คุณภาพน้ำและการประเมินสถานภาพความอุดมสมบูรณ์โดยใช้คลอโรฟิลล์ เอ เป็นดัชนีชี้วัด: กรณีศึกษาแม่น้ำอิงตอนบนและตอนกลาง

Water quality and Assessment of Trophic State Using Chlorophyll a as Indicator: A Case Study of Upper and Middle Ing River

กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์[1*] นิติ เอี่ยมชื่น[2] ดุจฤดี ปานพรหมมินทร์[1] และ ศิริลักษณ์ ตันเจริญ[1]

Kanyanat Soontornprasit[1*] Niti Iamchuen[2] Dutrudi Panprommin[1] and Siriluck Tuncharoen[1]

บทคัดย่อ: การวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณภาพน้ำและประเมินสถานภาพความอุดมสมบูรณ์โดยใช้คลอโรฟิลล์ เอ เป็นดัชนีชี้วัดในแม่น้ำอิงตอนบนและตอนกลาง ดำเนินการโดยการสำรวจคุณภาพน้ำทุก 2 เดือน ตั้งแต่ เดือนมกราคม – ธันวาคม 2560 เก็บตัวอย่างในแม่น้ำอิงจำนวน 10 สถานี และในลำห้วยสาขา 10 สาย ซึ่งเป็นบริเวณรองรับมลพิษจากการใช้ประโยชน์ในพื้นที่รอบแม่น้ำอิงตอนบนและตอนกลาง นอกจากนี้ยังเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษจากกิจกรรมประเภทต่างๆ อีก 12 สถานี ผลการศึกษาพบว่า คุณภาพน้ำทุกสถานีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภท 2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ แสดงให้เห็นว่า ความอุดมสมบูรณ์จัดอยู่ในระดับต่ำ แหล่งชุมชนเมืองให้ระดับความเข้มข้นของมลพิษต่อหน่วยมากที่สุด (โดยมีระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟตจากที่อยู่อาศัย เท่ากับ 33.90 และ 16.77 มก./ล. ปริมาณมลพิษรวมถูกปลดปล่อยจากแหล่งชุมชนเมืองเข้าสู่แหล่งน้ำมากที่สุด ปริมาณมลพิษจากธาตุอาหารส่วนใหญ่มีค่าสูงในช่วงฤดูแล้ง แบบจำลองเชิงบูรณาการโดยวิธี multivariate analysis แสดงการตอบสนองของคลอโรฟิลล์ เอ ต่อปัจจัยแวดล้อมทางน้ำต่างๆ พบว่า ปัจจัยต้นที่มีอิทธิพลต่อคลอโรฟิลล์ เอ คือ ความเป็นกรด-ด่าง ผลการศึกษาในภาพรวมแสดงให้เห็นถึงความสำคัญในความเข้าใจด้านความแตกต่างของฤดูกาลมีผลต่อปริมาณสารอาหารที่ได้รับ ซึ่งความรู้ดังกล่าว นับว่ามีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการกำหนดแผนการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ เพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมทางน้ำในพื้นที่แม่น้ำอิงตอนบนและตอนกลาง

คำสำคัญ: คลอโรฟิลล์ เอ ปริมาณมลพิษทางน้ำ ระบบนิเวศทางน้ำ แม่น้ำอิงตอนบนและตอนกลาง

ABSTRACT: The current research was aimed to study water quality and assess trophic state using chlorophyll a as indicator in the upper and middle Ing River. Water quality surveys were carried out every 2 months during January to December 2017. Data were collected from 10 stations in the middle zone of upper and middle Ing River as well as from branch creek in 10 lines that carry pollution loads from the upper and middle Ing River watershed communities. Data for types of stationary sources that generate routine release of pollutants were collected at 12 water quality sampling stations. The results showed that all sampling sites were shown to standard for surface water quality CLASS 2. Assessment of chlorophyll a trophic state of Ing River was in oligotrophic status and municipality sources were the

Received May 27, 2019

Accepted September 13, 2019

[1]สาขาวิชาการประมง คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000

[1]Division of Fishery, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao Province, 56000

[2]คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000

[2]School of Information and Communication and Technology, University of Phayao, Phayao Province, 56000

[*]Corresponding author. E-mail: kanyanat_s@hotmail.com

predominant cause of high level of NH_3-N (33.90 mg/l) PO_4^{3-}-P (16.77 mg/l). Total Maximum Daily Loads (TMDL) was emanating discharged from most communities. Nutrient pollution was high during dry season. The Multivariate Analysis (MVA) was used to determine the aquatic environmental factors in response to factor influencing water quality. The results revealed that pH was apparently affected the levels of chlorophyll a. The study showed clearly that the importance of understanding of the impact of seasons affect nutrient loading was met. They are particularly useful in formulating and implementing effectiveness management plans for the conservation of the aquatic environmental monitoring in the area of upper and middle Ing River.
Keywords: chlorophyll a, pollutant loads, aquatic ecosystem, upper and middle ing river

บทนำ

แม่น้ำอิงมีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาผีปันน้ำไหลผ่าน 10 อำเภอของจังหวัดพะเยาและเชียงราย ลงสู่แม่น้ำโขงที่ อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ทั้งยังเป็นแหล่งน้ำที่มีความสัมพันธ์กับการดำรงชีวิตของชุมชน เช่น การทำการเกษตร การเลี้ยงสัตว์ แหล่งอาหาร มาอย่างช้านาน สำหรับลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำอิงตอนบนและตอนกลาง มีพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาประมาณ 1,107.51 กม.^{2} หรือ 692,195 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.94 ของพื้นที่ลุ่มน้ำโขง (RECOFTC, 2562) กิจกรรมของประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำโดยเฉพาะชุมชนริมฝั่งแม่น้ำ ทั้งการปล่อยน้ำเสียจากชุมชน การบุกรุกลำน้ำเพื่อการเกษตร รวมถึงการทิ้งขยะริมตลิ่ง และการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติ ล้วนมีความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์แหล่งน้ำของประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น ซึ่งการใช้ประโยชน์ตามลำน้ำดังกล่าวส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ โดยปัจจัยสิ่งแวดล้อมและความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่แม่น้ำ ได้แก่ ความหนาแหน่นของแพลงก์ตอนพืช คลอโรฟิลล์ เอ ระดับของแร่ธาตุอาหารในรูปฟอสฟอรัส และไนโตรเจน เป็นต้น (จารุมาศ, 2558) สันธิวัฒน์ และคณะ (2556) รายงานว่าในปี 2555 คุณภาพน้ำในแม่น้ำอิงมีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงระยะเวลาและสถานที่เก็บตัวอย่างซึ่งมีผลต่อปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่พบ อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางและยังมีค่าที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ แม่น้ำอิงจัดอยู่ในแหล่งน้ำเสื่อมโทรมโดยมีค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) 1.83±0.55 มก./ล. มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2 ระบุไว้ไม่เกิน 1.5 มก./ล (กรมควบคุมมลพิษ, 2562) ซึ่งมีสาเหตุสำคัญจากการระบายน้ำเสียจากบ้านเรือน นาข้าว ฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และฟาร์มเลี้ยงสัตว์โดยไม่มีการบำบัด และยังมีสารพิษตกค้างจากการเกษตรกรรม ที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำ (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, 2553) หากคำนึงถึงขีดความสามารถของระบบนิเวศทางน้ำในการรองรับการใช้ประโยชน์ของทรัพยากร และคำนึงถึงการใช้ที่ไม่ก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมต่อคุณค่าทรัพยากรและคุณภาพสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ทั้งทางตรงและทางอ้อม อนึ่ง ในการวิจัยนี้จะทำการ การศึกษาคุณภาพน้ำและการประเมินสถานการณ์ความอุดมสมบูรณ์โดยใช้คลอโรฟิลล์ เอ รวมทั้งเสนอแนะแนวทางการควบคุมระดับมลพิษที่เหมาะสมกับพื้นที่แม่น้ำอิงตอนบนและตอนกลาง และสามารถกำหนดขอบเขตและวางแผนการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ลุ่มน้ำอิงได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต่อไป

วิธีการศึกษา

1.การเก็บรวมรวมข้อมูล

กำหนดจุดเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำ ทำการสำรวจคุณภาพน้ำทุก 2 เดือน ตั้งแต่ เดือนมกราคม – ธันวาคม 2560 เก็บตัวอย่างในแม่น้ำอิงจำนวน 10 สถานี และในลำห้วยสาขา 10 สาย ซึ่งเป็นบริเวณรองรับมลพิษจากการใช้ประโยชน์ในพื้นที่รอบแม่น้ำอิงตอนบนตอนกลาง **(Figure 1)** นอกจากนี้ยังเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษจากกิจกรรมประเภทต่างๆ อีก 12 สถานี รวมทั้งหมด 32 สถานี โดยจำแนกการวิเคราะห์ เป็น 2 ฤดู คือฤดูน้ำหลาก (มิ.ย.-ธ.ค.) และฤดูแล้ง (ม.ค.-พ.ค.) ทำการศึกษาปัจจัยคุณภาพน้ำทั่วไป ด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำหลายตัวแปรยี่ห้อ

YSI รุ่น 556 MPS ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ การนำไฟฟ้า อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ และความเค็ม สำหรับความโปร่งแสงใช้เครื่องมือ Secchi disk ปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟต ตามวิธีวิเคราะห์ของ APHA et al. (2012) โดยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น DR6000 แบรนด์ HACH และคลอโรฟิลล์ เอ โดยเก็บน้ำที่ระดับความลึก 0.5 เมตร จากผิวน้ำ 500 มล./ขวด เก็บรักษาด้วยความเย็นนำไปวิเคราะห์ค่าคลอโรฟิลล์เอในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี ethanol method (Nusch, 1980) โดยเครื่อง Spectrophotometer Hitachi รุ่น : U-1900 (Strickland and Parsons, 1972) สังเกตลักษณะต่างๆ ที่อยู่รอบๆ แหล่งน้ำ พร้อมทั้งถ่ายภาพจุดเก็บตัวอย่างและลักษณะต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจดบันทึกข้อมูล

2.การประเมินสถานภาพความอุดมสมบูรณ์โดยใช้คลอโรฟิลล์ เอ

การประเมินสถานภาพความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ ทำได้จากการประเมินโดยใช้เกณฑ์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีเกณฑ์ดังนี้ แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์น้อย (Oligotrophic status) พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำน้อยกว่า 4.7 มก./ม.^{2} และแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง (Mesotrophic status) พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ อยู่ในช่วง 4.7–14.3 มก./ม.^{2} แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์มาก (Eutrophic status) พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำมากกว่า 14.3 มก./ม.^{2} (Ryding and Rast, 1989)

3.จัดทำฐานข้อมูลรูปแบบและลักษณะการใช้ประโยชน์ของพื้นที่

3.1) สำรวจการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่ โปรแกรม Arcview 3.3 และ Surfer version 8 กัญญาณัฐ และคณะ (2560) เพื่อช่วยกำหนดขอบเขตของพื้นที่ศึกษา กำหนดจุดเก็บตัวอย่าง และจัดทำแผนที่แสดงที่ตั้งและการกระจายตัวของกิจกรรมการใช้ประโยชน์ของชุมชนบริเวณรอบแม่น้ำอิง

3.2) สำรวจภาคสนามเพื่อศึกษารูปแบบและลักษณะการใช้ประโยชน์ผ่านทางแบบสัมภาษณ์โดยสัมภาษณ์การใช้ประโยชน์จากกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชน

3.3) การจัดทำฐานข้อมูล แผนที่แสดงลำห้วยสาขา วิเคราะห์ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละหมู่บ้าน โดยจำแนกตามประเภทเป็น 5 กิจกรรมในรูปฟังก์ชัน (f) ดังนี้ 1) เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, 2) เกษตรกรรม (เพาะปลูก), 3) ที่อยู่อาศัย, และ 4) ปศุสัตว์ 5) พื้นที่อื่นๆ ดังสมการที่ 1

$$Y = f (X1, X2, X3, X4, X5) \quad \ldots\ldots\ldots(1)$$

เมื่อ Y = ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ได้จากคลองสายหนึ่ง ๆ ซึ่งเป็นแหล่งรองรับมลพิษ (mg/l)

X = ประเภทของกิจกรรม ณ คลอง หนึ่ง ๆ ;

X1 = เกษตรกรรม X2 = เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

X3 = ที่อยู่อาศัย X4 = ปศุสัตว์ X5 = พื้นที่อื่น ๆ

เพื่อประเมินกิจกรรมที่เข้ามาสู่คลองแต่ละลำห้วย โดยคำนึงถึงสัดส่วนการไหลลงลำห้วย โดยรอบพื้นที่นั้น

4. การประเมินปริมาณธาตุอาหารจากกิจกรรมต่างๆ

ประเมินปริมาณธาตุอาหารจากกิจกรรมต่างๆ โดยการคำนวณจากปริมาณของมลพิษและพื้นที่ซึ่งมีการใช้ประโยชน์ที่อยู่ในเขตการจัดแบ่งตามการวิเคราะห์ในข้อ 3.3) ข้างต้น หลักการโดยใช้ขอบเขตของสันปันน้ำลุ่มน้ำย่อยแบ่งตามลักษณะภูมิประเทศที่ได้รับน้ำ **(Table 1)** สำหรับปริมาตรมลพิษที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำได้มาจากการออกแบบสัมภาษณ์ปริมาณการใช้น้ำในแต่ละกิจกรรมในแต่ละวันและในรอบปี ตามสมการที่ 2 (Soontornprasit and Meksumpun, 2008) ดังนี้

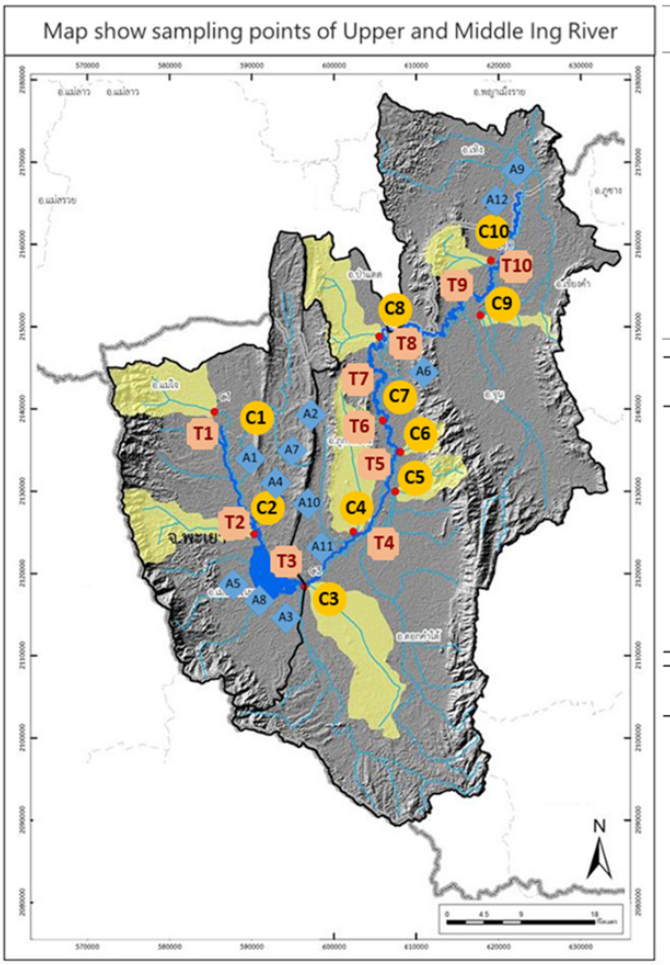
$$PLi = A \times VL \times NC \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

เมื่อ PLi = ปริมาณมลพิษที่เข้าสู่แหล่งน้ำในแต่ละเขต (i) (mg)

A= พื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ของแต่ละกิจกรรม (km^2)

VL= ปริมาตรมลพิษที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ (m3/ km^2)

N = ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลัก ซึ่งมาจากมลพิษที่เข้าสู่แหล่งน้ำ(mg/l)



station	Point sources	Coordinates	
		E	N
A1	Paddy 1	585799	2140773
A2	Paddy 2	593568	2117242
A3	Paddy 3	586015	2145634
A4	Buffalo farm	584847	2144289
A5	Pig farm	591785	2117045
A6	Chicken farm	623645	2183886
A7	Fish farm 1	583621	2144051
A8	Fish farm 2	583616	2144087
A9	Prawn farm	623919	2175288
A10	Mae Chai municipality	585580	2139192
A11	Phayao municipality	585738	2138814
A12	Thoeng municipality	625250	2177303

Station	Coordinates		Height (m)
	E	N	
C1	2139632	585470	387
C2	2124969	590246	371
C3	2118488	596385	392
C4	2125048	602354	395
C5	2129960	607095	396
C6	2134715	608286	399
C7	2139354	605377	382
C8	2148791	605500	383
C9	2150985	618377	378
C10	2160098	620722	370

Station	Coordinates		Height (m)
	E	N	
I1	2138008	586285	389
I2	2125198	590691	347
I3	2118488	596385	392
I4	2124861	603103	398
I5	2129403	606044	395
I6	2135834	606562	388
I7	2139970	605241	382
I8	2149544	605877	385
I9	2152115	615440	379
I10	2159656	621708	370

Figure 1 The survey area covered 12 stations of point source 10 stations in the Ing River and 10 canals that received pollution loads from the Ing River

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ดำเนินการโดยการคัดเลือกปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีการตอบสนองกับมลพิษที่ชัดเจน โดยทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของธาตุอาหาร ระดับคลอโรฟิลล์ เอ และใช้โปรแกรมทางสถิติเข้ามาวิเคราะห์ข้อมูลตามการจัดแบ่งเขตพื้นที่และฤดูกาลที่ได้รับผลกระทบของน้ำเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ วิเคราะห์ความสัมพันธ์และอิทธิพลของปัจจัยทางอุทกวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ โดยทดสอบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ย F-test โดยวิธี One – way ANOVA และ T-test ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีของ Duncan's multiple range test และวิธี Multiple regression วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยตัวแปรตามได้แก่ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ซึ่งมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงและสามารถเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำได้ และตัวแปรต้นได้แก่ ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และปริมาณธาตุอาหาร และพัฒนาแบบจำลองเชิงบูรณาการโดยวิธี multivariate analysis แสดงการตอบสนองของระบบนิเวศ ในโปรแกรม SPSS for Windows version 22

Table 1 Utilization area of branch creek in the upper and middle Ing River watershed

Station	Total area (Rai)	Area (Rai)								Percent (%)
		Resi-dence	Farming	Aqua culture	Live stock	Water source	Forest	Industry	Others	
C1	46,102	2,349	25,375	153	-	212	17,150	219	644	15.18
C2	42,021	2,315	16,883	567	74	229	21,644	14	295	13.84
C3	70,179	2,993	63,074	627	14	262	1,716	634	858	23.11
C4	43,891	2,761	27,791	236		882	11,801	27	393	14.45
C5	17,311	292	6,878	25		68	10,032		15	5.70
C6	9,198	558	3,234	22		63	5,228	25	69	3.03
C7	2,224	3	1,189	2	8	100	899		22	0.73
C8	46,744	1,529	25,539	874		586	18,085	52	79	15.39
C9	7,645	1,245	4,989	82		152	1,176			2.52
C10	18,330	982	9,263	48		87	7,950			6.04
Total	303,646	15,027	184,215	2,637	96	2,642	95,681	971	2,375	100.0
%	100.0	4.95	60.67	0.87	0.03	0.87	31.51	0.32	0.78	

Table 2 Water quality in the in the branch creek of upper and middle Ing River

Parameter	MIN	MAX	Average	SD	Standard	Reference
Transparency (cm)	5.00	87.00	26.85	17.93	30-60	Santiwat (2013)
Temperature (°C)	22.02	31.80	26.50	22.02	natural	Pollution Control Department (2019)
Conductivity (µS/cm)	6.00	81.00	19.31	12.66	150–300	Pollution Control Department (2019)
Total dissolved solids (mg/l)	40.0	730.0	140.0	110.0	< 500	Pollution Control Department (2019)
Dissolved Oxygen (mg/l)	3.50	10.00	6.45	1.51	6	Pollution Control Department (2019)
pH	6.05	9.67	7.94	1.14	5 – 9	Pollution Control Department (2019)
Chlorophyll a (mg/l)	0.0	8.0	2.2	1.5	4.7-14.3	Ryding and Rast (1989)
NH_3-N (mg/l)	0.01	4.03	1.17	1.95	< 0.5	Pollution Control Department (2019)
NO_2^- + NO_3^- (mg/l)	0.01	2.93	0.29	0.57	< 0.3,< 5	Pollution Control Department (2019)
PO_4^{3-} -P (mg/l)	0.01	0.05	0.02	0.01	< 0.6	Pollution Control Department (2019)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. คุณภาพน้ำบริเวณลำห้วยสาขาของแม่น้ำอิงตอนบน และตอนกลาง

คุณภาพน้ำบริเวณลำห้วยสาขาของแม่น้ำอิงตอนบน และตอนกลาง (C1-C10) ที่ทำการศึกษา ได้แก่ ความโปร่งแสง อุณหภูมิ การนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความเป็นกรด-เบส ปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์และไนเตรท ออร์โธฟอสเฟต และคลอโรฟิลล์ เอ โดยความโปร่งแสงมีค่าอยู่ในช่วง 5.0-87.0 ซม. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.85±17.93 ซม. อุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 22.02-31.80 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.50±22.02 องศาเซลเซียส การนำไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 6.00-81.00 ไมโครซีเมนส์/ซม.

มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.31±12.66 ไมโครซีเมนส์/ซม. ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 40.00-730.00 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 140.00±110.00 มก./ล. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 3.50-10.00 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.45±1.51 มก./ล. ความเป็นกรด-ด่าง มีค่าอยู่ในช่วง 6.05-9.67 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.94±1.14 ปริมาณแอมโมเนียมีค่าอยู่ในช่วง 0.01-4.03 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.17±1.95 มก./ล. ไนไตรท์และไนเตรทมีค่าอยู่ในช่วง 0.01-2.93 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.29±0.57 มก./ล. ออร์โธฟอสเฟตมีค่าอยู่ในช่วง 0.01-0.05 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02±0.01 มก./ล. และความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอมีค่าอยู่ในช่วง 0.0-8.0 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.2±1.5 มก./ล. (Table 2)

เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่า คุณภาพน้ำส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างระหว่างพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นออร์โธฟอสเฟตมีความแตกต่างตามสถานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาตามฤดูกาลโดยช่วงฤดูแล้ง (ม.ค.-พ.ค.) และฤดูน้ำหลาก (มิ.ย.-ธ.ค.) พบว่า อุณหภูมิของน้ำ ความนำไฟฟ้า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง ความโปร่งแสง แอมโมเนีย และ ไนไตรท์และไนเตรท มีความแตกต่างระหว่างฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปริมาณแอมโมเนียมีค่าสูงในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากในฤดูร้อนอุณหภูมิอากาศสูงและแสงส่องลงสู่ผิวน้ำมากทำให้เกิดการแบ่งชั้นของน้ำ โดยน้ำชั้นบนจะมีอุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนสูง ในขณะที่น้ำชั้นล่างที่แสงส่องไม่ถึงจะมีอุณหภูมิต่ำและปริมาณออกซิเจนต่ำกว่าบริเวณพื้นบ่อจะมีกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นจึงมีการสะสมของแอมโมเนียและของเสียต่าง ๆ มากขึ้น (Ahmed et al., 2012) ประกอบกับอัตราการระเหยของน้ำที่เพิ่มขึ้นในฤดูร้อนทำให้ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มสูงขึ้น (Cowan et al., 2012) และช่วงเวลาดังกล่าวแหล่งน้ำมีปริมาณน้ำน้อยทำให้น้ำจากชุมชนที่อยู่อาศัย ประกอบกับการทำเกษตรกรรมจึงได้รับสารอาหารจากการซักล้างและการใช้ปุ๋ย (Table 3)

2. คุณภาพน้ำในแม่น้ำอิงตอนบนและตอนกลาง

คุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำอิงตอนบน ตอนกลาง (T1-T10) พบว่าความโปร่งแสงมีค่าอยู่ในช่วง 5.00-78.80 ซม. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.87±16.73 ซม. อุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 22.25-30.65 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.51±1.77 องศาเซลเซียส การนำไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 7.00-28.00 ไมโครซีเมนส์/ซม. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.00±5.00 ไมโครซีเมนส์/ซม. ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 5.00-18.00 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.00±3.00 มก./ล. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 5.00-11.50 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.38±1.28 มก./ล. ความเป็นกรด-ด่าง มีค่าอยู่ในช่วง 4.53-9.47 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.86±1.26 ปริมาณแอมโมเนียมีค่าอยู่ในช่วง 0.07-8.63 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.14±1.95 มก./ล. ไนไตรท์และไนเตรทมีค่าอยู่ในช่วง 0.00-1.00 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00±1.00 มก./ล. ออร์โธฟอสเฟตมีค่าอยู่ในช่วง 0.01-0.05 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02±0.01 มก./ล. และความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าอยู่ในช่วง 0.00-11.00 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.22±1.16 มก./ล. ซึ่งค่าพารามิเตอร์คุณภาพน้ำส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานยกเว้นปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่ต่ำกว่า 6 มก./ล. ตามเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2 ในบางสถานีและบางช่วงเวลา (สันธิ วัฒน์ และคณะ, 2556) (Table 4)

เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่า พบคุณภาพน้ำส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างระหว่างพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นออร์โธฟอสเฟตมีความแตกต่างตามสถานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาตามฤดูกาลโดยช่วงฤดูแล้ง (มิ.ย. – ธ.ค.)และช่วงฤดูน้ำหลาก (ม.ค. - พ.ค.) พบว่า ความนำไฟฟ้า ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง ความโปร่งแสง แอมโมเนีย และ ไนไตรท์และไนเตรท มีความแตกต่างระหว่างฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Table 5) โดยปริมาณแอมโมเนียมีค่าสูงในช่วงฤดูแล้งทั้งในลำห้วยสาขาและแม่น้ำอิง ซึ่งเกิดจากปัจจัย อาทิ อุณหภูมิอากาศสูง เกิดการแบ่งชั้นของน้ำ กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น อัตราการระเหยของน้ำที่เพิ่มขึ้น แหล่งน้ำมีปริมาณน้ำน้อยเมื่อได้รับน้ำจากชุมชนที่อยู่อาศัยได้รับสารอาหารจากการซักล้างและการใช้ปุ๋ย ประกอบกับการทำเกษตรกรรม ทำให้ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มสูงขึ้น

Table 3 Comparison of seasonal average water quality in the branch creek of upper and middle Ing River

Parameter	Season		Standard	Reference
	Average dry ±SD	Average high load ±SD		
Transparency (cm)	35.23±21.26[a]	21.36±13.05[b]	30-60	Santiwat (2013)
Temperature (°C)	25.47±2.41[a]	27.21±1.59[b]	natural	Pollution Control Department (2019)
Conduct (µS/cm)	25.00±9.00[a]	0.16±0.13[b]	150–300	Pollution Control Department (2019)
Total dissolved solids (mg/l)	16.00±7.00[a]	0.12±0.12[a]	< 500	Pollution Control Department (2019)
Dissolved Oxygen (mg/l)	7.47±0.91[a]	5.77±1.45[b]	6	Pollution Control Department (2019)
pH	9.12±0.27[a]	7.14±0.72[b]	5 – 9	Pollution Control Department (2019)
Chlorophyll a (mg/l)	3.00±1.00[a]	2.00±2.00[a]	4.7-14.3	Ryding and Rast (1989)
NH_3-N (mg/l)	1.68±2.37[b]	0.42±0.51[a]	< 0.5	Pollution Control Department (2019)
NO_2^- + NO_3^- (mg/l)	0.03±0.03[a]	0.47±0.68[b]	< 0.3,< 5	Pollution Control Department (2019)
PO_4^{3-} -P (mg/l)	0.03±0.01[a]	0.02±0.01[a]	< 0.6	Pollution Control Department (2019)

Table 4 Water quality in the in the upper and middle Ing River

Parameter	MIN	MAX	Average	SD	Standard	Reference
Transparency (cm)	5.00	78.80	27.87	16.73	30-60	Santiwat (2013)
Temperature (°C)	22.25	30.65	26.51	1.77	21-32	Pollution Control Department (2019)
Conduct (µS/cm)	7.00	28.00	16.00	5.00	150–300	Pollution Control Department (2019)
Total dissolved solids (mg/l)	5.00	18.00	11.00	3.00	< 500	Pollution Control Department (2019)
Dissolved Oxygen (mg/l)	5.00	11.50	7.38	1.28	> 3	Pollution Control Department (2019)
pH	4.53	9.47	7.86	1.26	6.5 – 8.5	Pollution Control Department (2019)
Chlorophyll a (mg/l)	0.00	11.0	2.22	1.16	4.7-14.3	Ryding and Rast (1989)
NH_3-N (mg/l)	0.07	8.63	1.14	1.95	< 0.5	Pollution Control Department (2019)
NO_2^- + NO_3^- (mg/l)	0.00	1.00	0.19	0.57	< 0.3, < 5	Pollution Control Department (2019)
PO_4^{3-} -P (mg/l)	0.01	0.05	0.02	0.01	< 0.6	Pollution Control Department (2019)

Table 5 Comparison of seasonal average water quality in the upper and middle Ing River

Parameter	Season		Standard	Reference
	Average dry ±SD	Average high load ±SD		
Transparency (cm)	38.10±19.52[a]	20.81±9.73[b]	30-60	Santiwat (2013)
Temperature (°C)	25.87±2.33[a]	26.95±1.10[a]	21-32	Pollution Control Department (2019)
Conduct (µS/cm)	20.98±3.75[a]	13.16±3.69[b]	150–300	Pollution Control Department (2019)
Total dissolved solids (mg/l)	13.83±2.42[a]	9.33±2.63[b]	< 500	Pollution Control Department (2019)
Dissolved Oxygen (mg/l)	7.23±0.81[a]	7.48±1.52[a]	> 3	Pollution Control Department (2019)
pH	9.15±0.20[a]	6.97±0.83[b]	6.5 – 8.5	Pollution Control Department (2019)
Chlorophyll a (mg/l)	2.44±0.09[a]	2.10±1.94[a]	4.7-14.3	Ryding and Rast (1989)
NH_3-N (mg/l)	2.56±2.95[a]	2.46±3.14[b]	< 0.5	Pollution Control Department (2019)
NO_2^- + NO_3^- (mg/l)	0.02±0.01[a]	0.30±0.37[b]	< 0.3, < 5	Pollution Control Department (2019)
PO_4^{3-}-P (mg/l)	0.02±0.01[a]	0.02±0.01[a]	< 0.6	Pollution Control Department (2019)

Table 6 Level of nutrients and total maximum pollution loads into the upper and middle Ing River

Activity	Level of nutrients (mg/l)		Total pollution load (x 10^9 mg)		Area (km^2)
	NH_3-N	PO_4^{3-}-P	NH_3-N	PO_4^{3-}-P	
Domestic	33.90	16.77	67.68	35.16	24.04
Market	30.03	20.63			
Rice paddy	0.81	0.86	0.27	0.15	294.74
Garden fruit	1.3	0.74			
Aquaculture	2.08	2.80	0.11	0.07	4.22
Chicken farm	3.44	9.19			
Livestock	4.74	2.72	0.02	0.02	0.15
Pig farm	13.04	15.81			
Total	-	-	68.08	35.39	323.15

3. ระดับของมลพิษและการประเมินปริมาณมลพิษจากกิจกรรมแต่ละประเภท

ในการประเมินปริมาณมลพิษจากกิจกรรมต่าง ๆ ในพื้นที่รอบแม่น้ำอิง พบว่า ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) จากเขตชุมชนเมือง มีค่ามากที่สุด คือ 33.90 มก./ล. รองลงมา ได้แก่ ตลาดและฟาร์มหมูมีค่าเท่ากับ 30.03 และ 13.04 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนระดับความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (PO_4^{3-}-P) จากการตลาดมีค่าของมลพิษมากที่สุด คือ 20.63 มก./ล. รองลงมา ได้แก่ เขตชุมชนเมือง และ ฟาร์มหมูมีค่าเท่ากับ 16.77 และ 15.81 มก./ล. ตามลำดับ **(Table 6)** สอดคล้องกับการศึกษาของ Soontornprasit and Meksumpun (2008) ประเมินระดับของมลพิษทางน้ำสูงสุดที่สามารถยอมรับได้ในแม่น้ำบางปะกง เขตอำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่าปริมาณมลพิษรวมจะถูกปลดปล่อยจากแหล่งที่อยู่อาศัยเข้าสู่แหล่งน้ำมากที่สุด เมื่อพิจารณาปริมาณมลพิษรวมจากแต่ละกิจกรรมในรอบปี พบว่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนรวมที่ปล่อยจากกิจกรรมต่างๆ มีค่าเท่ากับ 68.08×10^9 มก. โดยที่อยู่อาศัย มีค่ามลพิษรวมของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน มากที่สุด คือ 67.68×10^9 มก. สำหรับปริมาณมลพิษรวมของออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมนั้น มีค่าเท่ากับ 35.39×10^9 มก. โดยมากที่สุด คือ ที่อยู่อาศัยมีค่า 35.16×10^9 มก. **(Table 6)** ผลการศึกษาสรุปได้ว่า ที่อยู่อาศัยให้ระดับความเข้มข้นของมลพิษมากที่สุด อีกทั้งปริมาณมลพิษต่อหน่วยจะถูกปลดปล่อยจากแหล่งที่อยู่อาศัยเข้าสู่แหล่งน้ำมากที่สุด

4. การประเมินสถานภาพความอุดมสมบูรณ์โดยใช้คลอโรฟิลล์ เอ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในลำห้วยสาขา มีค่าอยู่ในช่วง 0.0-8.0 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.2±1.5 มก./ล. ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแม่น้ำอิง มีค่าอยู่ในช่วง 0.00-11.00 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.22±1.16 มก./ล. การประเมินสถานภาพความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำทำได้จากการประเมินโดยใช้เกณฑ์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีเกณฑ์ดังนี้ แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์น้อย (Oligotrophic status) พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำน้อยกว่า 4.7 มก./ม.^{2} และแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง (Mesotrophic status) พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ อยู่ในช่วง 4.7–14.3 มก./ม.^{2} แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์มาก (Eutrophic status) พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ มากกว่า 14.3 มก./ม.^{2} (Ryding and Rast, 1989) ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าแม่น้ำอิงตอนบนและตอนกลางมีความอุดมสมบูรณ์น้อย

จากการทดสอบทางสถิติ พบว่า ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ($p<0.05$) กับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ในทิศทางเดียวกัน คิดเป็นร้อยละ 22.4 ซึ่งเป็นผลมาจากการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช สามารถอธิบายได้ว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของปริมาณแพลงก์ตอนพืชรวม แสดงให้เห็นว่า หากในสภาวะที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูง จะมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชรวมสูงด้วย ซึ่งจะมีผลต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชได้ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง จึงทำให้แหล่งน้ำมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในน้ำมีปริมาณลดลง จึงทำให้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูง และเมื่อแพลงก์ตอนมีการสังเคราะห์แสงก็จะมีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่ามากด้วย **(Figure 2)**

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ตามฤดูกาลพบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในช่วงฤดูแล้ง (ม.ค.-พ.ค.) ไม่แตกต่างกับช่วงฤดูน้ำหลาก (มิ.ย.-ธ.ค.) ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอทั้งสองฤดูมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาลำน้ำสาขาและแม่น้ำอิงตอนบนและตอนกลาง เป็นแหล่งพื้นที่ที่มีการไหลของน้ำที่แรง การเกิดหรือความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในมวลน้ำมักมีระดับที่ต่ำลงและมักพบผู้ผลิตขั้นต้นในกลุ่มสาหร่ายหรือพรรณไม้น้ำที่ยึดเกาะกับพื้นท้องน้ำได้มากกว่าการพบปริมาณแพลงก์ตอนพืช ด้วยเหตุนี้การประยุกต์ใช้ระดับของคลอโรฟิลล์ เอในน้ำจึงมีข้อจำกัด ในการนี้เมีข้อเสนอให้ใช้ระดับของแร่ธาตุอาหารในรูปฟอสฟอรัสหรือไนโตรเจนที่มีในมวลน้ำมาเป็นตัวชี้วัด (จารุมาศ, 2558) ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้คลอโรฟิลล์ เอไม่ควรใช้เป็นดัชนีชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ของแม่น้ำอิง การศึกษาครั้งนี้ปริมาณแอมโมเนียมีการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนซึ่งเป็นสารประกอบของไนโตรเจน ซึ่งแหล่งที่มาจากการกัดเซาะพัดพาของน้ำที่ไหลผ่านแผ่นดิน น้ำนิ่งจากบ้านเรือน ที่อยู่อาศัย และน้ำทิ้งจากเกษตรกรรม โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยในการปลูกพืชบริเวณโดยรอบแหล่งน้ำ การดูดซับเอาแอมโมเนียไปใช้ในรูป

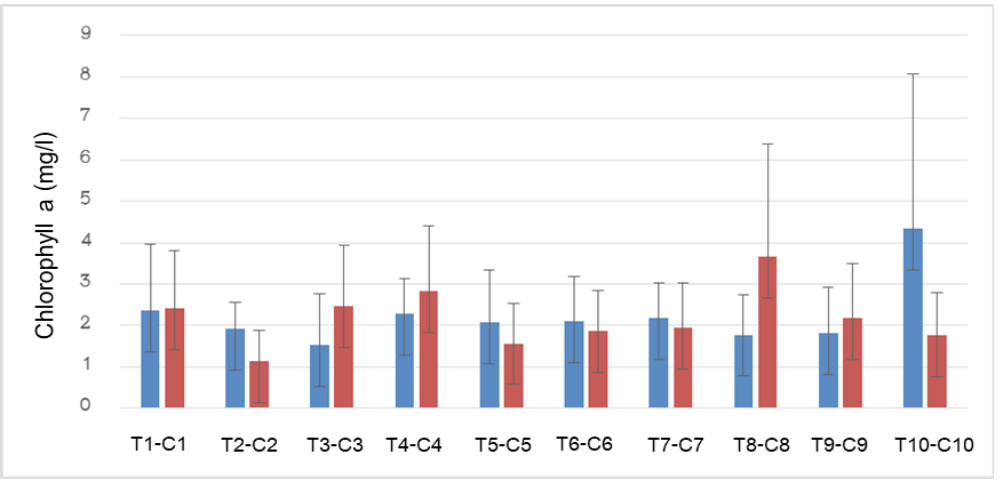


Figure 2 Chlorophyll a concentration in the upper and middle Ing River (T1-T10) and branch creek of upper and middle Ing River (C1-C10)

แอมโมเนียมเพื่อนำไปสร้างโครงสร้างทางอินทรีย์สารโดยผู้ผลิตขั้นต้นจะใช้สารประกอบไนโตรเจนที่ละลายน้ำในรูปแอมโมเนียมได้ง่ายกว่าในรูปไนไตรท์หรือไนเตรท (จารุมาศ, 2558)

โดยสรุปความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ในแม่น้ำอิงมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับต่ำ โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มสูงขึ้นสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ออร์โธฟอสเฟตและสารประกอบไนโตรเจนในรูป ไนไตรท์ และไนเตรท เนื่องจากบริเวณแม่น้ำอิงตอนบนและตอนกลางได้รับอิทธิพลจากน้ำทิ้งจากการตั้งชุมชน ทำให้ปริมาณธาตุอาหารที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำมีปริมาณมาก ประกอบกับปริมาณน้ำในแหล่งน้ำมีน้อย ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวมีปริมาณธาตุอาหารสูง ซึ่งทำให้ปริมาณแพลงก์ตอนรวมเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นควรได้รับการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในช่วงฤดูแล้งสำหรับแม่น้ำอิงตอนบนและตอนกลาง และลำห้วยสาขาบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมต่างๆ

5. การพัฒนาแบบจำลองเชิงบูรณาการ

ในการศึกษานี้ ได้พัฒนาแบบจำลองเชิงบูรณาการซึ่งแสดงการตอบสนองของระบบนิเวศ โดยเป็นการตอบสนองของคลอโรฟิลล์ เอ ต่อปัจจัยคุณภาพน้ำต่างๆ ซึ่งแบบจำลองเชิงบูรณาการ ในที่นี้หมายถึง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถอธิบายอิทธิพลของปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพ และเคมี ที่มีต่อคลอโรฟิลล์ เอ ซึ่งเป็นตัวแทนการตอบสนองของระบบนิเวศทางน้ำ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และ multivariate analysis พบว่า ปัจจัยแวดล้อมแต่ละประเภทมีบทบาทต่อระดับของคลอโรฟิลล์ เอ ในแหล่งน้ำแต่ละพื้นที่ และระยะเวลาต่าง ๆ ดังนี้

สำหรับพื้นที่ลำห้วยสาขาในฤดูแล้ง ดังสมการ CHL a = -11.181 +1.478pH -0.013 Trans -13.404 NO_2^-+NO_3^- + 52.563 PO_4^{3-} (R^2 = 0.491) ในฤดูน้ำหลาก ดังสมการ CHL a = -3.605 +0.241 Temp. -0.031 Trans -0.262 NH_4^+ (R^2 = 0.427) บริเวณพื้นที่ตอนบน ดังสมการ CHL a = 1.746 +19.361 TDS-0.174 pH -38.954 PO_4^{3-} (R^2 = 0.573) บริเวณพื้นที่ตอนกลาง ดังสมการ CHL a = -3.231 +0.178 Temp.+ 0.150 DO -0.111 NH_3-N (R^2 = 0.279) สำหรับในพื้นที่แม่น้ำอิงตอนบนและตอนกลาง ในฤดูแล้ง มีความสัมพันธ์ดังสมการ CHL a = 13.930 +10.237 Cond.-1.322 pH -0.015 Trans.-47.785 PO_4^{3-} (R^2 = 0.687) ในฤดูน้ำหลาก มีความสัมพันธ์

ดังสมการ CHL a = 13.205 -0.393 Temp. -6.320 Cond. +1.350 NO_2^-+NO_3^- (R^2 = 0.228) บริเวณพื้นที่ตอนบน มีความสัมพันธ์ดังสมการ CHL

a = 5.027-0.359 DO-0.363 NH_3 -0.960 NO_2^- +NO_3^- (R^2 = 0.464) บริเวณพื้นที่ตอนกลาง มีความสัมพันธ์ดังสมการ CHL a = 7.394 -0.207 Temp.+ 0.157 pH -0.024 Trans. (R^2 = 0.246)

เมื่อพิจารณาสมการข้างต้นจะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R2) ค่อนข้างต่ำ อาจเกิดจากค่า chlorophyll ไม่ควรใช้เป็นดัชนีชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ของแม่น้ำอิงเนื่องจากมีความสัมพันธ์สักับค่าความเป็นกรด-ด่าง เพียงค่าเดียว

สรุป

คุณภาพน้ำส่วนใหญ่ของแม่น้ำอิงและลำน้ำสาขาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภท 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ การอุปโภคและบริโภค อนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง และว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ ยกเว้นปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่ต่ำกว่า 6 มก./ล. ในบางสถานีและบางช่วงเวลาสั้นๆ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ แสดงให้เห็นว่าความอุดมสมบูรณ์จัดอยู่ในระดับต่ำ ที่อยู่อาศัยให้ระดับความเข้มข้นของมลพิษมากที่สุด อีกทั้งปริมาณมลพิษต่อหน่วยจะถูกปลดปล่อยจากแหล่งที่อยู่อาศัยเข้าสู่แหล่งน้ำมากที่สุด ปริมาณสารอาหารไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมีค่าสูงในช่วงฤดูแล้งทั้งในลำห้วยสาขาและแม่น้ำอิง เนื่องจากแหล่งน้ำได้รับน้ำที่มีความเข้มข้นของสารอาหาร ซึ่งมาจากแหล่งชุมชน การทำเกษตรกรรมที่มีการใช้ปุ๋ย เมื่อปัจจัยเหล่านี้ลงมาในน้ำที่มีปริมาณน้ำน้อยในแหล่งน้ำ และมีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช เนื่องจากแอมโมเนียเป็นสารประกอบไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง ปัญหาที่เกิดขึ้นทางด้านคุณภาพน้ำในแม่น้ำอิงนั้นส่วนใหญ่จะเกิดจากปัญหาทางด้านน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน รองลงมาได้แก่น้ำทิ้งจากพื้นที่การเกษตร จึงทำให้ปัญหาคุณภาพน้ำโดยภาพรวมยังไม่ก่อให้เกิดปัญหามากนัก อย่างไรก็ตาม การจัดการปัญหาดังกล่าวนั้นควรพิจารณาประเภทของกิจกรรม ซึ่งในที่นี้กิจกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษสูงสุด ได้แก่ ที่อยู่อาศัย การเกษตรและปศุสัตว์ สำหรับกิจกรรมทั้ง 3 ดังกล่าว ควรมีการบำบัดน้ำทิ้งอย่างจริงจัง และกำกับดูแล การใช้มาตรการทางกฎหมายให้เข้มงวดยิ่งขึ้นในการเสนอแนวทางการควบคุม เฝ้าระวัง และการจัดการมลพิษทางน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากโครงการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ภายใต้แผนการวิจัย RD 60025 การบริหารจัดการทรัพยากรประมงในแม่น้ำอิงเพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์เชิงอนุรักษ์อย่างยั่งยืน (ระยะที่ 2) มหาวิทยาลัยพะเยา ประจำปีงบประมาณ 2560

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2562. มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ. มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. แหล่งข้อมูล: http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html ค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2562.

กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์, ศิริลักษณ์ วลัญช์เพียร, และกรทิพย์ กันนิการ์. 2560. การประเมินระดับของมลพิษทางน้ำจากผลกระทบการใช้ประโยชน์ของชุมชน บริเวณกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 10 : 88-97.

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. 2558. จากต้นน้ำถึงปากแม่น้ำ บทบาททางนิเวศอุทกวิทยาและการจัดการเชิงอนุรักษ์. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิริลักษณ์ วลัญช์เพียร และ อภินันท์ สุวรรณรักษ์. 2556. ความหลากหลายของชนิดปลาในแม่น้ำอิง. แก่นเกษตร. 41 (ฉบับพิเศษ 1): 116-122.

สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ. 2553. รายงานประจำปีสำนักจัดการคุณภาพน้ำ 2552. กรมควบคุมมลพิษ, กรุงเทพฯ.

สันธิวัฒน์ พิทักษ์พล. 2556. คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา.

RECOFTC. 2562. โครงการเสริมสร้างความเข้มแข็งเครือข่ายท้องถิ่นและหน่วยงานท้องถิ่น เพื่อการจัดการลุ่มน้ำอิงอย่างยั่งยืน. แหล่งข้อมูล: https://archive.recoftc.org/node/104686. ค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2562.

Ahmed, Z., Mohammed, F., and Rahman A. 2012. Ecomonitoring of Climate Impact on Tilapia niloticus Performance and Development of Different Histopathological Change. Global Veterinaria 8: 209-221.

APHA, AWWA and WEF. 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd ed. American Public Health Association, Washington D.C.

Cowan, V.J., Lorenzen, K., Funge-Smith, S. J. 1999. Impact of culture intensity and monsoon season on water quality in Thai commercial shrimp ponds. Aquaculture Research 30: 123-133.

Nusch, E.A.E. 1980. Comparison of Different Methods for Chlorophyll and Phaeopigment. Archiv fUr Hydrobiologie 14: 14-36.

Ryding, S. - O. and W. Rast. 1989. The Control of Eutrophication of Lakes and Reservoirs. Man and the Biosphere Series 1. Unesco, Paris and Parthenon Publishing, Carnforth.

Soontornprasit, K. and Meksumpun, C. 2008. Analysis of Aquatic Ecosystem Response for Zonation Management Approach: A Case Study of Bangpakong River and Adjacent Canals in Ban Pho Town, Chachoengsao Province, Thailand. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 42: 513 – 521.

Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries research board of Canada 2 ed. Bulletin 167, Ottawa.