

นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลของการใช้ที่ดินต่อคุณภาพน้ำบางประการบริเวณลุ่มน้ำสาขาลำภาชี
Effect of Land Use Type on Water Quality
in the Lam Phachi Sub-watershed

กิตติมา ทองรอบ
สุภัทรา ถึกสถิตย์*
นฤมล แก้วจำปา
พัชเรศร์ ชัคัตตรัยกุล

Kittima Tongrob
Supattra Thueksathit
Naruemol Kaewjampa
Patchares Chacuttrikul

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, 10900 Thailand

*Corresponding Author, E-mail: fforstt@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 12 ตุลาคม 2564

รับแก้ไข 29 พฤศจิกายน 2564

รับลงพิมพ์ 3 ธันวาคม 2564

ABSTRACT

This research aimed to study the effects of agricultural and forested land use types on some water quality at the Lam Phachi sub-watershed. Eight water quality parameters were collected and analyzed during both wet and dry periods in 2018 and were compared with the surface water quality standard. Additionally, the water quality was determined by the Water Quality Index (WQI). From the results, it was found that temperature, pH, DO, nitrate, and phosphate content of the forested sub-watershed, agricultural sub-watershed and outlet of Lam Phachi sub-watershed were at the surface water standard class 2 during both the wet and dry periods. However, the Biochemical Oxygen Demand (BOD) of agricultural sub-watershed and total coliform bacteria of the outlet were higher than the surface water standard during the wet period. Moreover, the total suspended sediment in the agricultural sub-watershed and outlet, during the wet period, was greater than the forested sub-watershed. Water quality assessment through the water quality index (WQI) indicated that water quality of the forested sub-watershed was at good level during both the wet and dry periods, but the agricultural sub-watershed and outlet were poor during the wet period and better during the dry period. It can be concluded that agricultural land use in the Lam Phachi sub-watershed has affected the suspended sediment and BOD levels. Hence, soil and water conservation measurement should be applied to reduce surface runoff and soil erosion in the sub-watershed.

Keywords: Land use, Water quality, Lam Phachi sub-watershed

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการใช้ที่ดินประเภทป่าไม้และเกษตรกรรมที่มีต่อคุณภาพน้ำบางประการบริเวณลุ่มน้ำสาขาลำภาชี ทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลดัชนีคุณภาพน้ำ จำนวน 8 ดัชนี ในช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำ

แล้งในปี พ.ศ. 2561 โดยนำไปวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน รวมทั้งทำการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) จากผลการศึกษา พบว่าอุณหภูมิ น้ำ ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลายน้ำ ในเขตร และฟอสเฟต ของลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ ลุ่มน้ำย่อยเกษตร และจุดน้ำไหลออก (outlet) ของลุ่มน้ำสาขาลำภาชี มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 ทั้งในช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ในขณะที่ค่าบีโอดี ของลุ่มน้ำย่อยเกษตรและโคลิฟอร์มแบคทีเรียของจุด outlet มีค่าเกินมาตรฐานในช่วงน้ำหลาก นอกจากนี้ ค่าตะกอนแขวนลอยในช่วงน้ำหลากของลุ่มน้ำย่อยเกษตรและจุด outlet มีค่าสูงกว่าลุ่มน้ำย่อยป่าไม้มาก และเมื่อประเมินคุณภาพน้ำโดย WQI พบว่าลุ่มน้ำย่อยป่าไม้มีคุณภาพน้ำอยู่ในระดับดีทั้ง 2 ช่วง แต่ลุ่มน้ำย่อยเกษตรและจุด outlet มีคุณภาพน้ำอยู่ในระดับเสื่อมโทรม ในช่วงน้ำหลาก แต่มีคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นในช่วงน้ำแล้ง สรุปได้ว่าการใช้ที่ดินประเภทเกษตรกรรมในลุ่มน้ำสาขาลำภาชีมีผลต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยและค่าบีโอดี ดังนั้นจึงควรมีการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่การเกษตรเพื่อลดน้ำไหลบ่าหน้าดินและการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำ

คำสำคัญ: การใช้ที่ดิน คุณภาพน้ำ ลุ่มน้ำสาขาลำภาชี

คำนำ

การพัฒนาในด้านต่าง ๆ และการเพิ่มขึ้นของประชากรในพื้นที่ลุ่มน้ำ ส่งผลให้มีการนำทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่มาใช้เพื่อเป็นปัจจัยในการดำรงชีวิต และการพัฒนามากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะทรัพยากรดินและที่ดิน เนื่องจากความต้องการใช้ที่ดินในรูปแบบต่าง ๆ ที่หลากหลายขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำจากพื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เกษตรกรรมเปลี่ยนเป็นที่อยู่อาศัย รีสอร์ท สนามกอล์ฟ หรือโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินดังกล่าวย่อมส่งผลต่อผลผลิตน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งในด้านปริมาณ ระยะเวลาการไหล และคุณภาพน้ำ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ทั้งในด้านอุปโภคและบริโภค อีกทั้งในระยะยาวจะส่งผลต่อเนื่องถึงคุณภาพชีวิตของประชาชนในลุ่มน้ำ สังคม และเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ

ลุ่มน้ำสาขาลำภาชีเป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำแม่กลอง ซึ่งเป็นพื้นที่หนึ่งที่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรมอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 ถึง ปี พ.ศ. 2561 ลุ่มน้ำสาขาลำภาชีมีพื้นที่ป่าสมบูรณ์ลดลงไปประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ ซึ่งส่วนใหญ่เปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ผลจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินดังกล่าวส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพน้ำในทุกด้าน ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้าจึงทำการศึกษาผลของการใช้ที่ดิน

ประเภทพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ป่าไม้ต่อคุณภาพน้ำในด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ทั้งช่วงน้ำหลาก (wet period) และช่วงน้ำแล้ง (dry period) รวมทั้งทำการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำ (Water Quality Index; WQI) ของลุ่มน้ำสาขาลำภาชีเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการวางแผนการใช้ที่ดินอย่างเหมาะสมและการบริหารจัดการลุ่มน้ำให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ได้แก่ เครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบหัวรวม (multiple probe) อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ และอุปกรณ์สารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ

วิธีการ

ขั้นตอนและวิธีการศึกษาแสดงใน Figure 1 และมีรายละเอียดดังนี้

1. การเลือกพื้นที่ศึกษา ลุ่มน้ำสาขาลำภาชี

มีพื้นที่ประมาณ 2,526.20 ตารางกิโลเมตร มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาตะนาวศรี โดยขอบเขตของพื้นที่ลุ่มน้ำครอบคลุม 2 จังหวัด คือ จังหวัดกาญจนบุรีและจังหวัดราชบุรี การใช้ประโยชน์ที่ดินหลัก ๆ ของลุ่มน้ำ ได้แก่ ป่าไม้และเกษตรกรรม ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการคัดเลือกพื้นที่ตัวแทนลุ่มน้ำย่อยป่าไม้และลุ่มน้ำย่อยเกษตร โดยให้ลุ่มน้ำย่อยดังกล่าวมีประเภทการ

ใช้ที่ดินที่เป็นตัวแทนของกลุ่มน้ำมากกว่าร้อยละ 80 ขึ้นไป เพื่อใช้เป็นกลุ่มน้ำตัวแทนการใช้ที่ดินประเภทป่าไม้ และกลุ่มน้ำตัวแทนประเภทเกษตรกรรม ในการศึกษา

ครั้งนี้ได้คัดเลือกกลุ่มน้ำย่อยเกษตรและกลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ อย่างละ 3 กลุ่มน้ำ (Figure 2)

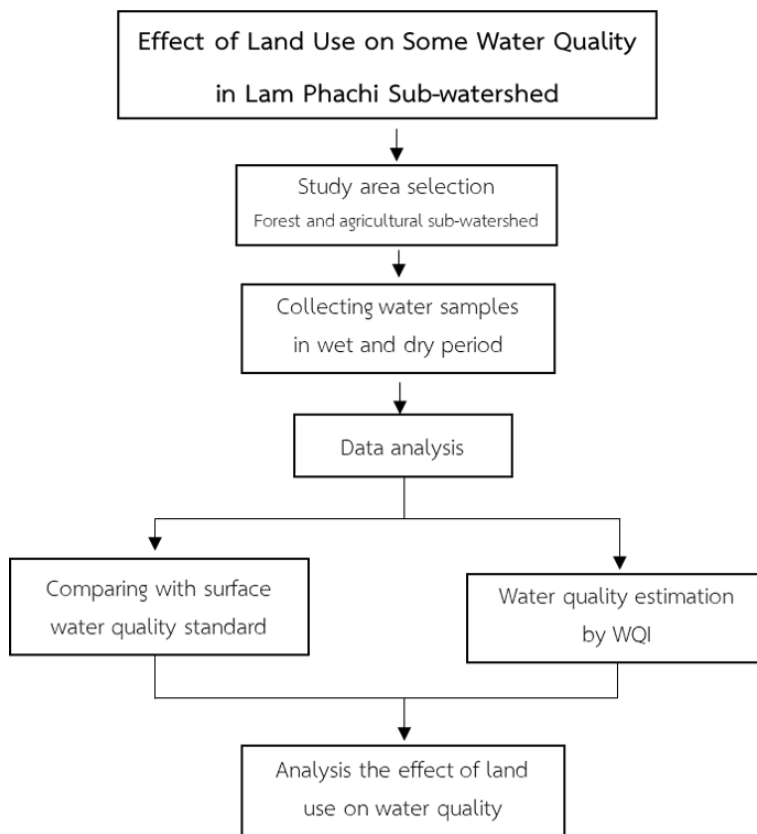


Figure 1 Methodology used in the study

2. การเก็บข้อมูล ทำการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำบางประการ ทางด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านชีวภาพ บริเวณจุดน้ำไหลออก (outlet) ของกลุ่มน้ำย่อยเกษตรและกลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ การใช้ที่ดินละ 3 กลุ่มน้ำย่อย รวมเป็น 6 จุด และบริเวณจุดน้ำไหลออกของกลุ่มน้ำสาขาลำภาชี 1 จุด รวมทั้งสิ้น 7 จุด โดยทำการเก็บตัวอย่าง จำนวน 2 ครั้ง คือ ช่วงน้ำหลาก (wet period) ในเดือนตุลาคม และช่วงน้ำแล้ง (dry period) ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561

2.1 การเก็บข้อมูลภาคสนาม ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ น้ำ ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าออกซิเจนละลาย

น้ำ โดยใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบหัวรวม (multiple probe)

2.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ สำหรับวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีแบบจ้วงตัก (grab sampling) บริเวณกึ่งกลางลำน้ำ ที่ระดับกึ่งกลางความลึกของลำน้ำ โดยใช้ขวดโพลีเอทิลีน ในการเก็บตัวอย่าง เพื่อการวิเคราะห์ค่าตะกอนแขวนลอย ค่าบีโอดี ค่าไนเตรท และค่าฟอสเฟต ส่วนการวิเคราะห์ค่าบีโอดีและค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ใช้ขวดแก้วทึบแสงที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ทำการเก็บตัวอย่างที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร จากผิวน้ำ โดยเก็บตัวอย่าง

จำนวน 3 ซ้ำ ในแต่ละจุด และทำการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำตามมาตรฐาน สำหรับการวิเคราะห์น้ำ

3. การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ วิเคราะห์ตามมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียใน Standard Methods for Examination of Water

and Wastewater ที่กำหนดโดย APHA: American Public Health Association, AWWA: American Water Works Association และ WPCF: Water Pollution Control Federation (APHA-AWWA-WEF, 2012) ดังรายละเอียดใน Table 1

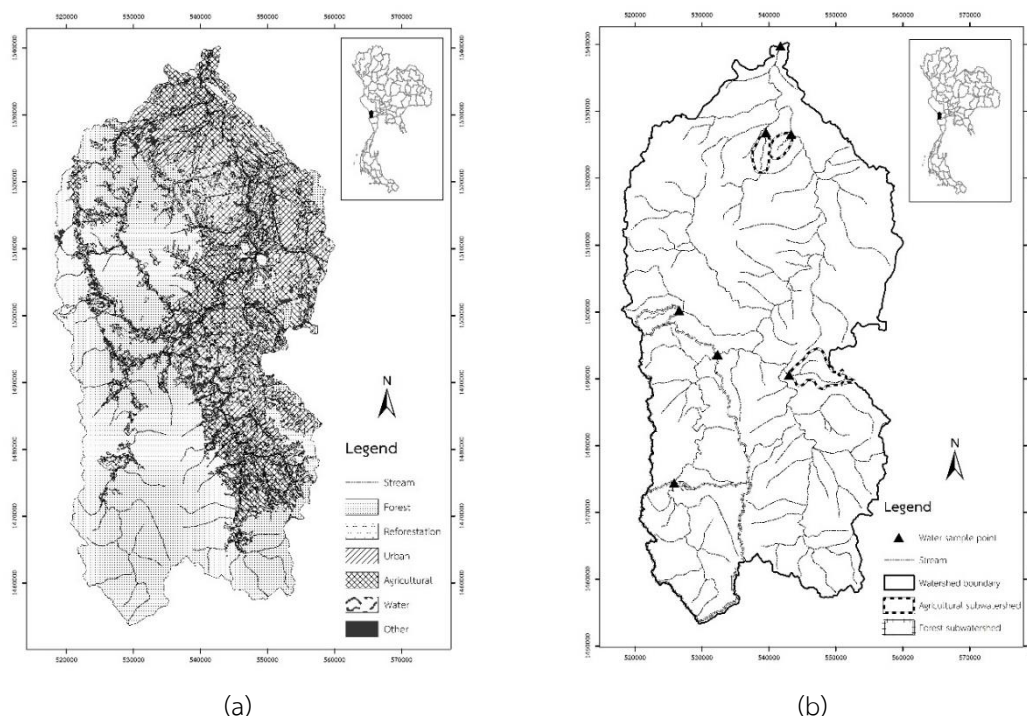


Figure 2 Study site (a) Land use pattern in the Lam Phachi Sub-watershed and (b) water sampling points.
Source: Modified from Land Development Department (2017).

Table 1 Methods for water quality analysis.

Water quality parameters (unit)	Methods/analysis
1. Temperature (Celsius)	Thermometer
2. pH	pH Meter
3. Total Suspended Solids (mg/l)	Dried at 103-105 °C
4. Biochemical Oxygen Demand (mg/l)	5 – Day BOD Test
5. Dissolved Oxygen (mg/l)	DO Meter Method
6. Nitrate-Nitrogen (mg/l)	Cadmium Reduction Method
7. Total Phosphorus (mg/l)	Ascorbic acid Method
8. Total Coliform Bacteria (MPN/100 ml)	Multiple Tube Fermentation Technique

Source: APHA-AWWA-WEF (2012)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำในแต่ละพื้นที่ศึกษากับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2537 (Announcement of the National Environment Board No. 8, 1994) รวมทั้งเปรียบเทียบคุณภาพน้ำระหว่างช่วงน้ำหลาก (wet period) กับช่วงน้ำแล้ง (dry period)

4.2 ประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) ของแต่ละลุ่มน้ำย่อยรวมทั้งจุด outlet ของลุ่มน้ำสาขาลำภาชี โดยเลือกใช้ดัชนีคุณภาพน้ำ จำนวน 6 ดัชนี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) ค่าตะกอนแขวนลอย (Total Suspended Solids, TSS) ค่าไนโตรเจน-ไนโตรเจน

(Nitrate-Nitrogen, $\text{NO}_3\text{-N}$) และค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) โดยใช้วิธีการคำนวณของกรมควบคุมมลพิษ (Pollution Control Department, 2001A) ดังสมการ

$$\text{WQI} = \sqrt[6]{(\text{pH}) (\text{DO}) (\text{BOD}) (\text{TSS}) (\text{NO}_3\text{-N}) (\text{PO}_4^{3-})}$$

เมื่อ WQI คือ ดัชนีคุณภาพน้ำ

pH คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง

DO คือ ออกซิเจนละลายน้ำ

BOD คือ ความต้องการปริมาณออกซิเจน

ทางชีวภาพ

TSS คือ ตะกอนแขวนลอย

$\text{NO}_3\text{-N}$ คือ ไนเตรท-ไนโตรเจน

PO_4^{3-} คือ ฟอสเฟต

นำค่าคะแนนที่ได้ในแต่ละดัชนี มาคำนวณตามสมการข้างต้น เพื่อหาค่าคะแนน WQI แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำ (Table 2)

Table 2 Water quality Index (WQI) scores used for the assessment of water quality.

WQI scores	WQI levels	Surface water quality standard types
91-100	Excellent	1
71-90	good	2
61-70	medium	3
31-60	poor	4
0-30	Very poor	5

Source: Pollution Control Department (2001B).

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาคุณภาพน้ำบางประการในด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านชีวภาพ จำนวน 8 ดัชนี ในบริเวณลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ ลุ่มน้ำย่อยเกษตร และจุด Outlet ของลุ่มน้ำสาขาลำภาชี ทั้งในช่วงน้ำหลาก และในช่วงน้ำแล้ง (Table 3 and Figure 3) มีผลการศึกษา ดังนี้

คุณภาพน้ำบางประการ

1. คุณภาพน้ำทางกายภาพ

1.1 ค่าอุณหภูมิ น้ำ ของลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ ลุ่มน้ำย่อยการเกษตร และจุด Outlet ของลุ่มน้ำสาขาลำภาชี พบว่าในช่วงน้ำหลากมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 27.3, 28.7 และ 29.2 องศาเซลเซียส และในช่วงน้ำแล้งเท่ากับ 25.6, 30.0 และ 29.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยในช่วงน้ำหลากอุณหภูมิ น้ำของแต่ละพื้นที่มีอุณหภูมิสูงกว่าช่วงน้ำแล้ง เนื่องจากช่วงน้ำแล้งอยู่ในช่วงปลายปีเป็นช่วงฤดูหนาวทำให้อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิ น้ำลดลง นอกจากนี้ อุณหภูมิ น้ำของลุ่มน้ำย่อยป่าไม้มีค่าต่ำกว่าพื้นที่อื่น ๆ เนื่องจากพื้นที่ป่าไม้มีการปกคลุมของเรือนยอดต้นไม้มากกว่า และมีหลายชั้นเรือนยอด ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่เป็นพืชไร่มีชั้นเรือนยอดเดียวและบางพื้นที่เป็น

พื้นที่โล่ง ส่วนจุด Outlet ในช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้งมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิน้ำในธรรมชาติซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 20-35 องศาเซลเซียส (Chunkao, 1982) พบว่าอุณหภูมิ น้ำของกลุ่มน้ำย่อยทั้งสอง และจุด Outlet มีค่าอุณหภูมิ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

1.2 ค่าตะกอนแขวนลอย ของกลุ่มน้ำย่อย ป่าไม้ กลุ่มน้ำย่อยเกษตร และจุด Outlet พบว่า ในช่วงน้ำหลากมีค่าตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยเท่ากับ 13.98, 97.02 และ 138.67 มิลลิกรัมต่อลิตร และในช่วงน้ำแล้งมีค่าเท่ากับ 9.89, 5.85 และ 72.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยที่จุด Outlet และกลุ่มน้ำย่อยเกษตร มีปริมาณตะกอนแขวนลอยมากโดยเฉพาะ ในช่วงน้ำหลาก เนื่องจากจุด Outlet เป็นจุดรวมน้ำ ไหลออกของพื้นที่ศึกษา ตะกอนแขวนลอยมาจากการ ใช้ที่ดินทุกประเภทในกลุ่มน้ำสาขาลำภาชี จึงทำให้มีค่า ตะกอนแขวนลอยสูงกว่าบริเวณอื่น นอกจากนี้ ในช่วง ที่อยู่ในฤดูฝนจะเกิดการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ ลุ่มน้ำได้ง่าย เนื่องจากกลุ่มน้ำย่อยเกษตรมีเรือนยอดปก

คลุมดินน้อย มีกิจกรรมการเตรียมพื้นที่ก่อนการ เพาะปลูก เมื่อมีฝนตกลงมาทำให้การชะล้างพังทลาย ของดินเกิดขึ้นได้ง่าย ส่งผลต่อปริมาณ ตะกอนแขวนลอยในลำน้ำที่สูงกว่าช่วงน้ำแล้งที่มีปริมาณฝน น้อยมาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Giri *et al.* (2018) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของการใช้ ที่ดินต่อคุณภาพลุ่มน้ำ โดยพบว่าพื้นที่ป่าไม้สามารถ ช่วยลดตะกอนแขวนลอยในลำน้ำได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ Duangsawasdi and Somsiri (1985) ได้ กล่าวว่า แหล่งน้ำที่ให้ผลผลิตทางการประมงควรมีค่า ตะกอนแขวนลอยอยู่ในช่วง 25-80 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถ้าตะกอนแขวนลอยอยู่ในช่วง 80-400 มิลลิกรัมต่อ ลิตร จะทำให้ผลผลิตทางการประมงลดลงและถ้ามี ตะกอนแขวนลอยมากกว่า 400 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไป จะมีผลต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จะเห็นได้ว่าปริมาณ ตะกอนแขวนลอยของกลุ่มน้ำย่อยเกษตรและบริเวณจุด Outlet ในช่วงน้ำหลากสามารถส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการ ประมงและการใช้ทรัพยากรน้ำของคนในพื้นที่ลุ่มน้ำได้

Table 3 Water quality in the Lam Phachi Sub-watershed during the wet period and dry periods in 2019.

Water sampling points	period	Water quality parameters							
		Temperature (°C)	TSS (mg/l)	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	PO ₄ ²⁻ (mg/l)	TCB (MPN/100ml)
Forest	wet	27.3	13.98	8.00	6.78	1.03	0.23	0.15	1,362
Sub-watershed	dry	25.6	9.89	7.64	7.83	0.64	0.14	0.08	600
Agricultural	wet	28.7	97.02	7.90	6.67	3.55	0.88	0.33	3,017
Sub-watershed	dry	30.0	5.85	7.11	8.08	0.82	0.62	0.10	228
Outlet	wet	29.2	138.67	7.85	6.43	1.01	0.61	0.32	29,500
	dry	29.0	72.33	7.87	7.09	0.72	0.38	0.15	490

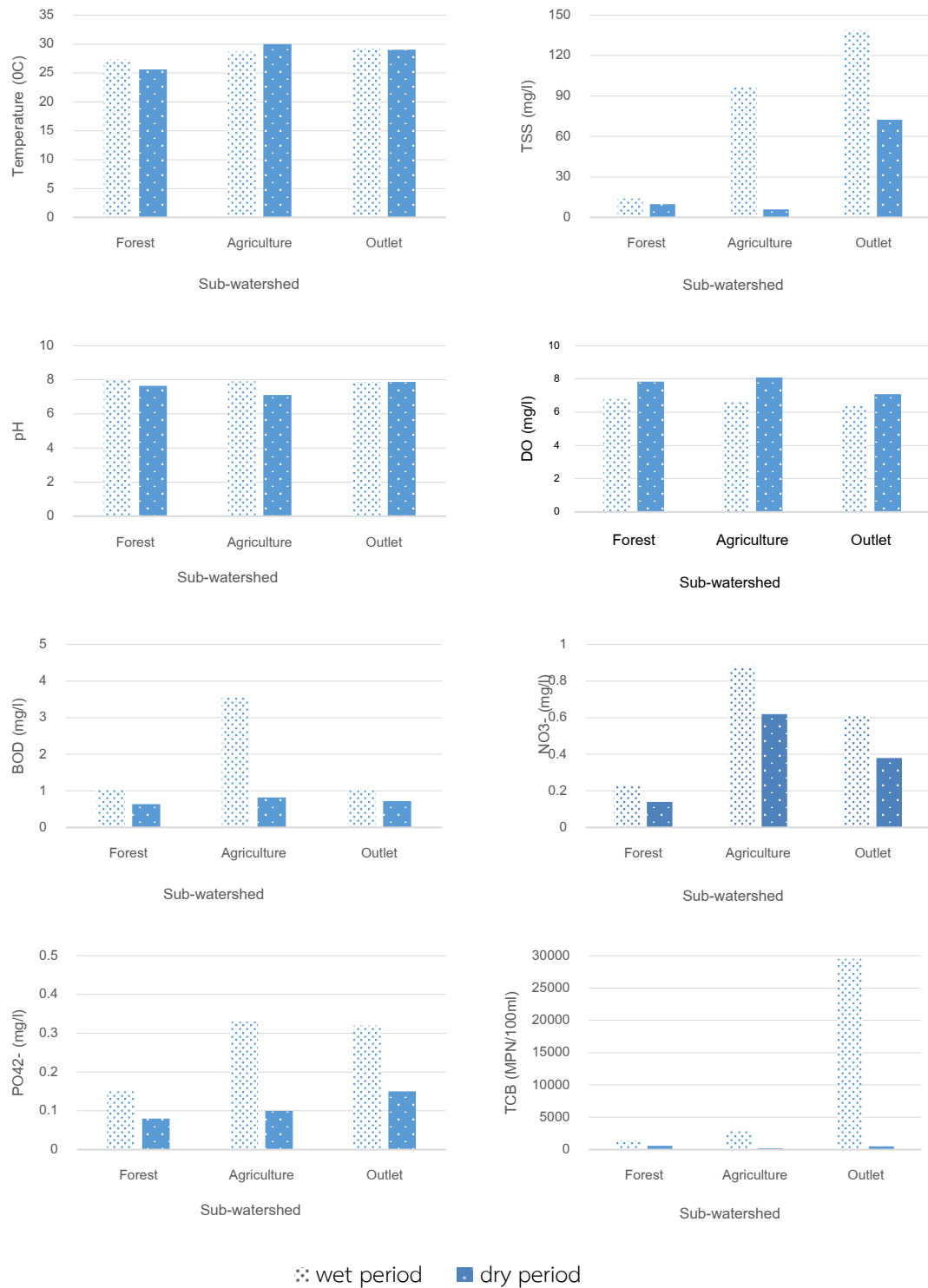


Figure 3 Water quality in the Lam Phachi Sub-watershed during the wet period and dry periods in 2019.

2. คุณภาพน้ำทางเคมี

2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ ลุ่มน้ำย่อยการเกษตร และจุด Outlet ของลุ่มน้ำสาขาลำภาชี พบว่าในช่วงน้ำหลากมีค่า 8.00, 7.90 และ 7.85 และในช่วงน้ำแล้งมีค่า 7.64, 7.11 และ 7.87 ตามลำดับ โดยพบว่าลุ่มน้ำย่อยป่าไม้มีค่าสูงกว่าลุ่มน้ำย่อยเกษตรเล็กน้อย และในช่วงน้ำหลากมีค่าสูงกว่าในช่วงน้ำแล้ง ส่วนจุด Outlet มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินพบว่าในทุกพื้นที่ศึกษามีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คืออยู่ในช่วง 5.0-9.0

2.2 ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ในลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ ลุ่มน้ำย่อยการเกษตร และจุด Outlet พบว่าในช่วงน้ำหลากมีค่าออกซิเจนละลายน้ำเท่ากับ 6.78, 6.67 และ 6.43 มิลลิกรัมต่อลิตร และในช่วงน้ำแล้ง มีค่าเท่ากับ 7.83, 8.08 และ 7.09 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยค่าออกซิเจนละลายน้ำของทั้งสามพื้นที่ศึกษาไม่แตกต่างกันมากนัก โดยในช่วงน้ำหลากจะมีค่าต่ำกว่าช่วงน้ำแล้งเล็กน้อย เนื่องจากในช่วงน้ำหลากนอกจากการชะล้างหน้าดินแล้วยังมีการชะล้างเศษของซากพืชจากการเกษตรลงสู่แหล่งน้ำด้วย ซึ่งเศษซากของพืชต่าง ๆ เหล่านี้ เป็นสารอินทรีย์ที่เป็นสาเหตุสำคัญทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าลดลง เพราะเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลง อีกทั้งสอดคล้องกับปริมาณตะกอนแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำปริมาณมากทำให้ปริมาณออกซิเจนจากบรรยากาศลงสู่แหล่งน้ำได้น้อยลง ในทางตรงข้ามในช่วงน้ำแล้ง พบว่ามีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงกว่าในช่วงน้ำหลากเล็กน้อย เนื่องจากช่วงน้ำแล้งปริมาณน้ำในลำธารยังมีการไหลที่ดีเพราะขนาดของลำธารจุดเก็บตัวอย่างมีขนาดกว้าง อีกทั้งไม่มีการชะล้างเศษซากพืชลงสู่แหล่งน้ำ และเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน พบว่าทุกพื้นที่ศึกษามีค่าออกซิเจนละลายน้ำตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินระดับที่ 2 คือไม่น้อยกว่า 6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.3 ค่าบีโอดี ของลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ ลุ่มน้ำย่อยการเกษตร และจุด Outlet พบว่า ในช่วงน้ำหลากมีค่าบีโอดี 1.03, 3.55 และ 1.01 มิลลิกรัมต่อลิตร และในช่วงน้ำแล้งมีค่าเท่ากับ 0.64, 0.82 และ 0.72 ตามลำดับ โดยลุ่มน้ำย่อยการเกษตรมีค่าบีโอดีสูงกว่าลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ และจุด Outlet เนื่องจากในช่วงน้ำหลากลุ่มน้ำย่อยการเกษตรจะมีน้ำไหลบ่าหน้าดินทำให้เกิดการชะล้างหน้าดินและเศษซากพืชทางการเกษตรลงสู่แหล่งน้ำ โดยสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ถูกชะล้างลงสู่ลำน้ำเหล่านี้ส่งผลทำให้ค่าบีโอดีของลุ่มน้ำย่อยการเกษตรมีค่าสูงกว่าที่อื่น ผลการศึกษาขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ketkeaw *et al.* (2019) ที่ทำการศึกษาค่าผลของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อคุณภาพน้ำในคลองสำโรง และการศึกษาของ Piekkoontod and Sattayavibul (2020) เกี่ยวกับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินกับคุณภาพสิ่งแวดล้อม บริเวณลุ่มน้ำท่าจีน ซึ่งทั้งสองงานวิจัย พบว่าการลดลงหรือการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม รวมถึงการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรและพื้นที่ชุมชน ส่งผลโดยตรงต่อค่าบีโอดีในแหล่งน้ำทำให้ค่าบีโอดีสูงขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินพบว่าค่าบีโอดีของลุ่มน้ำย่อยการเกษตรในช่วงน้ำหลากมีค่าเกินมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ที่สามารถเป็นประโยชน์เพื่อการเกษตร

2.4 ค่าไนเตรท ของลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ ลุ่มน้ำย่อยการเกษตร และจุด Outlet พบว่า ในช่วงน้ำหลากมีค่าไนเตรทเท่ากับ 0.23, 0.88 และ 0.61 มิลลิกรัมต่อลิตร และในช่วงน้ำแล้งมีค่าไนเตรท 0.14, 0.62 และ 0.38 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยในช่วงน้ำหลากจะมีค่าไนเตรทสูงกว่าช่วงน้ำแล้ง และในลุ่มน้ำย่อยการเกษตรมีค่าไนเตรทสูงที่สุดทั้งในช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง เนื่องจากลุ่มน้ำย่อยการเกษตรมีการปนเปื้อนจากการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยธรรมชาติที่มีธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทเป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูง เมื่อถึงช่วงน้ำหลากเกิดการชะล้างหน้าดินและปุ๋ยเคมีลงสู่แหล่งน้ำทำให้มีค่าไนเตรทสูง เมื่อน้ำไหลรวมกันลงสู่ลำน้ำสาขาลำภาชี ทำให้จุด Outlet มีค่าไนเตรทสูงตามไปด้วย ในขณะที่ค่าไนเตรทของ

ลุ่มน้ำย่อยป่าไม้มาจากการเน่าเปื่อยของซากพืชในพื้นที่ป่าไม้ตามธรรมชาติ ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tippmasn and Pukngam (2009) ที่ทำการศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่ป่าไม้เกษตรกรรม และป่าไม้เกษตรกรรม บริเวณลุ่มน้ำสาขาแม่กลาง และการศึกษาของ Effendi *et al.* (2018) ที่ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินและคุณภาพน้ำ ซึ่งทั้งสองงานวิจัยพบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำเกษตรกรรมหรือพื้นที่ที่มีการทำการเกษตรอย่างเข้มข้น ค่าไนเตรทจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการใช้สารเคมีและปุ๋ยในพื้นที่ลุ่มน้ำ อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน พบว่าลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ ลุ่มน้ำย่อยเกษตร และจุด Outlet มีค่าไนเตรทไม่เกินค่ามาตรฐาน คือ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.5 ค่าฟอสเฟต ของลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ ลุ่มน้ำย่อยเกษตร และจุด Outlet พบว่าในช่วงน้ำหลากมีค่าฟอสเฟตเท่ากับ 0.15, 0.33 และ 0.32 มิลลิกรัมต่อลิตร และในช่วงน้ำแล้งมีค่าเท่ากับ 0.08, 0.10 และ 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยในช่วงน้ำหลากจะมีค่าฟอสเฟตสูงกว่าช่วงน้ำแล้ง ซึ่งในลุ่มน้ำย่อยป่าไม้มีค่าฟอสเฟตน้อยที่สุดโดยมีปริมาณการปลดปล่อยเป็นไปตามธรรมชาติ ส่วนในลุ่มน้ำย่อยเกษตรมีค่าฟอสเฟตสูงกว่าลุ่มน้ำป่าไม้ เนื่องจากการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมักตามธรรมชาติที่มีฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ ในขณะที่ Tuntoollavest (2008) กล่าวว่า ปริมาณฟอสเฟตในบ่อเลี้ยงปลาควรอยู่ระหว่าง 0.1-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นปริมาณฟอสเฟตจากพื้นที่ศึกษายังไม่ส่งผลกระทบต่อลุ่มน้ำสาขาลำภาชีในภาพรวม นอกจากนั้นผลการศึกษายังสอดคล้องกับการศึกษาของ Hirunrat (2005) ที่ทำการศึกษาผลของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ พื้นที่ป่าต้นน้ำ พื้นที่เกษตร และพื้นที่ชุมชน ต่อคุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำเหนืออ่างเก็บน้ำลำพระเพลิงตอนบน พบว่าพื้นที่เกษตรกรรมมีปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยในแหล่งน้ำมากกว่าพื้นที่ป่าต้นน้ำ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรมจะสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่าฟอสเฟตในแหล่งน้ำอย่างชัดเจนและมีนัยสำคัญ

(Romero *et al.*, 2018; Giri *et al.*, 2018) นอกจากนี้ Yadav *et al.* (2019) ยังกล่าวเพิ่มเติมอีกว่า การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ชุมชนมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสเฟต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง

3. คุณภาพน้ำทางชีวภาพ

ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียของลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ ลุ่มน้ำย่อยเกษตร และจุด Outlet พบว่าในช่วงน้ำหลากมีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียเท่ากับ 1,362, 3,017 และ 29,500 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร และในช่วงน้ำแล้งมีค่าเท่ากับ 600, 228 และ 490 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ โดยในช่วงน้ำหลากมีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียสูงกว่าช่วงน้ำแล้ง โดยจุด Outlet ของลำน้ำสาขาลำภาชีพบปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียมากที่สุด รองลงมาคือลุ่มน้ำย่อยเกษตร และลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำสาขาลำภาชีมีการเลี้ยงสัตว์ การทำประมงน้ำจืด และมีแหล่งชุมชน ทำให้มีการชะล้างเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียลงสู่แหล่งน้ำโดยเฉพาะจากแหล่งชุมชนและการเลี้ยงสัตว์ โดยจะไหลไปสะสมที่จุด Outlet ทำให้มีค่าสูง ในขณะที่ลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ในช่วงน้ำแล้งมีค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่สูงกว่าพื้นที่อื่น เนื่องจากในตอนบนของบางลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ที่ทำการศึกษามีชุมชนตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ต้นน้ำจึงส่งผลให้ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่สูงกว่าพื้นที่อื่นเล็กน้อย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน พบว่าลุ่มน้ำย่อยป่าไม้และลุ่มน้ำย่อยเกษตรมีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือมีค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียไม่เกิน 5,000 เอ็มพีเอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร ทั้งในช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ส่วนบริเวณจุด Outlet พบว่าในช่วงน้ำหลากมีค่าเกินมาตรฐานในขณะที่ช่วงน้ำแล้งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งผลการศึกษานี้คล้ายคลึงกับการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อคุณภาพน้ำของ Romero *et al.* (2018) ที่พบว่าการทำการเกษตรและการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ชุมชนจะส่งผลต่อปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียในแหล่งน้ำ ซึ่งพื้นที่ชุมชนหรือเขตเมืองจะมีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียในแหล่งน้ำมากที่สุด

การประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI)

จากการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) พบว่าลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ในช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้งมีค่าคะแนน WQI สูง จัดอยู่ในระดับดีเนื่องจากเป็นพื้นที่ธรรมชาติ ซึ่งเทียบได้กับมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 คือแหล่งน้ำที่รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยไม่ต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอนุรักษ์สัตว์น้ำ เพื่อการประมง และเพื่อการว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ (Announcement of the National Environment Board No. 8, 1994) ส่วนลุ่มน้ำย่อยเกษตรในช่วงน้ำหลากจัดอยู่ในระดับเสื่อมโทรมเนื่องจากมีค่าตะกอนแขวนลอย ค่าบีโอดี และค่าฟอสเฟตที่สูง จึงทำให้ค่าคะแนน WQI น้อย เทียบได้กับมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยไม่ต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุตสาหกรรม (Announcement of the National Environment

Board No. 8, 1994) ในขณะที่ในช่วงน้ำแล้งคุณภาพน้ำดีขึ้น จัดอยู่ในระดับดี เทียบได้กับมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 2 ส่วนจุด Outlet ของลุ่มน้ำสาขาลำภาชี ในช่วงน้ำหลากจัดอยู่ในระดับเสื่อมโทรม เทียบได้กับคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 และในช่วงน้ำแล้งจัดอยู่ในระดับพอใช้ เทียบได้กับคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยไม่ต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการเกษตร (Announcement of the National Environment Board No. 8, 1994) ดังรายละเอียดใน Table 4

จะเห็นได้ว่า จากผลการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ WQI จะสอดคล้องกับผลของการดัชนีคุณภาพน้ำของแต่ละพื้นที่ศึกษา โดยลุ่มน้ำย่อยป่าไม้มีค่าดัชนีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทุกดัชนีทั้งในช่วงน้ำหลากและในช่วงน้ำแล้ง ส่งผลให้ค่าคะแนน WQI มีค่าสูงในทั้งสองช่วง ในขณะที่ลุ่มน้ำย่อยเกษตรและจุด Outlet ของลุ่มน้ำสาขาลำภาชี มีดัชนีคุณภาพน้ำบางดัชนีมีค่าที่สูงและบางดัชนีมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน จึงทำให้ค่าคะแนน WQI ของทั้งสองพื้นที่มีค่าต่ำมาก โดยเฉพาะในช่วงน้ำหลาก

Table 4 Water quality index (WQI) assessment of the forested, agricultural sub watershed and outlet of the Lam Phachi Sub-watershed during the wet and dry periods in 2019.

Water sampling points	Parameters	Water quality value		Scores	
		Wet period	Dry period	Wet period	Dry period
Forest	DO	6.78	7.83	93	99
Sub-watershed	pH	8.00	7.64	92	95
	SS	13.98	8.89	90	94
	BOD	1.03	0.64	89	93
	NO ₃ ⁻	0.23	0.14	96	98
	PO ₄ ³⁻	0.15	0.08	69	82
	WQI score			78	87
	WQI level			good	good
	surface water quality standard type			2	2
Agriculture	DO	6.67	8.08	92	97
Sub-watershed	pH	7.90	7.11	93	93
	SS	97.02	8.85	34	95
	BOD	3.55	0.82	65	91
	NO ₃ ⁻	0.88	0.62	87	91
	PO ₄ ³⁻	0.33	0.10	44	78
	WQI score			47	83
	WQI level			poor	good
	surface water quality standard type			4	2
Outlet	DO	6.43	7.09	90	96
	pH	7.85	7.87	94	94
	SS	138.67	72.33	21	43
	BOD	1.01	0.72	89	92
	NO ₃ ⁻	0.61	0.38	91	94
	PO ₄ ³⁻	0.32	0.15	45	69
	WQI score			51	66
	WQI level			poor	medium
	surface water quality standard type			4	3

สรุป

การใช้ที่ดินในลุ่มน้ำสาขาลำภาชีส่วนใหญ่คือพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรม โดยค่าดัชนีคุณภาพน้ำต่าง ๆ ของลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ น้ำค่าตะกอนแขวนลอย ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าบีโอดี ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ค่าไนเตรท ค่าฟอสเฟต และปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียส่วนใหญ่ทั้งในช่วงน้ำ

หลากและน้ำแล้งมีค่าที่ต่ำกว่าลุ่มน้ำย่อยเกษตรและจุด outlet ของลุ่มน้ำสาขาลำภาชี และมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ในขณะที่ค่าบีโอดีของลุ่มน้ำย่อยเกษตรและโคลิฟอร์มแบคทีเรียของจุด outlet มีค่าเกินมาตรฐานในช่วงน้ำหลาก นอกจากนี้ ค่าตะกอนแขวนลอยในช่วงน้ำหลากของลุ่มน้ำย่อยเกษตรและจุด outlet มีค่าสูงกว่าลุ่มน้ำย่อยป่าไม้มาก เนื่องจาก

ในช่วงน้ำหลากมีการชะล้างพังทลายหน้าดินและเศษซากพืชที่เหลือจากการทำการเกษตรลงสู่ลำน้ำ อีกทั้งในพื้นที่ลุ่มน้ำมีการเลี้ยงสัตว์การทำการประมงน้ำจืด และชุมชน ส่งผลทำให้โคลิฟอร์มแบคทีเรียที่จุด outlet มีค่าสูงมาก ส่วนในช่วงน้ำแล้งดัชนีคุณภาพน้ำส่วนใหญ่ในทุกพื้นที่ศึกษามีค่าที่ดีขึ้น เนื่องจากโอกาสเกิดการชะล้างพังทลายของดินลงสู่แหล่งน้ำน้อยลงมาก

ดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) ของลุ่มน้ำย่อยป่าไม้มีคุณภาพน้ำอยู่ในระดับดีทั้งช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ในขณะที่ลุ่มน้ำย่อยเกษตรและจุด outlet ของลุ่มน้ำสาขาลำภาชีในช่วงน้ำหลากมีคุณภาพน้ำอยู่ในระดับเสื่อมโทรม แต่ในช่วงน้ำแล้งมีคุณภาพน้ำที่ดีมากขึ้น สรุปได้ว่าการใช้ที่ดินประเภทเกษตรกรรมในลุ่มน้ำสาขาลำภาชีมีผลต่อคุณภาพน้ำบางประการโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงน้ำหลาก ปริมาณตะกอนแขวนลอยและค่าบีโอดีจะมีค่าสูง เนื่องจากเกิดการชะล้างพังทลายของดินและเศษซากพืชทางการเกษตรลงสู่แหล่งน้ำ ดังนั้นจึงควรมีการส่งเสริมการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง และการลดการใช้ปุ๋ยเคมีในพื้นที่การเกษตรกรรม รวมทั้งการดูแลรักษาป่าไม้โดยเน้นแหล่งต้นน้ำลำธาร ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลผลิตน้ำในด้านคุณภาพน้ำที่ยั่งยืน

REFERENCES

- Announcement of the National Environment Board No. 8. 1994. **The Determination of Water Quality Standards in Surface Water Sources**. The Government Gazette, Volume 111, Part 16 ง. 24 February 1994. (in Thai)
- APHA-AWWA-WEF. 2012. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 22nd edition edited by E.W. Rice, R.B. Baird, A.D. Eaton and L.S. Clesceri. Washington, D.C., USA.
- Chunkao, K. 1982. **Environmental Science**. Aksorn Siam LTD., Part. Bangkok. (in Thai)
- Duangswasdi, M., Somsiri, J. 1985. **Water Quality and Analytical Methods for Fisheries Research**. National Institute of Inland Fisheries, Department of Fisheries. Bangkok. (in Thai)
- Effendi, H., Muslimah, S., Permatasari, P.A. 2018. Relationship between land use and water quality in Pesanggrahan River. **IOP Conference Series Earth and Environmental Science** 149(1): 012022. Doi:10.1088/1755-1315/149/1/012022.
- Giri, S., Qiu, Z., Zhang, Z. 2018. Assessing the impacts of land use on downstream water quality using a hydrologically sensitive area concept. **Journal of Environmental Management** 213: 309-319.
- Hirunrat, A. 2005. **Effect of Land Use on Water Quality of Watershed Area at Upper Lamp Phra Ploeng Reservoir, Wang Nam Khieo District, Nakhon Ratchasima Province**. M.S. Thesis. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Ketkeaw, T., Thanuttamavong, M., Kaveeta R. 2019. Effects of land use on water quality in Samrong canal, Samut Prakan province. **Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University** 21(1): 175-183. (in Thai)
- Land Development Department. 2017. **Land Use Data of Kanchanaburi and Ratchaburi Province**. Land Development Department, Bangkok. (in Thai)
- Piekkooontod, T., Sattayavibul A. 2020. The Riparian area, relationship between

- land utilization and environmental quality case study: Tha Chin watershed. **Journal of Multidisciplinary Academic Research and Development** 2(2): 30-44. (in Thai)
- Pollution Control Department. 2001A. **Report on the Situation and Management of Water Pollution 2001 - 2002**. Department of Water Quality Management. Bangkok. (in Thai)
- Pollution Control Department. 2001B. **Water Quality Standards and Water Quality Criteria in Thailand (4th edition)**. Ministry of Science Technology and Environment, Bangkok. (in Thai)
- Romero, A.J.R., Sanchez, A.E.R. Martinez, E.M. Ruiz, A.G., Diaz, J.E.S., Lopez, E.L. 2018. Impact of changes of land use on water quality, from tropical forest to anthropogenic occupation a multivariate approach. **Water** 10(11): 1-16. Doi:10.3390/w 10111518.
- Tippmasn, N., Pukngam, S. 2009. Water quality monitoring in forested, agricultural and mixed forested agricultural areas using small watersheds in the Mae Thang sub-watershed, Phrae province. **Thai Journal of Forestry** 28(1): 56-66. (in Thai)
- Tuntoollavest, M. 2008. **Chemistry of Water and Wastewater**. Chulalongkorn University Printing House. Bangkok. (in Thai)
- Yadav, S., Babel, M.S., Shrestha, S., Dep, P. 2019. Land use impact on the water quality of large tropical river: Mun river basin, Thailand. **Environ Monit Assess** 191: 1-22. Doi:10.1007/s10661-019-7779-3.
-