้ยงไปในแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งในการคำนวณเพราะหากกำหนดค่าไว้สูงเกินไปจะมีผลกระทบต่อทำให้น้ำในแหล่งน้ำได้รับผลกระทบเกิดปัญหาคุณภาพน้ำเน่าเสียได้ แต่หากกำหนดไว้ต่ำมากเกินไปจะมีผลกระทบต่อปริมาณกระชังที่เลี้ยงได้มีค่าน้อยเกินไป ทำให้เกษตรกรเสียโอกาส

ปริมาณฟอสฟอรัสที่ลงไปแหล่งน้ำจากกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำคืออาหารที่ใช้ในการเลี้ยง จากผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลานิลในกระชังในการเลี้ยงปลาในกระชังที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว พบว่ามีปริมาณ 11.77 กรัมต่ออาหารปลา 1 กิโลกรัม และปลานิลสามารถดูดเก็บได้ในตัวปลาได้ 1.739 กรัมต่อปลา 1 กิโลกรัม ที่อัตราแลกเนื้อ 1.45 เมื่อผลิตปลานิลจำนวน 1 กิโลกรัม ปลาจะขับถ่ายฟอสฟอรัสออกไปในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาวประมาณ 15.3275 กรัม จะเห็นได้ว่าอาหารปลาที่เลี้ยงยังมีคุณภาพไม่ดี ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ขับถ่ายออกจากปลาสูงกว่าการศึกษาของ พินิจและคณะ (2548) ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ขับถ่ายออกจากปลา 14.4 กรัมต่อการผลิตปลานิล 1 กิโลกรัม จึงควรมีการพัฒนาสูตรอาหารโดยเปลี่ยนสารประกอบฟอสฟอรัสเป็นสารประกอบที่ปลาย่อยได้ และใช้ปริมาณตามความต้องการของปลาเพื่อไม่ให้เหลือปล่อยลงสู่อ่างเก็บน้ำฯ และราคาอยู่ในระดับที่เกษตรกรยอมรับได้ มีกำไรจากการเลี้ยง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณอย่างยิ่งแก่คุณบุญส่ง ศรีเจริญธรรม ท่านผู้ทรงคุณวุฒิ กรมประมง ที่ให้คำแนะนำแนวทางในการศึกษา และวิเคราะห์ข้อมูล และคุณรุ่งฤดี อินทรโชติ นักวิชาการประมงชำนาญการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดมหาสารคาม ในการในการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตในน้ำในการศึกษาครั้งนี้

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ข้อมูลการเลี้ยงปลานิลในกระชังในอ่างเก็บน้ำเขื่อนลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์

ลำดับ ที่	ผลผลิต (กก.ลบ.ม.)	อัตราปล่อย (ตัว/ลบ.ม.)	ขนาดกระชัง (ลบ.ม.)	ปลาเริ่มต้น (กรัม)	ปลาสุดท้าย (กรัม)	อัตราการรอด (%)	เวลาเลี้ยง (วัน)	อาหารที่ให้ (กก.ลบ.ม.)	FCR
1	28.68	26	50	40	1,150	95.92	150	36.08	1.31
2	16.99	20	50	23	950	89.40	158	28.00	1.69
3	20.85	20	50	30	1,150	90.70	163	29.03	1.43
4	22.54	26	50	18	880	98.46	156	30.78	1.39
5	21.38	26	50	15	840	97.92	159	29.70	1.41
6	21.53	26	50	15	860	96.31	158	29.04	1.37
7	26.84	26.34	50	22	1,050	97.04	235	37.44	1.43
8	23.47	26	50	20	920	97.26	153	32.64	1.42
9	21.50	26	50	21	830	99.45	154	31.42	1.5
10	27.63	30	50	29	950	97.00	150	35.32	1.32
11	20.31	26	50	24	860	89.68	158	29.16	1.48
12	19.31	26	50	27	850	87.38	147	28.60	1.54
13	21.00	20	50	22	1,150	91.30	160	27.96	1.36
14	26.68	20	50	24	1,350	95.30	178	39.50	1.51
15	24.00	20	50	18	1,250	96.00	170	36.36	1.54
16	18.24	19.28	50	19	1,050	90.15	150	26.37	1.48
เฉลี่ย	16.99-28.68	19.28-26.34	50	15-40	830-1,350	87.38-99.45	147-235	26.37-39.50	1.31-1.69
เฉลี่ย	22.56	23.98	50	23.03	1,010	94.33	162	31.71	1.45