

ความสัมพันธ์ของปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืช คุณภาพน้ำและความ
หลากหลายของสาหร่ายสีเขียว บริเวณห้วยแม่เหี้ยยน อ.เมือง จ.พะเยา



วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

เมษายน 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

ความสัมพันธ์ของปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืช คุณภาพน้ำและความหลากหลายของสาหร่าย
สีเขียว บริเวณห้วยแม่เหี้ยยน อ.เมือง จ.พะเยา



วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

เมษายน 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

THE RELATIONSHIP OF THE PESTICIDES RESIDUE, WATER QUALITY AND DIVERSITY OF
FRESHWATER GREEN ALGAE IN MAE YEAN CREEK, MUEANG DISTRICT, PHAYAO
PROVINCE



A Thesis Submitted to University of Phayao
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Master of Science Degree in Environmental Science
April 2024

Copyright 2024 by University of Phayao

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ความสัมพันธ์ของปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืช คุณภาพน้ำและความหลากหลายของสาหร่าย
สีเขียว บริเวณห้วยแม่เหี้ยยน อ.เมือง จ.พะเยา

ของ จิราภา วงศ์ศา

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูมิศร์ ทับทิมแดง)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤตชญา อีสกุล)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ดร. สุมล นิลรัตน์นิศากร)

..... คณบดีคณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม
(รองศาสตราจารย์ ดร. ต่อพงศ์ กวีธาดา)

เรื่อง:	ความสัมพันธ์ของปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืช คุณภาพน้ำและความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียว บริเวณห้วยแม่เหยียน อ.เมือง จ.พะเยา
ผู้วิจัย:	จิราภา วงศ์ศา, วิทยานิพนธ์: วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2566
อาจารย์ที่ปรึกษา:	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤตชญา อิศกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.สุมล นิลรัตน์
ปริญญา:	นิศากร
คำสำคัญ:	สารเคมีตกค้าง, คุณภาพน้ำ, ความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียว, สวนลันจี้

บทคัดย่อ

ลันจี้เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดพะเยา พบการปลูกลันจี้อย่างแพร่หลายในหลายพื้นที่ โดยลักษณะพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่จะเป็นบริเวณเชิงเขา มีการใช้สารเคมีทางการเกษตรอย่างกว้างขวางเพื่อควบคุมศัตรูพืช ซึ่งอาจเกิดการตกค้างและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะแหล่งน้ำ คุณภาพน้ำรวมถึงความหลากหลายทางชีวภาพในแหล่งน้ำ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช คุณภาพน้ำและความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวบริเวณห้วยแม่เหยียน อ.เมือง จ.พะเยา ซึ่งเป็นพื้นที่รองรับน้ำจากสวนลันจี้ รวมระยะเวลาการศึกษา 1 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็น 6 สถานี จากการศึกษาพบการตกค้างของสารไซเปอร์เมทรินในแหล่งน้ำสูงถึง 29.27 มิลลิกรัม/ลิตร และตกค้างมากที่สุดในสถานี P4 เดือนมีนาคมซึ่งสอดคล้องกับช่วงการฉีดพ่นสารเคมีของเกษตรกร การศึกษาคุณภาพน้ำด้านเคมี กายภาพและชีวภาพ แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงฤดูกาลต่อคุณภาพน้ำ การวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) พบว่าคะแนนคุณภาพน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญจากสถานีต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ แสดงถึงอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะในพื้นที่ชุมชน (P5) แหล่งน้ำมีคุณภาพเสื่อมโทรม การศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายพบทั้งหมด 198 สปีชีส์ โดยจีนัสที่พบมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ *Scenedesmus* sp. คิดเป็น 18.69% รองลงมาคือ *Cosmarium* sp. (18.18%), *Closterium* sp. (13.13%), *Staurastrum* sp. (7.58%) และ *Pediastrum* sp. (5.56%) สปีชีส์ที่มีความโดดเด่นในการกระจายตัวสูงสุดคือ *Pediastrum duplex* var. *duplex* ในขณะที่ *Pediastrum tetras* var. *tetraodon* มีความโดดเด่นด้านความอุดมสมบูรณ์ ดัชนีความหลากหลาย (H') และความสม่ำเสมอ (J') พบสูงสุดที่สถานี P3 (บ่อปลา) ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์จาก CCA แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการตกค้างของไซเปอร์เมทริน คุณภาพน้ำและสาหร่ายที่สถานี P3 ในขณะที่การวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดย Pearson's correlation coefficient พบความสัมพันธ์เฉพาะสาหร่ายกับคุณภาพน้ำ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทั้ง 2 วิธีให้ผลที่แตกต่างกัน จึงไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนถึงความสัมพันธ์ของการตกค้างของไซเปอร์เมทรินกับคุณภาพน้ำและสาหร่ายและยังต้องการการทดสอบเพิ่มเติมในอนาคตต่อไป

Title: THE RELATIONSHIP OF THE PESTICIDES RESIDUE, WATER QUALITY AND DIVERSITY OF FRESHWATER GREEN ALGAE IN MAE YEAN CREEK, MUEANG DISTRICT, PHAYAO PROVINCE

Author: Jirapa Wongsu, Thesis: M.S. (Environmental Science), University of Phayao, 2023

Advisor: Assistant Professor Dr. Kritchaya Issakul Co–advisor Dr.SUMOL NILRATNISAKON

Keywords: Pesticide residue, Water quality, Diversity of green algae, Lychee orchard

ABSTRACT

Lychee is an important economic fruit of the Phayao Province. It is extensively cultivated and is widely found in various regions, especially in the foothills. Agrochemicals are widely used for pest management purposes and exhibit notable environmental impacts, particularly on aquatic biodiversity and water quality. This research aims to examine the relationships between pesticide residue, water quality, and green algae diversity in the lychee plantation catchment area in Mae Yean, Mueang District, Phayao Province, from January to December 2022. The study area is divided into 6 stations. Research revealed an increasing pattern of cypermethrin residue in water sources, with highest levels reaching 29.27 mg/L at the P4 station in March. This concentration corresponded to the period when the farmers applied pesticide sprays. The study of physical, chemical and biological parameters of water quality demonstrated the impact of geographical and seasonal variations on water quality. Analysis of the Water Quality Index (WQI) revealed a substantial decline in water quality from the upstream to the downstream station, indicating that changes in land use and human activities had a significant impact, particularly in the community area (P5), which was deteriorated in water quality. Investigating the diversity of green algae unveiled an extensive list of 198 species. The top five most numerous genera is *Scenedesmus* sp. comprising 18.69% of the total. Subsequently, *Cosmarium* sp. (18.18%), *Closterium* sp. (13.13%), *Staurastrum* sp. (7.58%), and *Pediastrum* sp. (5.56%) followed suit. *Pediastrum duplex* var. *duplex* is the relative species of distribution (common species), while *Pediastrum tetras* var. *tetraodon* is an abundance species. Evenness (J') and diversity index (H') were determined to be strongest at station P3. The correlation analysis performed using CCA revealed a significant association between the cypermethrin residue, the water quality, and algae at the station P3. On the contrary, the application of Pearson's correlation coefficient analysis only identified a correlation between algae and water quality. The results obtained from the two correlation analysis methodologies were dissimilar. Consequently, establishing a definitive correlation between cypermethrin residues and water quality or phytoplankton remains unattainable; therefore, additional research is necessary.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่องความสัมพันธ์ของปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืช คุณภาพน้ำและความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียว บริเวณห้วยแม่เหี้ยวน อ.เมือง จ.พะเยา สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสามารถและสนับสนุนเป็นอย่างดีจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤตชญา อีสกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เนติ เงินแพทย์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ปรีกษา ตลอดจนเสนอแนะแนวทางการวิจัย และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูมิศร์ ทับทิมแดง ที่ให้เกียรติมาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ และดร.สุมล นิลรัตน์นิศากร ที่ให้เกียรติมาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม และคณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัยครั้งนี้ รวมถึงนักวิทยาศาสตร์และเพื่อนร่วมสาขาวิชา ที่ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือทั้งร่างกายแรงใจ ในการทำปฏิบัติการ

สุดท้ายนี้ ดิฉันหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเกิดประโยชน์ทางการศึกษาหรือเป็นแนวทางต่อผู้สนใจศึกษาต่อไป

จิราภา วงศ์ศา



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสารเคมีกำจัดศัตรูพืช.....	4
สำหรับ.....	7
การใช้สารร้ายเป็นดัชนีทางชีวภาพบ่งชี้คุณภาพน้ำ	10
ความเป็นพิษของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่อสารร้าย	11
การตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม.....	12
การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีบางประการ	12
การประเมินคุณภาพน้ำ.....	16
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	20

พื้นที่ศึกษา.....	20
อุปกรณ์และสารเคมี	21
วิธีการดำเนินการวิจัย	25
บทที่ 4 ผลการทดลอง	30
การวิเคราะห์หาปริมาณการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชไซเปอร์เมทริน.....	30
การศึกษาคุณภาพน้ำด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ.....	33
การประเมินโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน (Water Quality Index : WQI)	46
การศึกษาความหลากหลายของสาหร่าย	47
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไซเปอร์เมทริน คุณภาพน้ำและความหลากหลายของ สาหร่ายสีเขียว	86
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผล	91
อภิปราย	91
สรุปผล	105
ข้อเสนอแนะ.....	107
บรรณานุกรม	108
ภาคผนวก	120
ภาคผนวก ก ข้อมูลคุณภาพน้ำทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมี.....	121
ภาคผนวก ข มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน.....	128
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ณ ห้องปฏิบัติการ	135
ภาคผนวก ง ภาพประกอบ	139
ประวัติผู้วิจัย	141

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ร้อยละการกลับคืน (% Recovery) ของสารไซเปอร์เมทริน ที่ความเข้มข้นระดับ 0.5, 1.0 และ 10.0 มิลลิกรัม, ขีดจำกัดของการตรวจวัด (LOD) และ ขีดจำกัดการวัดเชิงปริมาณ (LOQ).....	31
ตาราง 2 ความเข้มข้นของไซเปอร์เมทรินที่พบในแต่ละสถานี ตั้งแต่เดือนมกราคม - ธันวาคม 2565	32
ตาราง 3 จินัสของสาหร่ายที่พบระหว่างการศึกษា.....	49
ตาราง 4 การกระจายตัวของสาหร่ายและปริมาณเซลล์ที่พบ	50
ตาราง 5 ดัชนีความหลากหลาย (H') และความสม่ำเสมอ (J') ของสาหร่ายเฉลี่ยตลอดการศึกษา.....	50
ตาราง 6 สาหร่ายที่พบทั้ง 6 สถานี ตลอดการศึกษา	80
ตาราง 7 ความสัมพันธ์ Pearson's correlation coefficient ระหว่างไซเปอร์เมทริน คุณภาพน้ำ และสาหร่าย.....	89
ตาราง 8 ความสัมพันธ์ Pearson's correlation coefficient ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำ	90
ตาราง 9 อุณหภูมิน้ำ.....	121
ตาราง 10 ค่าความเป็นกรด-ด่าง.....	121
ตาราง 11 ค่าการนำไฟฟ้า.....	122
ตาราง 12 ความขุ่นของน้ำ	122
ตาราง 13 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO).....	123
ตาราง 14 ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD).....	123
ตาราง 15 ปริมาณแอมโมเนีย.....	124
ตาราง 16 ปริมาณออร์โธฟอสเฟต.....	124
ตาราง 17 ปริมาณไนเตรท	125

ตาราง 18 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ.....	125
ตาราง 19 ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย.....	126
ตาราง 20 ปริมาณฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย.....	126
ตาราง 21 ดัชนีคุณภาพน้ำ (Water Quality Index : WQI).....	127
ตาราง 22 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน.....	129
ตาราง 23 สูตรสมการการคิดคะแนนค่า DO	132
ตาราง 24 สูตรสมการการคิดคะแนนค่า BOD	133
ตาราง 25 สูตรสมการการคิดคะแนนค่า TCB	133
ตาราง 26 สูตรสมการการคิดคะแนนค่า FCB	133
ตาราง 27 สูตรสมการการคิดคะแนนค่าแอมโมเนีย	133
ตาราง 28 ดัชนี MPN และค่าความเชื่อมั่นที่ 95% สำหรับผลบวกและผลลบสำหรับตัวอย่าง 3 หลอด ต่อดัชนีความเชื่อใจ 0.10, 0.01 และ 0.001 มิลลิลิตร.....	138



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพ 1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่าง.....	20
ภาพ 2 กราฟมาตรฐานไซเปอร์เมทริน	31
ภาพ 3 ปริมาณไซเปอร์เมทรินที่ตรวจวัดได้.....	32
ภาพ 4 อุณหภูมิน้ำและความเป็นกรด-ด่าง.....	34
ภาพ 5 การนำไฟฟ้าและความขุ่น	36
ภาพ 6 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD).....	38
ภาพ 7 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟต.....	41
ภาพ 8 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ	43
ภาพ 9 ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟิโคลโคลิฟอร์ม.....	45
ภาพ 10 ดัชนีคุณภาพน้ำ (Water quality index)	46
ภาพ 11 ความอุดมสมบูรณ์ของสาหร่ายตั้งแต่สถานีต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ (P1-P6).....	48
ภาพ 12 สาหร่ายที่พบทั้งหมดใน สถานี P1 น้ำตกแม่เหิย่น	51
ภาพ 13 สาหร่ายที่พบทั้งหมดใน สถานี P1 น้ำตกแม่เหิย่น (ต่อ).....	52
ภาพ 14 สาหร่ายที่พบในเดือนมิถุนายน สถานี P1 น้ำตกแม่เหิย่น (ต่อ).....	53
ภาพ 15 สาหร่ายที่พบในเดือนเมษายน สถานี P2 สวนลั่นจี่.....	54
ภาพ 16 สาหร่ายที่พบในเดือนเมษายน สถานี P2 สวนลั่นจี่ (ต่อ).....	55
ภาพ 17 สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P2 สวนลั่นจี่ (ต่อ)	56
ภาพ 18 สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P2 สวนลั่นจี่ (ต่อ)	57
ภาพ 19 สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P3 บ่อปลา	58
ภาพ 20 สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P3 บ่อปลา (ต่อ).....	59

ภาพ 21	สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P3 บ่อปลา (ต่อ)	60
ภาพ 22	สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P3 บ่อปลา (ต่อ).....	61
ภาพ 23	สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P3 บ่อปลา (ต่อ).....	62
ภาพ 24	สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P3 บ่อปลา (ต่อ).....	63
ภาพ 25	สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P3 บ่อปลา (ต่อ).....	64
ภาพ 26	สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P4 พื้นที่เกษตรกรรม	65
ภาพ 27	สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P4 พื้นที่เกษตรกรรม (ต่อ)	66
ภาพ 28	สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P4 พื้นที่เกษตรกรรม (ต่อ).....	67
ภาพ 29	สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P4 พื้นที่เกษตรกรรม (ต่อ).....	68
ภาพ 30	สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P4 พื้นที่เกษตรกรรม (ต่อ).....	69
ภาพ 31	สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P4 พื้นที่เกษตรกรรม (ต่อ)	70
ภาพ 32	สาหร่ายที่พบทั้งหมดในสถานี P5 คลองผ่านชุมชนบ้านใหม่.....	71
ภาพ 33	สาหร่ายที่พบทั้งหมดในสถานี P5 คลองผ่านชุมชนบ้านใหม่ (ต่อ)	72
ภาพ 34	สาหร่ายที่พบทั้งหมดในสถานี P5 คลองผ่านชุมชนบ้านใหม่ (ต่อ).....	73
ภาพ 35	สาหร่ายที่พบทั้งหมดในสถานี P5 คลองผ่านชุมชนบ้านใหม่ (ต่อ)	74
ภาพ 36	สาหร่ายที่พบทั้งหมดในสถานี P6 จุดรวมน้ำอิง.....	75
ภาพ 37	สาหร่ายที่พบทั้งหมดในสถานี P6 จุดรวมน้ำอิง (ต่อ).....	76
ภาพ 38	สาหร่ายที่พบทั้งหมดในสถานี P6 จุดรวมน้ำอิง (ต่อ).....	77
ภาพ 39	สาหร่ายที่พบทั้งหมดในสถานี P6 จุดรวมน้ำอิง (ต่อ).....	78
ภาพ 40	สาหร่ายที่พบทั้งหมดในสถานี P6 จุดรวมน้ำอิง (ต่อ).....	79
ภาพ 41	ความสัมพันธ์ Canonical correspondence analysis (CCA) ระหว่างไซเปอร์เมทริน คุณภาพน้ำและสาหร่ายสีเขียว.....	88
ภาพ 42	สรุปความสัมพันธ์ Pearson's correlation coefficient ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำ	88

ภาพ 43 ความสัมพันธ์ Canonical correspondence analysis (CCA) ระหว่างไซเปอร์ เมทริน คุณภาพน้ำและสาหร่ายสีเขียว วิเคราะห์รายเดือน.....	139
ภาพ 44 การเปลี่ยนแปลง DO และ BOD ในแต่ละขอบเขตการฟอกตัวของน้ำ	139



บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ลิ้นจี่นับเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดพะเยา รวมพื้นที่เพาะปลูกมากถึง 12,185 ไร่ (สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2563) ปัญหาสำคัญที่พบในขั้นตอนการเพาะปลูกลิ้นจี่ คือ การระบาดของหนอนเจาะขี้ลิ้นจี่ ซึ่งเป็นแมลงศัตรูที่ทำความเสียหายแก่ผลผลิตของลิ้นจี่ ทำให้ลิ้นจี่ราคาตกต่ำ เกษตรกรจึงใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชฉีดพ่นเพื่อกำจัด ทำให้สารเหล่านี้ปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่มีการพึ่งพาสารเคมีในการทำการเกษตร โดยเฉพาะสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เพื่อให้ปราศจากแมลงศัตรูพืช ทำให้ได้รับผลผลิตในปริมาณมากและตรงตามความต้องการของท้องตลาด สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอาจเข้าสู่ระบบนิเวศทางน้ำโดยการฉีดพ่น การชะล้างของฝน การทิ้งหรือล้างภาชนะที่บรรจุสารเคมีบริเวณแหล่งน้ำ (สุชาสินี อึ้งสูงเนิน, 2558) การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมีเพียงร้อยละ 0.1 ที่จะไปถึงศัตรูเป้าหมาย แต่อีกร้อยละ 99.9 จะปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม (Pimentel, 1995) ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและห่วงโซ่อาหาร

สาหร่ายเป็นผู้ผลิตขั้นต้นที่มีความสำคัญต่อห่วงโซ่อาหารในแหล่งน้ำ โดยเป็นอาหารแก่แพลงก์ตอนสัตว์ตลอดจนสัตว์น้ำ สาหร่ายมีความต้องการสารอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต เช่น อุณหภูมิ แสงแดด ความลึกของน้ำ เมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสมจะสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว (Lindsey and Scott, 2010) สาหร่ายยังไวต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ และสามารถทำหน้าที่เป็นตัวบ่งชี้แรกของการเปลี่ยนแปลงสารอาหารและสารปนเปื้อน (U.S. EPA, 2021) เมื่อสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเข้าสู่ระบบนิเวศทางน้ำจะเข้าไปมีผลกระทบต่อเซลล์ของสาหร่ายและส่งผลถึงชุมชนสาหร่ายในแหล่งน้ำ (Asselborn, et al., 2015)

ในหลายงานวิจัยที่ส่วนใหญ่จะเน้นการศึกษาปริมาณสารเคมีตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรหรือศึกษาการตกค้างของสารเคมีในแหล่งน้ำ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาความสัมพันธ์ของการตกค้างสารเคมีกำจัดศัตรูพืชควบคู่กับการศึกษาคุณภาพน้ำและสาหร่าย เนื่องจากสาหร่ายมีความสำคัญต่อระบบนิเวศดังที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ศึกษาคุณภาพน้ำและความหลากหลายของสาหร่าย และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช คุณภาพน้ำและสาหร่าย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในลำน้ำแม่เห็ยน
2. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำในลำน้ำแม่เห็ยน
3. เพื่อศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวในลำน้ำแม่เห็ยน
4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืช คุณภาพน้ำและความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียว

ขอบเขตของการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา
พื้นที่เก็บตัวอย่าง 6 จุด ตั้งแต่บริเวณธารน้ำตกแม่เห็ยนผ่านสวนลั่นจี่ ตลอดจนคลองแม่เห็ยนจนถึงจุดรวมน้ำบริเวณลำน้ำอิง อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา
2. เนื้อหา
ศึกษาปริมาณการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในแหล่งน้ำและความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวควบคู่กับการศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพ โดยทางด้านกายภาพจะศึกษาพารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ, ค่าการนำไฟฟ้าและความขุ่นด้านเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่าง, ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO), ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD), แอมโมเนียไนโตรเจน, ไนเตรทไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟต ด้านชีวภาพ ได้แก่ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ นำข้อมูลที่ได้มาศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืช คุณภาพน้ำและความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียว
3. ระยะเวลา
ระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือน มกราคม 2565 – ธันวาคม 2565

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในแหล่งน้ำที่ศึกษา
2. ทราบความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวและคุณภาพน้ำ

3. สามารถประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ชนิดของสารหายและคุณภาพน้ำได้



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

1. ความหมายสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

สารเคมีกำจัดศัตรูพืช หมายถึง สารหรือส่วนผสมของสารที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้น หรืออาจสกัดจากธรรมชาติออกมาในรูปของสารเคมี มีประสิทธิภาพในการป้องกัน ควบคุมและทำลายศัตรูพืช (แมลงและวัชพืช) ศัตรูสัตว์ (เชื้อโรค แมลงและสัตว์ที่เป็นพาหะนำโรค เช่นหนู แมลงสาบ เป็นต้น) (กรมควบคุมโรค, 2553)

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ.2560 (18 กันยายน 2560) เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง กล่าวไว้ว่า “วัตถุอันตรายทางการเกษตร (pesticide)” หมายความว่า สารที่มีจุดมุ่งหมายใช้เพื่อป้องกัน ทำลาย ดึงดูด ขับไล่หรือควบคุมศัตรูพืชและสัตว์ หรือพืชและสัตว์ที่ไม่พึงประสงค์ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ระหว่างการเพาะปลูก การเก็บรักษา การขนส่ง การจำหน่ายหรือระหว่างกระบวนการผลิตอาหาร หรือสารที่อาจใช้กับสัตว์เพื่อควบคุมปรสิตภายนอก (ectoparasites) และให้หมายความรวมถึงสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สารทำให้ใบร่วง สารทำให้ผลร่วง สารยับยั้งการแตกยอดอ่อน และสารที่ใช้กับพืชผลก่อนหรือหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่ง แต่ทั้งนี้วัตถุอันตรายทางการเกษตรไม่รวมถึงปุ๋ย สารอาหารของพืชและสัตว์ วัตถุเจือปนอาหาร วัตถุที่เติมในอาหารสัตว์ (feed additive) และยาสัตว์ (veterinary drug)

ดังนั้นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคือสารที่ได้จากการสังเคราะห์ หรือสกัดออกมาในรูปของสารเคมีที่ถูกนำมาใช้เพื่อป้องกัน ทำลาย ดึงดูด ขับไล่ หรือควบคุมศัตรูพืช และจัดเป็นวัตถุอันตรายทางการเกษตร

2. ประเภทของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในทางการเกษตร สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ตามชนิดของสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการควบคุมและกำจัด คือ สารเคมีกำจัดแมลง สารป้องกันกำจัดวัชพืช สารป้องกันกำจัดเชื้อรา สารกำจัดหนูและสัตว์แทะ สารเคมีกำจัดหอยและปู เป็นต้น

2.1 สารเคมีกำจัดแมลง (Insecticide) สารเคมีกำจัดแมลงเป็นสารเคมีทางการเกษตรที่มีจำนวนชนิดมากที่สุด สารเคมีกำจัดแมลงแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ตามชนิดของสารเคมีได้ 4 ประเภท คือ

2.1.1 กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine) ซึ่งเป็นกลุ่มของสารเคมีที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ สารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มนี้ที่นิยมใช้กันมาก เช่น DDT, Dieldrin, Aldrin, Toxaphene, Chlordane และ Lindane เป็นต้น

2.1.2 กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ เช่น Malathion และ Fenitrothion เป็นต้น

2.1.3 กลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate) ซึ่งมี Carbaryl เป็นองค์ประกอบสำคัญ เช่น Carbaryl, Carbofuran และ Methomyl เป็นต้น

2.1.4 กลุ่มไพรีทรอยด์ (Pyrethroid) เป็นสารเคมีกลุ่มที่สังเคราะห์ขึ้น โดยมีความสัมพันธ์ตามโครงสร้างของไพรีทริน ซึ่งเป็นสารธรรมชาติที่สกัดได้จากพืชไพรีทรัม เช่น Deltamethrin, Permethrin, Resmethrin, และ Bioresmethrin เป็นต้น

2.2 สารป้องกันกำจัดวัชพืช (Herbicide) สารเคมีกำจัดวัชพืชแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ จำแนกตามการเลือกทำลายเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

2.2.1 สารชนิดเลือกทำลาย (Selective herbicide) โดยทำลายเฉพาะวัชพืชแต่ไม่เป็นอันตรายต่อพืชที่ปลูก เช่น 2,4-D กำจัดวัชพืชใบกว้างโดยไม่เป็นพิษต่อต้นข้าวที่เป็นพืชใบแคบ เป็นต้น

2.2.2 สารชนิดไม่เลือกทำลาย (Non-selective herbicide) ทำลายวัชพืชใบแคบ ใบกว้าง หรืออกก แนะนำให้ใช้กำจัดวัชพืชในที่ ๆ ไม่มีการปลูกพืช หรือถ้าจะพ่นในที่ ๆ มีพืชขึ้นอยู่หรืออยู่ใกล้เคียง ต้องพ่นอย่างระมัดระวัง เช่น Paraquat, Glyphosate เป็นต้น

2.3 สารกำจัดเชื้อรา (Fungicide) มีอยู่หลายกลุ่ม บางชนิดมีพิษน้อยแต่บางชนิดมีพิษมาก

2.3.1 กลุ่ม Dimethyl dithiocarbamates เช่น Ziram, Ferbam, Thiram เป็นต้น มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ Acetaldehyde dehydrogenase เกิด Antabuse Effect ในคนที่ดื่มสุราร่วมด้วย

2.3.2 กลุ่ม Ethylene bisdithiocarbamates เช่น Maneb, Mancozeb, Zineb เป็นต้น กลุ่มนี้จะถูก Metabolize เป็น Ethylene thiourea ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์

2.3.3 กลุ่ม Methyl Mercury ดูดซึมได้ดีทางผิวหนังและมีพิษต่อระบบประสาท

2.3.4 กลุ่ม Hexachlorobenzene ยับยั้งเอนไซม์ Uroporphyrinogen Decarboxylase มีพิษต่อตับ ผิวหนัง ข้อกระดูกอักเสบ

2.3.5 กลุ่ม Pentachlorophenol สัมผัสในปริมาณมาก จะทำให้ไข้สูง เหงื่อออกมาก หัวใจเต้นเร็ว

2.4 สารกำจัดหนูและสัตว์แทะ (Rodenticides) สารกำจัดหนูและสัตว์แทะที่นิยมใช้กันส่วนใหญ่เป็นสารกลุ่มที่มีฤทธิ์ต้านการแข็งตัวของเลือด ตัวอย่างเช่น Warfarin เป็นต้น (กรมควบคุมโรค, 2557)

3. การตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

“สารพิษตกค้าง (pesticide residue)” หมายความว่า สารตกค้างในอาหารที่เกิดจากการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร และให้หมายความรวมถึงกลุ่มอนุพันธ์ของวัตถุอันตรายทางการเกษตรนั้น ได้แก่ สารจากกระบวนการเปลี่ยนแปลง (conversion products) สารจากกระบวนการสร้างและสลาย (metabolites) สารจากการทำปฏิกิริยา (reaction products) และสารที่ปนอยู่ในวัตถุอันตรายทางการเกษตร (impurities) ที่มีความเป็นพิษอย่างมีนัยสำคัญ (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2560)

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมีศักยภาพในการปนเปื้อนแหล่งน้ำใต้ดินและกลายเป็นปัญหาร้ายแรงทั่วโลก น้ำใต้ดินเป็นแหล่งกักเก็บน้ำที่สำคัญ สารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้มาจากแหล่งต่าง ๆ ผ่านกิจกรรมของมนุษย์ โดยเส้นทางการเข้าสู่ น้ำใต้ดินของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชมีทั้งโดยตรงและโดยอ้อม เช่น การชะล้างของฝน การเกษตรและการไหลบ่าของดิน (Malla, et al., 2021)

Srivastav (2020) กล่าวว่า สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยได้กลายเป็นส่วนสำคัญของระบบการเกษตรในปัจจุบัน เพื่อตอบสนองความต้องการธัญพืชอาหารจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม การใช้สารเคมีทางการเกษตรมากเกินไป ส่งผลให้การเติมไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ในสิ่งแวดล้อม และมีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างเป็นระยะเวลานาน จะทำให้ดินและน้ำมีคุณภาพเสื่อม

4. ความเป็นพิษของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

ปัญหาสุขภาพที่สำคัญคืออันตรายจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างแพร่หลายเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร และมีเกษตรกรส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ไม่ถูกต้อง ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพทั้งเฉียบพลันและเรื้อรัง อาการแสดงเฉียบพลันมีตั้งแต่ระดับเล็กน้อยจนรุนแรงถึงแก่ชีวิตขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้น ความเป็นพิษและปริมาณที่ได้รับ ส่วนอาการเรื้อรัง สารเคมีกำจัดศัตรูพืชจะสะสมในระบบต่าง ๆ ของร่างกายทำให้เกิดความผิดปกติและโรคต่าง ๆ เช่น มะเร็ง สารเคมีกำจัดศัตรูพืชสามารถเข้าสู่ร่างกายได้หลายทาง โดยการสัมผัสทางผิวหนัง การสูดหายใจละอองที่ฟุ้งกระจายในอากาศ และการรับประทานอาหารและน้ำดื่มที่มีสารเคมีปนเปื้อน ซึ่งพฤติกรรมการใช้สารเคมีที่ไม่ปลอดภัยนั้นทำให้เกษตรกรผู้อาศัยใน

ชุมชน และผู้บริโภคมีความเสี่ยงจากการได้รับอันตรายจากสารเคมีเพิ่มขึ้น (กรมควบคุมโรค, 2557)

การจัดระดับความเป็นพิษของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชโดยใช้ค่าปริมาณสารเคมีต่อน้ำหนักตัวของสัตว์ทดลองที่รับเข้าไปครั้งเดียวแล้วทำให้ตายไป 50% (LD₅₀) (กรมควบคุมโรค, 2553)

ระดับหนึ่ง เอ	หมายถึง สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่มีความเป็นพิษร้ายแรงยิ่ง
ระดับหนึ่ง บี	หมายถึง สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่มีความเป็นพิษร้ายแรง
ระดับสอง	หมายถึง สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่มีความเป็นพิษปานกลาง
ระดับสาม	หมายถึง สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่มีความเป็นพิษเล็กน้อย
ระดับสี่	หมายถึง สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่มีความเป็นพิษน้อยมาก

สาหร่าย

สาหร่าย (Algae) เป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารได้ด้วยตนเองจากกระบวนการสังเคราะห์แสง เช่นเดียวกับพืชทั่วไป มีขนาดเล็กตั้งแต่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็นจนกระทั่งถึงขนาดใหญ่ มีความยาวหลายร้อยเมตร เช่น สาหร่ายทะเลหลายชนิด สาหร่ายมีรูปร่างหลายแบบ อาจจะเป็นเซลล์เดี่ยวหรือหลายเซลล์มารวมกลุ่มกัน เรียกว่า กลุ่มเซลล์หรือโคโลนี เป็นเส้นสายทั้งแตกแขนงและไม่แตกแขนง เป็นทลัสส์ที่คล้ายมีราก ลำต้น และใบคล้ายพืชชั้นสูง แต่ไม่มีระบบท่อลำเลียงดังเช่นพืชชั้นสูง ทุกเซลล์ทำหน้าที่สังเคราะห์แสงเพื่อการดำรงชีวิตเหมือน ๆ กัน (ยูวดี พิรพรพิศาล, 2546)

แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) เป็นสิ่งมีชีวิตที่ลอยลอยอยู่ในน้ำ สุดแต่คลื่นลมและกระแสน้ำจะพัดพาไป แพลงก์ตอนพืช มีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำ เนื่องจากเป็นผู้ผลิตขั้นต้น (primary producer) โดยใช้พลังงานจากแสงแดดหรือพลังงานจากแหล่งอื่นเพื่อผลิตอาหารในรูปของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ฯลฯ ดังนั้นชนิด ปริมาณความหลากหลายของรูปร่าง ลักษณะการแพร่กระจาย ฯลฯ ของแพลงก์ตอนพืชจึงมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับระบบนิเวศ (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542)

แพลงก์ตอนพืช เป็นสาหร่ายขนาดเล็ก เซลล์เดี่ยวหรือหลายเซลล์ เนื่องจากความสามารถในการเจริญในน้ำที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีแตกต่างกัน จึงมีการนำสิ่งมีชีวิตชนิดนี้มาใช้บ่งชี้ถึงคุณภาพของแหล่งน้ำนั้น ๆ ได้ นอกจากนั้นแล้วยังมีสาหร่ายสีเขียวกลุ่มเดสมีดิส มีลักษณะที่เด่นคือ การมีสมมาตรในแต่ละด้านของเซลล์ ซึ่งเราจะเห็นเป็นภาพที่เหมือนสะท้อนจากกระจกเงา เป็นสาหร่ายที่ดำรงชีวิตแบบยึดเกาะ (attached algae)

เป็นส่วนมากซึ่งเป็นสาหร่ายกลุ่มที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมและมีความหลากหลายของชนิดสูง โดยพบว่าแหล่งน้ำที่มี pH ต่ำจะมีความหลากหลายของสาหร่ายกลุ่มนี้สูงมาก การประยุกต์ใช้สาหร่ายกลุ่มต่าง ๆ ในการเป็นดัชนีบ่งชี้ทางชีวภาพ มีการศึกษาทั้งในแม่น้ำและแหล่งน้ำจืด เนื่องจากเป็นดัชนีชี้วัดที่เห็นผลได้จากการเปลี่ยนแปลงชีวมวลของชนิดเด่นหรือประชาคมของสาหร่ายในแหล่งน้ำนั่นเอง มีหลายชนิดที่มีความละเอียดอ่อนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำรวมถึงคุณภาพน้ำด้วย สำหรับสาหร่ายมีการศึกษาและประยุกต์ใช้หลากหลายกลุ่มและวิธีในแหล่งน้ำจืดที่เป็นน้ำนิ่ง เช่น ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ กลุ่มที่นิยมใช้เป็นกลุ่มของแพลงก์ตอนพืชที่ลอยลอยในน้ำ ในแหล่งน้ำไหลมักใช้สาหร่ายกลุ่มที่มีความสามารถในการเกาะติด เช่น ไดอะตอม สาหร่ายขนาดใหญ่ แม้กระทั่งในน้ำกร่อยหรือน้ำทะเล สาหร่ายหลายกลุ่ม เช่น ไดโนแฟลกเจลเลต ไดอะตอมหรือสาหร่ายทะเลก็มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์กับปัจจัยคุณภาพน้ำและสามารถนำมาประยุกต์เป็นดัชนีในการบ่งชี้ได้เช่นกัน (เนติ เงินแพทย์, 2562)

1. หลักเกณฑ์การจัดจำแนก

หลักเกณฑ์การจัดจำแนกสาหร่าย แบ่งออกดังนี้ (ยุวดี พิรพรพิศาล, 2546)

1.1 รังควัตถุที่อยู่ในเซลล์ สาหร่ายทุกชนิดมีรังควัตถุหลัก คือคลอโรฟิลล์ เอ ส่วนรงควัตถุรองจะแตกต่างกันไป เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและแดงมีรงควัตถุพวกไฟโคไซยานินและไฟโคเออริทรินเพิ่มขึ้นมา ในขณะที่สาหร่ายสีเขียวจะมีรงควัตถุพวกแคโรทีนอยด์ รังควัตถุเหล่านี้ช่วยในการสังเคราะห์แสง

1.2 องค์ประกอบของผนังเซลล์ องค์ประกอบของผนังเซลล์ของสาหร่ายแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป บางชนิดจะเป็นพวกเซลลูโลส บางชนิดอาจมีสารบางอย่างสะสม เช่น ซิลิกาในไดอะตอม อัลจินหรืออัลจิเนตในสาหร่ายสีน้ำตาล วุ้นในสาหร่ายสีแดง หรือแคลเซียมในสาหร่ายที่มีผนังเซลล์แข็ง เช่น สาหร่ายสีเขียวและสีแดงบางชนิด เป็นต้น

1.3 อาหารที่สะสมในเซลล์ สาหร่ายแต่ละกลุ่มมีอาหารที่สะสมในเซลล์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตจากกระบวนการสังเคราะห์แสงที่ไม่เหมือนกัน เช่น พบแป้งพวกอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในสาหร่ายสีเขียว ลามินารินในสาหร่ายสีน้ำตาลหรือน้ำมันในสาหร่ายยูกลีนาอยด์

1.4 จำนวนและตำแหน่งของแฟลเจลลัม สาหร่ายหลายชนิดเคลื่อนที่ด้วยแฟลเจลลัม หรืออาจจะเรียกว่าหนวดหรือเส้น แต่บางชนิดก็ไม่มีแฟลเจลลัม จำนวนและตำแหน่งของแฟลเจลลัมในเซลล์ใช้ในการจัดจำแนกสาหร่ายได้

2. การจัดจำแนกสาหร่ายน้ำจืด

จากเกณฑ์การจัดจำแนก จะสามารถแบ่งสาหร่ายออกเป็น 9 Division ตามระบบของ Bold and Wynne (1985) ได้แก่

2.1 Division Cyanophyta: สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue-green algae) หรือไซยาโนแบคทีเรีย (Cyanobacteria) สาหร่ายกลุ่มนี้มีกำเนิดมาก่อนสาหร่ายกลุ่มอื่นๆ และมีความคล้ายคลึงกับแบคทีเรีย โดยเป็นพวกที่นิวเคลียสไม่มีเยื่อหุ้มหรือพวกโพรแคริโอต พบได้ทั่วไปในที่ ๆ มีความชื้น ในน้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำเค็ม ทั้งในน้ำที่มีคุณภาพดีและไม่ดี พบอยู่ทั้งในดินและผิวดิน แม้แต่ในหิมะหรือน้ำพุร้อน เรามักเรียกสาหร่ายประเภทนี้ว่า “ตะไคร่น้ำ” พวกที่ดำรงชีวิตแบบแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำจืดทั่วไป บางชนิดอาจเจริญและเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วในแหล่งน้ำที่มีสารอาหารสูงหรือสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแล้วสร้างสารพิษออกมา ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำบริเวณนั้น

2.2 Division Chlorophyta: สาหร่ายสีเขียว (Green algae) เป็นสาหร่ายที่พบเห็นในน้ำทั่วไป ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม มีรูปร่างหลากหลาย ตั้งแต่เซลล์เดี่ยว เซลล์เดี่ยวเกาะกันเป็นกลุ่มหรือที่เรียกว่าโคโลนี เป็นเส้นสาย เป็นทลัสส์ ส่วนใหญ่ดำรงชีวิตแบบแพลงก์ตอนพืช แต่มีบางชนิดเป็นสาหร่ายยึดเกาะโดยจะเกาะกับดิน หิน ใต้น้ำ หรือพืชน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสาหร่ายขนาดใหญ่

2.3 Division Charophyta: สาหร่ายไฟ (Stoneworts) มีลักษณะคล้ายพืชชั้นสูง ทลัสส์ขนาดใหญ่คล้ายสาหร่ายหางกระรอก เจริญโดยยึดเกาะกับพื้นดินใต้ท้องน้ำ บางชนิดมีแคลเซียมเป็นส่วนประกอบในทลัสส์ ส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดเป็นสาหร่ายน้ำจืด

2.4 Division Euglenophyta: สาหร่ายยูกลีโนออยด์ (Euglenoids) ดำรงชีวิตแบบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด สามารถเจริญได้ในน้ำที่มีสารอินทรีย์สูง หรือน้ำคุณภาพไม่ดีได้มากกว่าสาหร่ายประเภทอื่นๆ จึงเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำที่ค่อนข้างสกปรกได้ชัดเจน ทุกชนิดมีแฟลเจลลัมช่วยในการเคลื่อนที่ บางครั้งจึงจัดอยู่ในพวกโพรโตซัว

2.5 Division Phaeophyta: สาหร่ายสีน้ำตาล (Brown algae) เป็นสาหร่ายที่มีทลัสส์ขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่เป็นสาหร่ายทะเล โดยทั่วไปจะยึดเกาะอยู่กับพื้นทรายใต้ท้องทะเลหรืออาจหลุดลอยมากับกระแสน้ำ ในเขตอบอุ่นเป็นสาหร่ายเศรษฐกิจที่สามารถนำมาสกัดสารอัลจิน หรืออัลจินเตที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมที่สำคัญหลายประเภท

2.6 Division Chrysophyta: สาหร่ายคริซิสไฟต์ (Chrysophytes) ส่วนใหญ่ดำรงชีวิตแบบแพลงก์ตอนพืชทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม สาหร่ายในกลุ่มนี้มีอยู่ประเภทหนึ่งซึ่งมีสมาชิกมากที่สุด คือ ไดอะตอม นักสาหร่ายวิทยาปัจจุบันได้แยกออกเป็นดิวิชันใหม่ คือ Division Bacillariophyta

มีลักษณะสำคัญ คือ เซลล์ประกอบด้วยฝาหรือพริสตุล 2 ฝาประกบกัน ส่วนใหญ่เป็นซิลิกา มีลวดลายสวยงาม ซึ่งใช้ในการวินิจฉัยชนิดของไดอะตอม มีรงควัตถุสีน้ำตาลมากกว่าคลอโรฟิลล์ จึงมองเห็นเซลล์เป็นสีน้ำตาล รูปร่างของสาหร่ายประเภทนี้มีรูปร่างแบบเรขาคณิตชัดเจน พบทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม และดำรงชีวิตทั้งแบบเป็นแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายที่เกาะอยู่กับสิ่งยึดเกาะใต้พื้นท้องน้ำ

2.7 Division Pyrrhophyta: สาหร่ายไดโนแฟลกเจลเลต (Dinoflagellates) มีแฟลกเจลลัม 2 เส้นช่วยในการเคลื่อนที่ เซลล์มักมีเยื่อหุ้มเซลล์เป็นแผ่นธิกาคลุมอยู่มองคล้ายกระเบื้องโมเสก ดำรงชีวิตแบบแพลงก์ตอนพืชทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม บางครั้งเจริญอย่างรวดเร็วในน้ำทะเล ทำให้ผิวน้ำทะเลเป็นสีแดงหรือน้ำตาล เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ซุปเปอร์บลูบ หรือ เรดไทด์ (red tide) บางชนิดสร้างสารพิษที่มีผลต่อระบบประสาท

2.8 Division Cryptophyta: สาหร่ายคริปโตโมแนดส์ (Cryptomonads) เป็นกลุ่มสาหร่ายที่มีสมาชิกน้อยที่สุด มีแฟลกเจลลัม 2 เส้นที่มีขนาดไม่เท่ากัน ดำรงชีวิตแบบแพลงก์ตอนพืชทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม

2.9 Division Rhodophyta: สาหร่ายสีแดง (Red algae) มีทิลลัสคล้ายพุ่มไม้ที่แตกแขนงเป็นฝอย เจริญอยู่บนผิวดิน ทวาย หรือหิน พบในน้ำจืดและน้ำเค็มแต่ส่วนใหญ่จะพบในน้ำเค็ม เป็นสาหร่ายเศรษฐกิจที่สำคัญ โดยนำมาสกัดวุ้นซึ่งนำมาใช้เป็นอาหารและใช้ในด้านอุตสาหกรรมหลายประเภท

การใช้สาหร่ายเป็นดัชนีทางชีวภาพบ่งชี้คุณภาพน้ำ

ดัชนีชีวภาพ คือการใช้สิ่งมีชีวิต เช่น พืช แพลงก์ตอน สัตว์ และจุลินทรีย์ ที่สามารถใช้เป็นตัวติดตามตรวจสอบคุณภาพของสิ่งแวดล้อมบอกสภาพความสมบูรณ์และสภาวะของนิเวศวิทยา การปนเปื้อนของมลสาร (pollutant) โดยการส่งสัญญาณผ่านการเปลี่ยนแปลงของชนิดและปริมาณสิ่งมีชีวิตประจำถิ่น ซึ่งมีข้อดีคือ สะดวก ประหยัด และสามารถประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อมที่ครอบคลุมช่วงระยะเวลายาวนาน ทั้งปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสิ่งแวดล้อมในทิศทางบวกหรือลบ (Parmar, 2016 อ้างโดย ศรัญญา ยิ้มย่อง, 2561) สำหรับการศึกษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำทางชีวภาพนั้นนิยมใช้แพลงก์ตอน (plankton) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับทั้งปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปัจจัยทางชีวภาพระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เพื่อประยุกต์และใช้ตรวจติดตามคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน (เบญจมาภรณ์, 2557 อ้างโดย ศรัญญา ยิ้มย่อง, 2561)

ยวดี พิรพรพิศาล (2559) ให้ความหมายดัชนีทางชีวภาพ (bioindicator) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่สามารถบ่งชี้สถานการณ์สภาพสิ่งแวดล้อมได้ ทั้งนี้เพราะสิ่งมีชีวิตนี้เจริญได้ใน สภาพแวดล้อมที่เจาะจง

รัฐภูมิ พรหมณะ (2557) กล่าวว่า สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตที่ต้องอาศัยปัจจัยในการ ดำรงชีพทั้งแสงแดด สารอาหารและน้ำ ซึ่งสาหร่ายมีการกระจายตัวของชนิดและปริมาณ แตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมที่เป็นปัจจัยกำหนดความสามารถในการเจริญเติบโตของ สาหร่าย ซึ่งสาหร่ายแต่ละชนิดอาจมีความต้องการสารอาหารแต่ละอย่างแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ ช่วงชีวิตของสาหร่ายและขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเจริญเติบโต ได้ดีในแหล่งน้ำที่มีธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมาก สาหร่ายสีเขียวกลุ่มเดสมีดิสหลาย ชนิดเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีแอมโมเนียต่ำ สาหร่ายสีแดงในน้ำจืดบางชนิดพบมากในแหล่งน้ำ ที่มีปริมาณสารอาหารทั่วไปน้อยมาก สาหร่ายยูกลีโนยด์พบจำนวนมากในแหล่งน้ำที่มี สารอาหารและสารอินทรีย์สูง เป็นต้น จึงสามารถระบุได้ว่าประเภทและปริมาณสารอาหารใน แหล่งน้ำเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เป็นตัวกำหนดชนิดและปริมาณของสาหร่ายในแหล่งน้ำ

Bruun (2012) กล่าวว่า สาหร่ายเหมาะสมกับการประเมินคุณภาพน้ำ เนื่องจากความ ต้องการสารอาหาร อัตราการแพร่พันธุ์ที่รวดเร็ว และวงจรชีวิตที่สั้นมาก สาหร่ายจึงเป็นตัว บ่งชี้ที่มีคุณค่าอย่างมากในระบบนิเวศ จากการตอบสนองที่รวดเร็วทั้งในองค์ประกอบและ ความหนาแน่นของของสายพันธุ์ต่อสภาพน้ำที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลง ตัวอย่างเช่น การเพิ่มขึ้นของความเป็นกรดของน้ำเนื่องจากสารเคมีหรือโลหะหนักในพื้นที่อุตสาหกรรม จะส่งผลต่อสายพันธุ์ที่สามารถทนต่อสภาวะเหล่านี้ได้

สรุปได้ว่า สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความหลากหลายของชนิด และจำนวนที่แตกต่าง กันในสถานที่นั้น ๆ ซึ่งบ่งบอกได้ถึงสถานภาพของแหล่งอาศัยในปัจจุบัน จึงสามารถใช้สาหร่าย เป็นดัชนีชี้คุณภาพของแหล่งน้ำนั้นได้

ความเป็นพิษของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่อสาหร่าย

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมีอยู่ทั่วไปในระบบนิเวศทางน้ำทั่วโลก แม้ว่าสารเคมีกำจัด ศัตรูพืชมีจุดประสงค์เพื่อควบคุมเชื้อรา แมลง และศัตรูพืชอื่น ๆ แต่กลไกการออกฤทธิ์มักไม่ เฉพาะเจาะจงเพียงเป้าหมายเท่านั้น แต่ยังมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น มีผลต่อประชากร จุลินทรีย์ที่ไม่เป็นเป้าหมาย ได้แก่ สาหร่าย ซึ่งเป็นผู้ผลิตขั้นต้นในแหล่งน้ำ (Staley, Harwood and Rohr, 2015)

จากการศึกษาของ Liu, Zhu and Wang (2015) ในการทดสอบความเป็นพิษของ azoxystrobin (AZ) ซึ่งเป็นหนึ่งสารกำจัดเชื้อราต่อสาหร่าย *Chlorella vulgaris* พบว่าสารดังกล่าวมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย โดยลดปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ และทำให้ระดับการแสดงออกของ mRNA ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงเปลี่ยนแปลง อีกทั้งทำให้เกิดการผลิต reactive oxygen species (ROS) ที่มากเกินไปใน *C. vulgaris*

Salman, Abdul-Adel and AlKaim (2016) ศึกษาผลของสารกำจัดศัตรูพืช Glyphosate ต่อคุณสมบัติทางชีวเคมีบางอย่างในสาหร่าย *Oscillatoria limnetica* พบว่าสารดังกล่าว ส่งผลเสียต่อกิจกรรมของเซลล์ โดยปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ฟลาโวนอยด์ลดลงอย่างเห็นได้ชัด และยังมีการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ superoxide dismutase ตามระดับความเข้มข้นของ Glyphosate

การตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในลิ้นจี่

เนื่องด้วยปัญหาการระบาดของหนอนเจาะขั้วลิ้นจี่ แมลงศัตรูที่ทำความเสียหายแก่ผลผลิตของลิ้นจี่ ชาวเกษตรกรจึงมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดพ่นเพื่อกำจัดศัตรูพืชเหล่านี้ นอกจากสารเคมีที่พ่นเป็นอนุสูลิ่งแวกด์ลอมแล้ว ผลลิ้นจี่เป็นส่วนที่รับสารกำจัดศัตรูพืชโดยตรง สารเหล่านี้จึงถูกส่งต่อไปยังผู้บริโภคโดยตรง

สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ คูไบ รายงานผลวิเคราะห์ จากการตรวจสอบสินค้าอาหาร ผัก ผลไม้สดที่นำเข้าจากไทยปี 2564 (เดือนมกราคม-กรกฎาคม) พบว่ามีสินค้าหลายชนิดที่พบสารพิษตกค้างเกินมาตรฐาน โดยส่วนมากเป็นสารป้องกันและกำจัดโรคพืช ชนิดของสารตกค้างที่มีอัตราตรวจพบในผลไม้สูงสุด คือ Cypermethrin ร้อยละ 34 และ Benomyl as carbendazim ร้อยละ 23 ซึ่งหนึ่งในผลไม้ที่ตรวจพบคือ ลิ้นจี่ โดยตรวจพบสาร Chlorpyrifos 0.092 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ Carbaryl 0.027 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งปริมาณสูงสุดที่อนุญาตคือ 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ, 2564)

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีบางประการ

1. อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีความสัมพันธ์โดยตรงกับแสง เมื่อแสงส่องผ่านลงไปใต้น้ำพลังงานแสงจะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแหล่งน้ำจะผันแปรตามความเข้มแสง ถ้าความเข้มแสงมากมีผลทำให้อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อุณหภูมิน้ำตามธรรมชาติจะผันแปรตามอุณหภูมิอากาศโดยขึ้นกับฤดูกาล ระดับความสูง สภาพภูมิประเทศ

กระแสม ความลึก ความเร็วของกระแสน้ำและสภาพแวดล้อมทั่วไปของแหล่งน้ำ อุณหภูมิ น้ำ เป็นปัจจัยที่ควบคุมปฏิกิริยาเคมีในน้ำ รวมทั้งควบคุมอัตราการสังเคราะห์แสง อัตราการหายใจ อัตราการย่อยสลาย และมีอิทธิพลโดยตรงต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ อุณหภูมิของแหล่งน้ำธรรมชาติในประเทศไทยมีค่าผันแปรประมาณ 23–32 องศาเซลเซียส (ศิริเพ็ญ ตรีชัยยาพร, 2543)

2. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ความเป็นกรด-ด่าง เป็นค่าที่แสดงปริมาณ หรือความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในน้ำ (Hydrogen or hydronium ion; H^+ or H_3O^+) ซึ่งเกิดจากสารที่สามารถแตกตัวให้อนุมูลกรด (H^+) หรือด่าง (OH^-) ได้ ความเป็นกรด-ด่างมีค่าตั้งแต่ 0–14 ถ้าตัวอย่างน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 7 หมายถึงน้ำมีสภาพเป็นกรด ถ้าตัวอย่างน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 7 หมายถึงน้ำมีสภาพเป็นด่าง และถ้าตัวอย่างน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 หมายถึงน้ำมีสภาพเป็นกลาง ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำบ่งชี้ให้ทราบถึงประเภทของสิ่งเจือปนในน้ำ ในรูปของสารที่ให้อนุมูลกรดหรือด่างได้ อย่างไรก็ตามค่าความเป็นกรด-ด่างนี้ จะเป็นดัชนีที่มีประโยชน์ในการวัดคุณภาพน้ำ โดยที่ภาวะความเป็นกรด-ด่างของน้ำมีผลต่อคุณภาพน้ำ ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นและการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ (ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข, 2553)

3. ค่าการนำไฟฟ้า

Conductivity หรือ การนำไฟฟ้า เป็นวิธีวัดความสามารถของน้ำในการส่งผ่านกระแสไฟฟ้าซึ่งเกิดจากมีอยู่ของสารประกอบอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น แอนไอออนของคลอไรด์ ไนเตรท ซัลเฟต และฟอสเฟต (แอนไอออนคือไอออนที่มีประจุลบ) หรือ แคทไอออนของโซเดียม แมกนีเซียม เหล็ก และอะลูมิเนียม (แคทไอออนคือไอออนที่มีประจุบวก) การนำไฟฟ้ายังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงค่าการนำไฟฟ้าก็จะยิ่งมากขึ้น น้ำทิ้งที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำอาจส่งผลต่อค่าการนำไฟฟ้า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของน้ำทิ้งนั้น ความล้มเหลวของการจัดการระบบท่อน้ำทิ้งจะส่งผลให้การนำไฟฟ้ามีค่าสูงเนื่องจากในน้ำทิ้งมีคลอไรด์ ฟอสเฟต และไนเตรท ส่วนการปนเปื้อนของน้ำมันจะส่งผลให้การนำไฟฟ้ามีค่าต่ำ (การประปา นครหลวง, 2557)

4. ความขุ่น

ความขุ่นเกิดจากการมีอยู่ของอนุภาคแขวนลอยได้แก่ ดินเหนียว, ตะกอน, สารอินทรีย์, อนินทรีย์, สาหร่ายและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอื่น ๆ ยิ่งมีสารแขวนลอยในน้ำมากเท่าใด น้ำก็จะยิ่งมีความขุ่นสูงขึ้นส่งผลต่อการแทรกซึมของแสงและผลผลิตทางนิเวศวิทยาในลำธารที่อาจเกิดตะกอนและตกตะกอนเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อแหล่งที่อยู่อาศัยของปลา

และสัตว์น้ำอื่น ๆ อนุภาคตะกอนยังเป็นแหล่งกักเก็บมลพิษอื่น ๆ โดยเฉพาะโลหะและแบคทีเรีย ด้วยเหตุนี้ ค่าความขุ่นจึงสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงมลพิษที่อาจเกิดขึ้นในแหล่งน้ำได้ (U.S. Geological Survey, 2018; Cleveland water, 2019)

5. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO)

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยจะรักษาภาวะของน้ำให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ซึ่งจะนำเอาออกซิเจนไปใช้ในการขบวนการหายใจและการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ การละลายของออกซิเจนมีแหล่งที่มาจากการแพร่ของออกซิเจนจากบรรยากาศลงในน้ำ และจากขบวนการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืช สำหรับสาเหตุที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายลดลง ได้แก่ การหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น สัตว์น้ำและพืชน้ำ กระบวนการย่อยสลายอินทรีย์ของจุลินทรีย์ รวมทั้งการทำปฏิกิริยากับสารอนินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2563)

6. ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD)

บีโอดี (BOD) เป็นวิธีวัดปริมาณความต้องการออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย BOD จึงเป็นพารามิเตอร์ที่สะท้อนถึงปริมาณสารอินทรีย์ วิธีกำจัด BOD ของน้ำเสียทำได้โดยการสร้างสภาวะที่มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียและวัดปริมาณออกซิเจนที่ใช้ไปใน 5 วัน วิธีวัดแบบมาตรฐานกำหนดให้สร้างสภาวะย่อยสลายภายในขวด BOD ขวด BOD จึงเป็นภาชนะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) บ่มขวดนี้ไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายในเวลา 5 วันคือ แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์โดยใช้ออกซิเจนในการหายใจ ปริมาณสารอินทรีย์และปริมาณออกซิเจนจะน้อยลงทุกวัน ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ไปภายใน 5 วันเป็นค่า BOD ของน้ำเสีย (มันลิน ตันกุลเวศม์, 2555)

7. แอมโมเนียไนโตรเจน

แอมโมเนียไนโตรเจนเป็นแก๊สไม่มีสีมีกลิ่นฉุน สามารถละลายน้ำได้ดี แอมโมเนียที่พบในน้ำจะเกิดจากการย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจน การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต ซากของสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว ปุ๋ยและอาหารสัตว์น้ำที่เหลือตกค้างกระบวนการสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนจนกลายเป็นแอมโมเนียอิสระ (NH_3) และแอมโมเนียไอออน (NH_4^+) เรียกว่า Ammonification ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตแอมโมเนียที่สำคัญที่สุดของแหล่งน้ำ แอมโมเนียอิสระเป็นพิษอย่างมากต่อสัตว์น้ำโดยความเป็นพิษขึ้นกับความเข้มข้น ในขณะที่แอมโมเนียไอออนไม่มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ (อังสนา ฉั่วสุวรรณ และสังวาลย์ ราชธรรมมา, 2549)

8. ออโรฟอสเฟต

ออโรฟอสเฟต เป็นฟอสฟอรัสในรูปแบบหนึ่ง ฟอสฟอรัสในน้ำธรรมชาติและในน้ำโสโครกจะพบอยู่ในรูปต่าง ๆ ของฟอสเฟต ซึ่งฟอสเฟตเหล่านี้อาจจะอยู่ในรูปที่ละลายน้ำหรือในรูปของซากพืชและซากสัตว์ โดยปกติฟอสฟอรัสสะสมอยู่ในดินและหินแร่ หรือแหล่งสะสมอื่น ๆ ซึ่งจะปลดปล่อยฟอสเฟตออกมา ในรูปที่ละลายน้ำได้โดยการชะล้างพืชและสัตว์จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างโปรโตพลาสซึม โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะเป็นการสร้างความอุดมสมบูรณ์แก่แหล่งน้ำ แต่ถ้ามีมากเกินไปจะทำให้เกิดสภาวะเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ ฟอสฟอรัสเข้ามาปะปนกับน้ำธรรมชาติได้หลายทาง เช่น การถูกชะล้างโดยน้ำฝน จากน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม จากการใช้ผงซักฟอกหรือล้างถ้วยชาม จากปุ๋ยเพื่อการเกษตร เป็นต้น (กรมชลประทาน, 2550)

9. ไนเตรทไนโตรเจน

ไนเตรทไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen) พบน้อยมากในน้ำผิวดิน แต่อาจพบมากในบางแห่งของน้ำใต้ดิน ถ้ามีปริมาณมากเกินไปจะทำให้เกิดโรค "Methemoglobinemia" จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานของไนเตรทไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจนในน้ำดื่มต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำที่ตามบ้านเรือนจะพบว่าไนเตรทไนโตรเจนน้อยกว่าน้ำที่ถูกทำให้สกปรกเป็นเวลานาน หรือน้ำที่ออกจากระบบบำบัดทางชีวภาพ ซึ่งอาจสูงถึง 30 มิลลิกรัม/ลิตร นอกจากนี้ไนเตรทไนโตรเจนยังเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตที่มีการสังเคราะห์แสงและในบางกรณีใช้เป็น Growth limiting nutrient ไนเตรทไนโตรเจนปกติจะมีอยู่ในปริมาณค่อนข้างต่ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยเฉลี่ยจะพบประมาณ 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร แต่จะไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำเสียจะมีปริมาณของไนเตรทไนโตรเจนมากเป็นพิเศษและอาจทำให้เกิดการเพิ่มประชากรของพืชน้ำอย่างรวดเร็วจนและเป็นสาเหตุให้สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้นได้รับผลกระทบจากการลดปริมาณของออกซิเจนในเวลากลางคืน (กรมชลประทาน, 2550)

10. คลอโรฟิลล์ เอ

คลอโรฟิลล์ เอ เป็นรงควัตถุสีเขียวที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง พบในสาหร่ายและพรรณไม้ในน้ำ โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สามารถเป็นตัวชี้วัดกำลังผลิตขั้นต้นและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำได้ การจำแนกประเภทของแหล่งน้ำตามระดับคลอโรฟิลล์ เอ แบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามการจัดจำแนกของ Kevern, King และ Ring (2004) ได้แก่ 1) Oligotrophic waters หมายถึง แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์น้อย พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ น้อยกว่า 4.7 ไมโครกรัม/ลิตร 2) Mesotrophic waters หมายถึง แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าอยู่ระหว่าง 4.7 – 14.3

ไมโครกรัม/ลิตร และ 3) Eutrophic waters หมายถึง แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์มาก พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มากกว่า 14.3 ไมโครกรัม/ลิตร

11. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย

โคลิฟอร์มแบคทีเรีย หมายถึงกลุ่มของ Aerobic and Facultative Anaerobic Bacteria แบคทีเรียกลุ่มนี้ย้อมติดสีแกรมลบ รูปร่างเป็นแท่งหรือท่อนตรง ไม่สร้างสปอร์ และสามารถหมักย่อยน้ำตาลแลคโทสที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 24-48 ชั่วโมง และให้ผลเป็นกรดและแก๊ส แบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นแบคทีเรียประจำถิ่นในลำไส้ของคนและสัตว์เลือดอุ่นและสามารถพบปนเปื้อนทั่วไปใน ดิน น้ำ อากาศ โคลิฟอร์มแบคทีเรียเหล่านี้ ได้แก่ กลุ่มของแบคทีเรียในสกุล *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Serratia* เป็นต้น

การตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำ แสดงว่าน้ำนั้นถูกปนเปื้อนด้วยอุจจาระของคนและสัตว์เลือดอุ่นหรือสิ่งโสโครก อาจมีเชื้อโรคต่าง ๆ ที่ขับออกมาด้วยอุจจาระปนอยู่ในน้ำด้วย (นฤมล ตปนียะกุล และ วาสนา คงสุข, 2563)

การประเมินคุณภาพน้ำ

1. การประเมินโดยการเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน

เป็นการนำผลการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำจากห้องปฏิบัติการมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานเป็นรายพารามิเตอร์ (ทั้งนี้ค่ามาตรฐานกำหนด ค่าสูงสุด กล่าวคือในแหล่งน้ำจะต้องมีค่าผลตรวจวัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ไม่สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด ยกเว้น ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) เป็นค่ามาตรฐานต่ำสุด กล่าวคือในแหล่งน้ำจะต้องมีค่า DO ไม่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์) โดยพิจารณาจากค่าที่ได้จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำว่ามีค่าเท่าไร และหากเทียบกับค่ามาตรฐานแล้วค่าที่ได้จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมีค่ามากกว่า หรือน้อยกว่าค่ามาตรฐาน หากมีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน แสดงว่าคุณภาพน้ำในแม่น้ำในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำนั้นไม่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ตามที่กำหนดไว้ซึ่งจะต้องมีมาตรการในการป้องกันการปนเปื้อนของน้ำเสียในบริเวณนั้น ๆ หรือมีการฟื้นฟูคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนั้น ๆ เพื่อให้คุณภาพน้ำกลับมาเป็นปกติตามเกณฑ์มาตรฐาน คุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินต่อไป

2. การประเมินโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน (Water Quality Index: WQI)

เป็นการแสดงถึง สถานการณ์ของคุณภาพน้ำในภาพรวม โดยพิจารณาจากค่าคุณภาพน้ำ 5 พารามิเตอร์ ได้แก่ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen : DO) ความสกปรกใน

รูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand : BOD) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria: TCB) แบคทีเรียกลุ่มฟิโคไลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria: FCB) และ แอมโมเนีย (Ammonia: $\text{NH}_3\text{-N}$) มีคะแนนอยู่ระหว่าง 0-100 โดยจัดเกณฑ์คุณภาพน้ำเป็นดี มาก (คะแนน 91-100) ดี (คะแนน 71-90) พอใช้ (คะแนน 61-70) เลื่อนมโหริ (คะแนน 31-60) และเลื่อนมโหริมาก (คะแนน 0-30) (กรมควบคุมมลพิษ, 2557)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความสัมพันธ์ของแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำ

Nguyen and Nhien (2020) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำบริเวณสามเหลี่ยมปากแม่น้ำโขงประเทศเวียดนาม ในเดือนมีนาคม 2019 โดยเก็บตัวอย่างจาก 3 สถานี คือ พื้นที่ที่มีผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตร พื้นที่อยู่อาศัย และพื้นที่ฝังกลบ เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำในแหล่งศึกษามีการปนเปื้อนสารอินทรีย์ สารแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย พบแพลงก์ตอนพืช 422 ชนิดซึ่งอยู่ใน 5 ดิวิชัน คือ Bacillariophyta, Chlorophyta, Dinophyta, Cyanophyta และ Euglenophyta ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 สถานีอยู่ระหว่าง 13 ถึง 77,328 เซลล์ต่อลิตร แพลงก์ตอนพืชที่พบในน้ำที่มีอินทรีย์วัตถุสูง มีสารอาหารสูงและมีความเค็มได้แก่ *Melosira granulata*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cyclotella comta*, *Trachelomonas sp.*, *Glenodinium beronense*, *Oscillatoria muticola* และ *Skeletonema costatum* ดัชนีคุณภาพน้ำอยู่ในช่วงระดับดีถึงปานกลาง ($\text{WQI} = 57\text{-}88$) ในขณะที่ดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Weiner ($H' = 0.71\text{-}3.89$) แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำมีมลพิษปานกลางถึงมาก ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ CCA แสดงถึงการกระจายตัวและความอุดมสมบูรณ์ของแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ แอมโมเนียไนโตรเจน, ออกซิเจนละลาย, BOD และ TSS

อุไรรัตน์ รัตนวิจิตร และคณะ (2562) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่ง จังหวัดเพชรบุรี โดยเก็บตัวอย่างน้ำทะเลตลอดแนวชายฝั่งทะเลเพชรบุรี ตั้งแต่อ่าวบางตะบูนถึงโครงการตามพระราชดำริแหลมผักเบี้ย อ.บ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ระยะทาง 85 กิโลเมตร จำนวน 6 สถานี ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2559 ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทะเลชายฝั่งเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และพบว่าชายฝั่งทะเลเพชรบุรีมีการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืช โดยประกอบไปด้วยแพลงก์ตอนพืช 2 ดิวิชัน ทั้งหมด 29 สกุล ดิวิชัน Cyanophyta (bluegreen algae) พบ 1 สกุล คือ *Oscillatoria*

sp. ดิวิชัน Chromophyta คลาส Bacillariophyceae พบ 20 สกุล และ คลาส Dinophyceae (dinoflagellates) พบ 8 สกุล โดยแพลงก์ตอนพืชที่มีชนิดมากที่สุดคือกลุ่มไดอะตอม ซึ่งพบทุกสถานี สกุลเด่นที่พบคือ *Ceratium furca*, *Odontella sinensis* และ *Coscinodiscus* sp. และสถานีเก็บตัวอย่างบริเวณคลองอีแอต มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับปริมาณแพลงก์ตอนพืช โดยแยกแต่ละสถานีพบว่าแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวบางตะบูนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับแอมโมเนีย แคลเซียมซิลิเกตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ($r=0.892, 0.885$ $p<0.05$) สถานีบ้านแหลมแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ($r=-0.893$, $p<0.05$) สถานีบางแก้ว แพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับความเค็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ($r=0.996$, $p<0.05$) สถานีคลองอีแอต แพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับแอมโมเนีย ฟอสเฟต และอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ($r=0.856, 0.819, 0.875$ $p<0.05$) และสถานีวัดสมุทรธาราม แพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้ามกับความเค็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99% ($r=-0.967, p<0.001$)

2. การตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

Navarrete, et al. (2018) ได้ศึกษาการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนคลอรีนในน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในพื้นที่เขตแม่น้ำปัมบังกา ประเทศฟิลิปปินส์ โดยมีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำผิวดินและน้ำบาดาลร่วมด้วย ผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของฟอสเฟตในน้ำผิวดินและตัวอย่างน้ำใต้ดินสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร ในขณะที่ความเข้มข้นของไนเตรดต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ 7 มิลลิกรัม/ลิตร ผลการวิจัยพบน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินมีสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนคลอรีน 7 ชนิดและพบสารตกค้างที่ระบุไว้ในรายการอนุสัญญาสตอกโฮล์มปี 2552 เช่น dieldrin, endrin aldehyde, α -BHC, β -BHC, δ -BHC, γ -chlordane, และ endosulfan II ความเข้มข้นของสารกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนคลอรีนรวมถึง endrin aldehyde, total BHCs (เช่น α -BHC, β -BHC, δ -BHC), และ heptachlor ในน้ำใต้ดิน พบว่าเกินค่ามาตรฐาน ซึ่งบ่งชี้ว่าสารเคมีเหล่านี้ยังคงถูกใช้อย่างผิดกฎหมาย

Diop, et al. (2019) ศึกษาการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชในดินและน้ำใต้ดินในเขตเกษตรกรรมของ เนียเยส (ดาการ์, เซเนกัล) โดยรวบรวมตัวอย่างดิน 119 ตัวอย่าง และน้ำใต้ดิน 80 ตัวอย่าง ที่จุดเก็บตัวอย่าง 4 แห่ง วิเคราะห์โดยวิธีโครมาโตกราฟี จาก 21 ตัวอย่างพบการปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชในดิน 17 ชนิดและน้ำใต้ดิน 15 ชนิด สารกำจัดศัตรูพืช

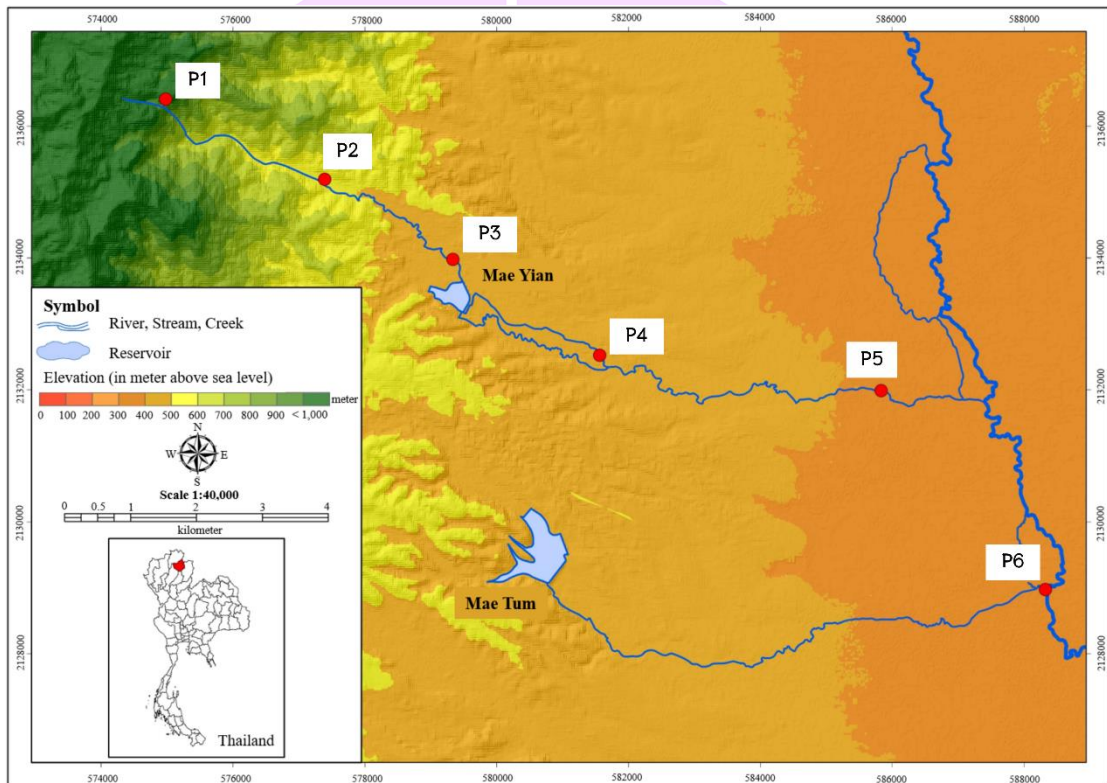
ออร์กาโนคลอรีนมีความโดดเด่นเชิงปริมาณในดิน ในขณะที่ตรวจพบออร์กาโนฟอสเฟตในน้ำ ในระดับที่สูง สาร Dicofol, p,p'-DDE และ dimethoate เป็นสารกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบบ่อย ที่สุดในดินที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 4.28 ถึง 24.54, 5.91 ถึง 20.05 และ 5.50 ถึง 7.72 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ สารกำจัดศัตรูพืชที่ได้พบบ่อยครั้ง ได้แก่ ไดโคโฟล (31 %) คลอร์ไพริฟอส (28%) และไดเมโทเอต (25%)



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา



ภาพ 1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่าง

หมายเหตุ: แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างจัดทำโดย โปรแกรม ArcMap เวอร์ชัน 10.8

พื้นที่ศึกษา คือ บริเวณธารน้ำตกแม่เหียนผ่านสวนลื่นจี ตลอดจนคลองแม่เหียน จนถึงจุดรวมน้ำบริเวณลำน้ำอิง โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดังนี้

จุด P1; น้ำตกแม่เหียน ตำบลบ้านใหม่ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา

พิกัดทางภูมิศาสตร์ 19.3201485,99.713736

จุด P2; สวนลื่นจี ตำบลบ้านใหม่ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา

พิกัดทางภูมิศาสตร์ 19.3090693, 99.73666

จุด P3; บ่อปลา ตำบลบ้านใหม่ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา

พิกัดทางภูมิศาสตร์ 19.298029, 99.755129

จุด P4; พื้นที่เกษตรกรรม ตำบลบ้านใหม่ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา

พิกัดทางภูมิศาสตร์ 19.289001, 99.765522

จุด P5; คลองผ่านชุมชนบ้านใหม่ ตำบลบ้านใหม่ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา

พิกัดทางภูมิศาสตร์ 19.278769, 99.818002

จุด P6; จุดรวมน้ำอิง ตำบลแม่ปืม อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา

พิกัดทางภูมิศาสตร์ 19.268132, 99.836883

อุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์สำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำและสาหร่าย
 - 1.1 ถังพลาสติกขนาด 5 ลิตร
 - 1.2 ตาข่ายแพลงก์ตอน (Plankton net) ขนาด 10 ไมโครเมตร
 - 1.3 ขวดสีชา (Amber bottle) ขนาด 150 มิลลิลิตร
 - 1.4 กระจุก ขนาด 100 มิลลิลิตร
 - 1.5 ขวด BOD (BOD bottle)
 - 1.6 ขวดโพลีเอทิลีน (Polyethylene bottle) ขนาด 1.5 ลิตร
 - 1.7 ขวดปราศจากเชื้อ (Sterile bottle) ขนาด 100 มิลลิลิตร
 - 1.8 กล่องโฟม (Foam box)
 - 1.9 หลอดหยด (Dropper)
 - 1.10 ตะกร้า (Basket)
 - 1.11 เครื่องวัดพิกัดภูมิศาสตร์ (GPS)
 - 1.12 ขวดน้ำกั้น (Wash Bottle)
 - 1.13 แปรง (Brush)
2. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี
 - 2.1 ปีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 มิลลิลิตร
 - 2.2 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
 - 2.3 ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 และ 500 มิลลิลิตร
 - 2.4 กระจกตวง (Graduated cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร

- 2.5 ขวดสีชา (Amber bottle)
 - 2.6 กรวยกรอง (Funnel)
 - 2.7 กรวยกรองบุชเนอร์ (Buchner funnel)
 - 2.8 บิวเรตต์ (Burette) ขนาด 50 มิลลิลิตร
 - 2.9 ขาตั้ง (Stand)
 - 2.10 ที่จับบิวเรตต์ (Burette clamp)
 - 2.11 ขวดบีโอดี (BOD bottle)
 - 2.12 ขวดพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่าง (Plastic bottle)
 - 2.13 หลอดหยด (Dropper)
 - 2.14 ปิเปตต์ (Pipette) ขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
 - 2.15 ลูกยาง (Rubber bulb)
 - 2.16 ช้อนตักสาร (Spatula)
 - 2.17 แท่งคนสาร (Stirring rod)
 - 2.18 กระดาษกรอง (Filter) Whatman GF/C
 - 2.19 ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle)
 - 2.20 คีมคีบ (Forceps)
 - 2.21 ขวดกรองสาร (Suction flask)
 - 2.22 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Scale)
 - 2.23 ตู้เย็น (Refrigerator)
 - 2.24 เทอร์มิเตอร์ (Thermometer)
 - 2.25 เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (HACH Spectrophotometer)
 - 2.26 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator) 20 องศาเซลเซียส
 - 2.27 เครื่อง Multi-parameters
 - 2.28 เครื่องวัดความขุ่น (Turbidity meter)
3. สารเคมีในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี
 - 3.1 สารเคมีในการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD)
 - 3.1.1 Manganese sulfate ($MnSO_4$)
 - 3.1.2 Sodium iodine (NaI)
 - 3.1.3 Sodium azide (NaN_3)

- 3.1.4 Sodium thiosulfate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
- 3.1.5 Sodium hydroxide (NaOH)
- 3.1.6 Sulfuric acid (H_2SO_4)
- 3.1.7 Potassium dichromate ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)
- 3.1.8 Potassium iodide (KI)
- 3.1.9 แป้งชนิด laboratory grade
- 3.1.10 Salicylic acid ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$)
- 3.2 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท
 - 3.2.1 Nitrate Ver 5 Nitrate reagent powder pillow
- 3.3 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณออร์โธฟอสเฟต
 - 3.3.1 Phos Ver 3 Phosphate reagent powder pillow
- 3.4 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนีย
 - 3.4.1 Ammonia Salicylate reagent powder pillow
 - 3.4.2 Ammonia Cyanurate reagent powder pillow
4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาชนิดและจำนวนของสาหร่าย
 - 4.1 กล้องจุลทรรศน์ชนิดเลนส์ประกอบ (Compound microscope)
 - 4.2 สไลด์ และกระจกปิดสไลด์ (Slide and cover glass)
 - 4.3 หลอดหยด (Dropper)
 - 4.4 กล้องถ่ายรูป (Camera)
 - 4.5 หนังสือสาหร่าย (Algae book) เพื่อใช้ระบุสปีชีส์ของสาหร่าย
5. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์โคลิฟอร์มแบคทีเรีย
 - 5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์
 - 5.1.1 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Scale)
 - 5.1.2 ขวดดูแรน (Duran bottle) ขนาด 500 มิลลิลิตร
 - 5.1.3 ช้อนตักสาร (Spatula)
 - 5.1.4 หลอดทดลอง (Test tube) ขนาด 16×125 มิลลิลิตร พร้อมฝาครอบ
 - 5.1.5 ตะแกรงวางหลอดทดลอง (Rack)
 - 5.1.6 กระบอกลอย (Cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร
 - 5.1.7 ปีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 500 มิลลิลิตร
 - 5.1.8 กระบอกฉีดยา (Syringe) ขนาด 10 มิลลิลิตร

- 5.1.9 ลูกยาง (rubber bulb)
- 5.1.10 ตะเกียงแอลกอฮอล์ (Alcohol burner)
- 5.1.11 ปิเปตต์ (Pipette) ขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
- 5.1.12 ตู้บ่มเพาะเชื้อ (Incubator)
- 5.1.13 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave)
- 5.1.14 หลอดดัดกแก๊ส (Durham tube)
- 5.1.15 ห่วงเชี่ยเชื้อ (Loop)
- 5.1.16 ขวดรูปชมพู่ (Flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 5.1.17 ฝ้าย (Cotton)
- 5.2 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ
 - 5.2.1 น้ำกลั่น (Distilled water)
 - 5.2.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ Lauryl tryptose broth
 - 5.2.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant – green lactose bile broth
 - 5.2.4 อาหารเลี้ยงเชื้อ Escherichia coli broth
- 6. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณโคลิฟอร์ม เอ
 - 6.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์
 - 6.1.1 บั้มสุญญากาศ (Vacuum pump)
 - 6.1.2 กรวยกรองบุชเนอร์ (Buchner funnel)
 - 6.1.3 ขวดกรองสาร (Suction flask)
 - 6.1.4 กระดาษกรอง (Filter) GF/C
 - 6.1.5 หลอดเซนติฟิวจ์ (Centrifuge tube)
 - 6.1.6 เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge)
 - 6.1.7 คิวเวตต์ (Cuvette)
 - 6.1.8 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Spectrophotometer)
 - 6.1.9 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)
 - 6.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์
 - 6.2.1 เมทานอล (Methanol)
 - 6.2.2 น้ำกลั่น (Distilled water)
- 7. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณสารเคมีตกค้าง
 - 7.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

- 7.1.1 กระจาดกรองขนาดไนลอน (Nylon filter) 0.45 μm
- 7.1.2 ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump)
- 7.1.3 กรวยกรองบุชเนอร์ (Buchner funnel)
- 7.1.4 ขวดกรองสาร (Suction flask)
- 7.1.5 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)
- 7.1.6 ขวดก้นกลม (Round bottom flask)
- 7.1.7 กระบอกฉีดยา (Syringe)
- 7.1.8 หัวกรองเข็มฉีดยา (Syringe filter)
- 7.1.9 ปีกเกอร์ (Beaker)
- 7.1.10 ขวดไวแอล (Vial)
- 7.1.11 ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask)
- 7.1.12 กรวยแยกสาร (Separatory funnel)
- 7.1.13 เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC)
- 7.1.14 เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotary evaporator)
- 7.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์
 - 7.2.1 สารละลายมาตรฐาน (Standard solution)
 - 7.2.2 น้ำกลั่น (Distilled water)
 - 7.2.3 Methanol (CH_3OH)
 - 7.2.4 Dichloromethane (CH_2Cl_2)
 - 7.2.5 Acetonitrile ($\text{C}_2\text{H}_3\text{N}$)

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การสำรวจและกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง

ทำการสำรวจจุดเก็บตัวอย่าง โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง 6 จุด คือ บริเวณธารน้ำตกแม่เหียนผ่านสวนลินจี่ ตลอดจนคลองแม่เหียนจนถึงจุดรวมน้ำบริเวณลำน้ำอิง

2. การเก็บตัวอย่างน้ำและสาหร่าย

ลงพื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำ 12 ครั้ง รวมระยะเวลา 1 ปี (เดือนละ 1 ครั้ง)

2.1 การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารเคมีตกค้าง โดยใช้ชุด

แก้วสีชา

2.2 การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) โดยใช้ขวด BOD เก็บตัวอย่างน้ำใต้ผิวน้ำ และปิดฝาใต้น้ำ ระวังอย่าให้มีฟองอากาศในขวด

2.3 การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหาร ได้แก่ ออกซิ-ฟอสเฟต แอมโมเนีย และไนเตรท โดยใช้ขวดที่โพลีเอทิลีน และเก็บตัวอย่างน้ำใต้ผิวน้ำ

2.4 การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยใช้ขวดแก้วสีชาที่ทำการฆ่าเชื้อแล้ว เก็บตัวอย่างน้ำใต้ผิวน้ำลึกลงไป 20-30 เซนติเมตร

2.5 การเก็บตัวอย่างสาหร่าย มีวิธีการเก็บ 3 แบบ คือ 1) การใช้ตาข่ายแพลงก์ตอนขนาดความถี่ 10 ไมโครเมตร กรองน้ำตัวอย่าง 20 ลิตร ปล่อยให้น้ำไหลออกจากตาข่ายจนเหลือน้ำประมาณ 100 มิลลิลิตร ถ่ายลงในขวดเก็บตัวอย่างสีชา 2) การเก็บจากพืชน้ำโดยใช้ตะขอกเกี่ยวพืชน้ำที่มีการยึดเกาะของสาหร่ายขึ้นมา จากนั้นใช้มือบีบ หรือขยำใส่ในภาชนะที่มีตัวอย่างน้ำ ให้สาหร่ายที่เกาะอยู่หลุดออกมาแล้วเก็บตัวอย่างใส่กระปุก 3) การเก็บจากหินที่มีการยึดเกาะของสาหร่าย โดยใช้แปรงขัดเบา ๆ ให้สาหร่ายหลุดออกมา แล้วเก็บใส่ภาชนะที่มีน้ำตัวอย่าง

3. การวิเคราะห์ปริมาณการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชไซเปอร์เมทริน

การวิเคราะห์ปริมาณการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชโดยใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) เตรียมสารละลายมาตรฐานของไซเปอร์เมทรินที่ความเข้มข้น 0.0, 0.5, 1.0, 5.0, 10.0, 25.0, และ 50.0 มิลลิกรัมตามลำดับ จากนั้นปรับสถานะเครื่องตรวจวิเคราะห์โดยฉีดสารมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เพื่อหาช่วงต่ำสุดจนถึงสูงสุด เพื่อนำมาทำ calibration curve ของสารมาตรฐาน

การสกัดน้ำตัวอย่าง ดัดแปลงจากวิธีการของ Mihaylova, et al. (2021) โดยกรองน้ำตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง Nylon ขนาด 0.45 ไมโครเมตร นำน้ำตัวอย่างปริมาตร 100 มิลลิลิตรใส่ในกรวยสกัด เติม Dichloromethane ปริมาตร 60 มิลลิลิตร โดยใช้ตัวอย่างเดิมสกัดซ้ำจำนวน 3 ครั้ง จากนั้นนำไประเหยโดยใช้เครื่องระเหยสารแบบหมุน (Rotary evaporator) และละลายด้วย Methanol ปริมาตร 10 มิลลิลิตร กรองด้วยตัวกรองแบบเมมเบรน (Syringe filter) ขนาด 0.45 ไมโครเมตร ก่อนนำไปใส่ขวด Vial ขนาด 2 มิลลิลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์ผลด้วยเครื่อง HPLC ต่อไป

การหาร้อยละการกลับคืน (% Recovery) เตรียม Spike sample โดยนำน้ำตัวอย่างผสมกับสารที่ทราบความเข้มข้นได้แก่ 0.5, 1.0 และ 10.0 มิลลิกรัม จากนั้นนำไปสกัดตามวิธีข้างต้นเพื่อนำไปวิเคราะห์

การหาขีดจำกัดของการตรวจวัด (LOD) และ ขีดจำกัดการวัดเชิงปริมาณ (LOQ) โดยการเตรียมสารละลายของสารกำจัดศัตรูพืชที่ความเข้มข้นต่ำ ที่จะให้อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (Signal-to-Noise Ratio : SNR) เท่ากับ 3:1 และ 10:1 ตามลำดับ (Hu, et al., 2014) คำนวณค่าขีดจำกัดของการตรวจวัด (LOD) และ ขีดจำกัดการวัดเชิงปริมาณ (LOQ)

ขีดจำกัดของการตรวจวัด = ค่าเฉลี่ย + 3 (ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ขีดจำกัดการวัดเชิงปริมาณ = ค่าเฉลี่ย + 10 (ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สภาวะเครื่อง HPLC (ดัดแปลงวิธีการจาก Hu, et al., (2014))

Mobile phase : methanol: acetonitrile: water (38: 38: 24; V/V/V)

Injection volume : 10 ไมโครลิตร

Flow rate : 1 มิลลิลิตร/นาที

Temperature : 20 องศาเซลเซียส

UV detection : 235 นาโนเมตร

Retention time : 42 นาที

4. การศึกษาคุณภาพน้ำด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ

4.1 คุณภาพน้ำด้านกายภาพ

4.1.1 อุณหภูมิ ทำการวัดโดยใช้เครื่อง Multiparameter รุ่น CyberScan PCD650

4.1.2 ค่าการนำไฟฟ้า ทำการวัดโดยใช้เครื่อง Multiparameter รุ่น CyberScan PCD650

4.1.3 ความขุ่นของน้ำ ทำการวัดโดยใช้เครื่อง Turbidity Meter

4.2 คุณภาพน้ำด้านเคมี

4.2.1 ความเป็นกรด-ด่าง ทำการวัดโดยใช้เครื่อง Multiparameter รุ่น CyberScan PCD650

4.2.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) โดยวิธี Azide modification method เป็นวิธีที่ใช้หาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

4.2.3 ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) โดยวิธี Azide modification Method

4.2.4 ไนเตรท (Nitrate-Nitrogen) สารเคมีสำหรับการตรวจวัดปฏิกิริยาของไนเตรทใช้สาร Nitra Ver 5 สำหรับการวิเคราะห์ และใช้วิธี Cadmium Reduction Method ทำการวิเคราะห์โดยเครื่อง HACH Spectrophotometer Model 890

4.2.5 ออโธฟอสเฟต (Ortho-Phosphate) สารเคมีสำหรับการตรวจวัดปฏิกิริยาของออโธฟอสเฟตใช้ Phos Ver 3 สำหรับการวิเคราะห์ และใช้วิธี Ascorbic Acid Method ทำการวิเคราะห์โดยเครื่อง HACH Spectrophotometer Model 890

4.2.6 แอมโมเนีย (Ammonia-Nitrogen) สารเคมีสำหรับการตรวจวัดปฏิกิริยาของแอมโมเนียโดยใช้สาร Ammonia Salicylate, Ammonia Cyanurate สำหรับการวิเคราะห์ และใช้วิธี Salicylate Method ทำการวิเคราะห์โดยเครื่อง HACH Spectrophotometer Model 890

4.3 คุณภาพน้ำด้านชีวภาพ

4.3.1 โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total Coliform Bacteria) และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) โดยวิธี Multiple tubes method อาศัยหลักการความสามารถในการย่อยสลายอาหารให้เกิดแก๊สในหลอดทดลอง จากจำนวนหลอดทดลองที่ให้ผลเป็นบวก แล้วนำไปเปรียบเทียบกับตารางดัชนี MPN (Most Probable Number index) (ภาคผนวก ค ตาราง 28)

4.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ กรองน้ำตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง GF/C จากนั้นกระดาษกรองใส่หลอด Centrifuge เต็มเมทานอล 90% 10 มิลลิลิตร นำไปบ่มใน water bath ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ความยาวคลื่น 630, 645, 665 และ 750 นาโนเมตร จากนั้นนำมาคำนวณตามสูตร โดยคลอโรฟิลล์ เอ มีหน่วยเป็น ไมโครกรัม/ลิตร (เนติ เงินแพทย์, 2562)

คลอโรฟิลล์ เอ (ug/L) =

$$\frac{[11.6 (A_{665}-A_{750}) - 1.31 (A_{645}-A_{750}) - 0.14 (A_{630}-A_{750}) \times \text{methanol (ml)}]}{\text{น้ำตัวอย่าง (L)} \times \text{ความกว้าง Cuvette}}$$

5. การศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียว

5.1 ศึกษาความหลากหลายโดยใช้หนังสือสาหร่ายน้ำจืดในประเทศไทย (ยุวดี พิรพรพิศาล, 2546) และคู่มือ Flora of New Zealand Freshwater Algae, Chlorophyta, Desmids (Hannah and Flint, 1986)

5.2 นับจำนวนสาหร่ายโดยสไลด์นับแพลงก์ตอน (Sedgewick Rafter Counting Chamber)

6. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

6.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชคุณภาพน้ำและสาหร่าย โดยวิธีการ Canonical Correspondence Analysis (CCA) ผ่านโปรแกรม Past 4.3

6.2 วิเคราะห์สหสัมพันธ์ โดยกำหนดหาค่าสัมประสิทธิ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient) ระหว่างสารเคมีกำจัดศัตรูพืช คุณภาพน้ำและสาหร่าย ผ่านโปรแกรม SPSS

6.3 วิเคราะห์ความแตกต่างข้อมูลต่อจุดเก็บตัวอย่างและช่วงเวลาของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช คุณภาพน้ำและสาหร่าย โดยใช้ One-Way Anova และ Duncan's new multiple range test (DMRT) ผ่านโปรแกรม SPSS



บทที่ 4

ผลการทดลอง

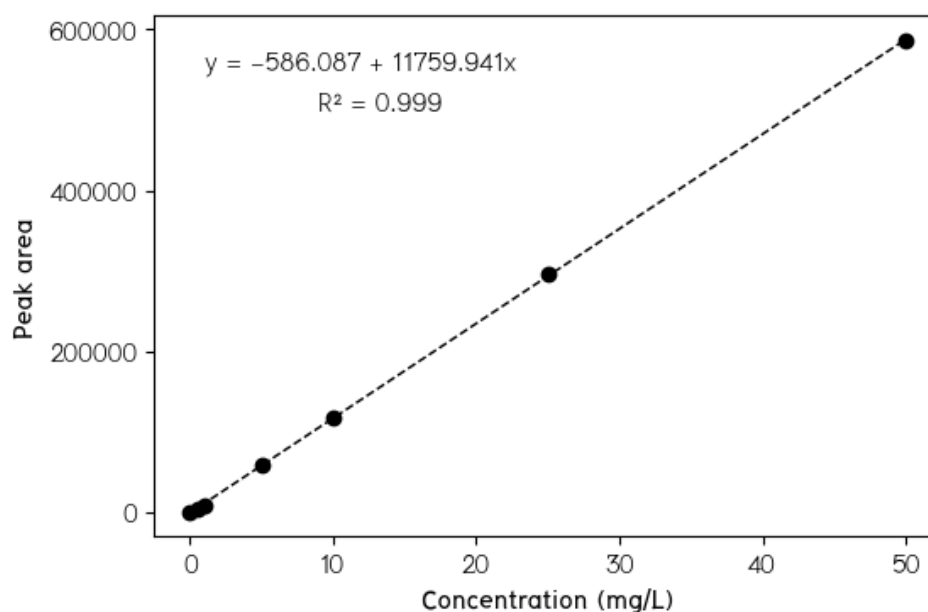
การวิเคราะห์หาปริมาณการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชไซเปอร์เมทริน

กราฟมาตรฐานสารเคมีกำจัดศัตรูพืชไซเปอร์เมทรินได้จากการนำสารมาตรฐาน (Standard) ของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชไซเปอร์เมทรินที่ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10.0, 25.0 และ 50.0 มิลลิกรัม/ลิตร ไปวิเคราะห์ โดยใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) จากนั้นนำพื้นที่ใต้กราฟมาวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) เพื่อให้ได้กราฟมาตรฐาน โดยมีสมการถดถอยเชิงเส้นและค่า R^2 เท่ากับ $y = -568.087 + 11759.941x$ และ 0.999 ตามลำดับ (ภาพ 2) วิธีการวัดปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชไซเปอร์เมทรินทำได้โดยการนำพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการตรวจวัด (y) มาเทียบกับกราฟมาตรฐานของไซเปอร์เมทริน โดยการแทนค่าในสมการข้างต้น

การประเมินขีดจำกัดของการตรวจวัด (LOD) และขีดจำกัดการวัดเชิงปริมาณ (LOQ) มีค่าเท่ากับ 0.08 และ 0.26 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ การทดสอบร้อยละการกลับคืน (% Recovery) เพื่อตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีในการสกัดสารเคมีกำจัดศัตรูพืช โดยใช้ความเข้มข้นสามระดับ 0.5, 1.0 และ 10.0 มิลลิกรัม/ลิตร ได้เท่ากับ 98.39, 101.12 และ 101.07% ตามลำดับ ในขณะที่ผลของการวิเคราะห์ความแม่นยำของวิธีการได้รับการประเมินโดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (RSD, %) ที่ความเข้มข้นสามระดับ คือ 0.5, 1.0 และ 10.0 มิลลิกรัม/ลิตร ได้เท่ากับ 0.32, 0.35 และ 0.18 (ตาราง 2) จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าวิธีการตรวจวัดที่ใช้ในครั้งนี้มีมาตรฐานเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานของ Hu, et al. (2014)

การตรวจสอบการตกค้างของไซเปอร์เมทรินเป็นระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม 2565 ในเดือนมกราคมเกษตรกรบางส่วนเริ่มมีการฉีดพ่นไซเปอร์เมทริน พบว่าปริมาณสารตกค้างเพิ่มขึ้นจากสถานี P1 ไปยังสถานี P5 และลดลงที่สถานี P6 ซึ่งเป็นจุดที่ลำน้ำแม่เหี้ยยนและลำน้ำสายอื่นมาบรรจบกัน ในเดือนกุมภาพันธ์ มีการฉีดพ่นสารไซเปอร์เมทรินเพิ่มขึ้นเพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืช จึงส่งผลให้การตกค้างของไซเปอร์เมทรินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม ระดับสารตกค้างสูงสุดถูกตรวจพบในเดือนมีนาคม โดยเฉพาะที่สถานี P4 ซึ่งตรวจพบระดับ 29.43 มิลลิกรัม/ลิตร ในเดือนเมษายนและ พฤษภาคม ปริมาณการตกค้างของไซเปอร์เมทรินลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยเดือนเมษายนพบความเข้มข้นของสารตกค้างจากไซเปอร์เมทรินสูงสุดที่สถานี P4 ในขณะที่เดือนกันยายนไม่พบการ

ตกค้างของไซเปอร์เมทรินในสถานี P1 นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเดือน พฤษภาคม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของสารตกค้างระหว่างสถานีเก็บตัวอย่าง (ภาพ 3) อย่างไรก็ตามตั้งแต่เดือนมิถุนายนจนถึงเดือนธันวาคม ไม่พบการตกค้างของไซเปอร์เมทรินในทุกสถานี

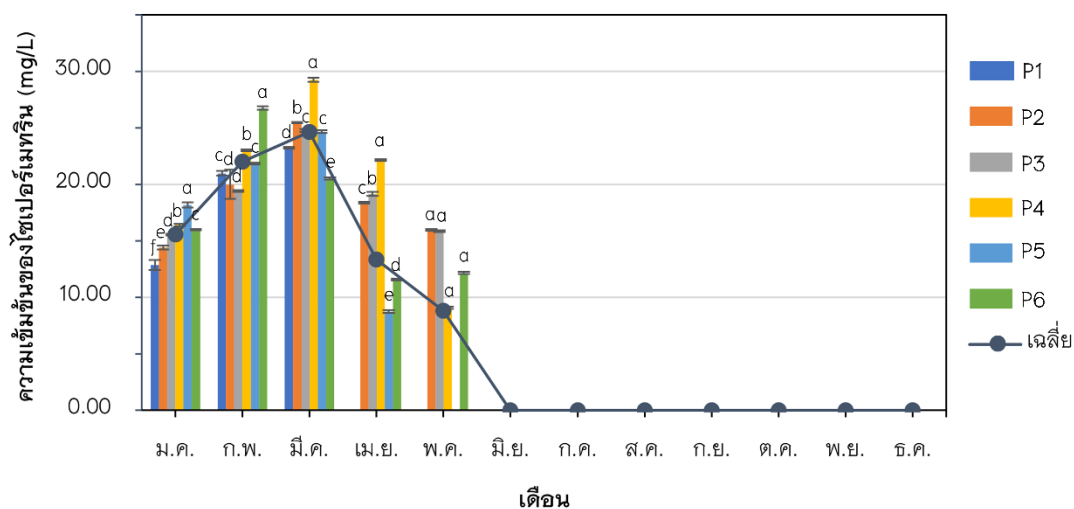


ภาพ 2 กราฟมาตรฐานไซเปอร์เมทริน

ตาราง 1 ร้อยละการกลับคืน (% Recovery) ของสารไซเปอร์เมทริน ที่ความเข้มข้นระดับ 0.5, 1.0 และ 10.0 มิลลิกรัม, ขีดจำกัดของการตรวจวัด (LOD) และ ขีดจำกัดการวัดเชิงปริมาณ (LOQ)

Cypermethrin (มิลลิกรัม/ลิตร)	% Recovery	RSD*
0.5	98.39	0.32
1.0	101.12	0.35
10.0	101.07	0.18
LOD		0.08
LOQ		0.26

หมายเหตุ: * RSD (%): relative standard deviation.



ภาพ 3 ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ตรวจวัดได้

ตาราง 2 ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ที่พบในแต่ละสถานี ตั้งแต่เดือนมกราคม - ธันวาคม 2565

เดือน	สถานี						เฉลี่ย
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
ม.ค.	12.89 ^f	14.41 ^e	15.56 ^d	16.41 ^b	18.17 ^a	15.98 ^c	15.57 ^B
ก.พ.	20.97 ^c	20.00 ^d	19.43 ^e	23.03 ^b	21.84 ^c	26.76 ^a	22.00 ^A
มี.ค.	23.25 ^d	25.48 ^b	24.79 ^c	29.27 ^a	24.68 ^c	20.53 ^e	24.67 ^A
เม.ย.	0.00	18.38 ^c	19.16 ^b	22.14 ^a	8.75 ^e	11.59 ^d	13.34 ^{BC}
พ.ค.	0.00	15.96 ^a	15.87 ^a	9.09 ^a	0.00	12.17 ^a	8.85 ^C
มิ.ย.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ก.ค.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ส.ค.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ก.ย.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ต.ค.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พ.ย.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ธ.ค.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

หมายเหตุ: ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ที่มีสัญลักษณ์ตัวอักษร a, b, c, d และ f แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05, ค่าเฉลี่ยที่มีสัญลักษณ์ตัวอักษร A, B และ C แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

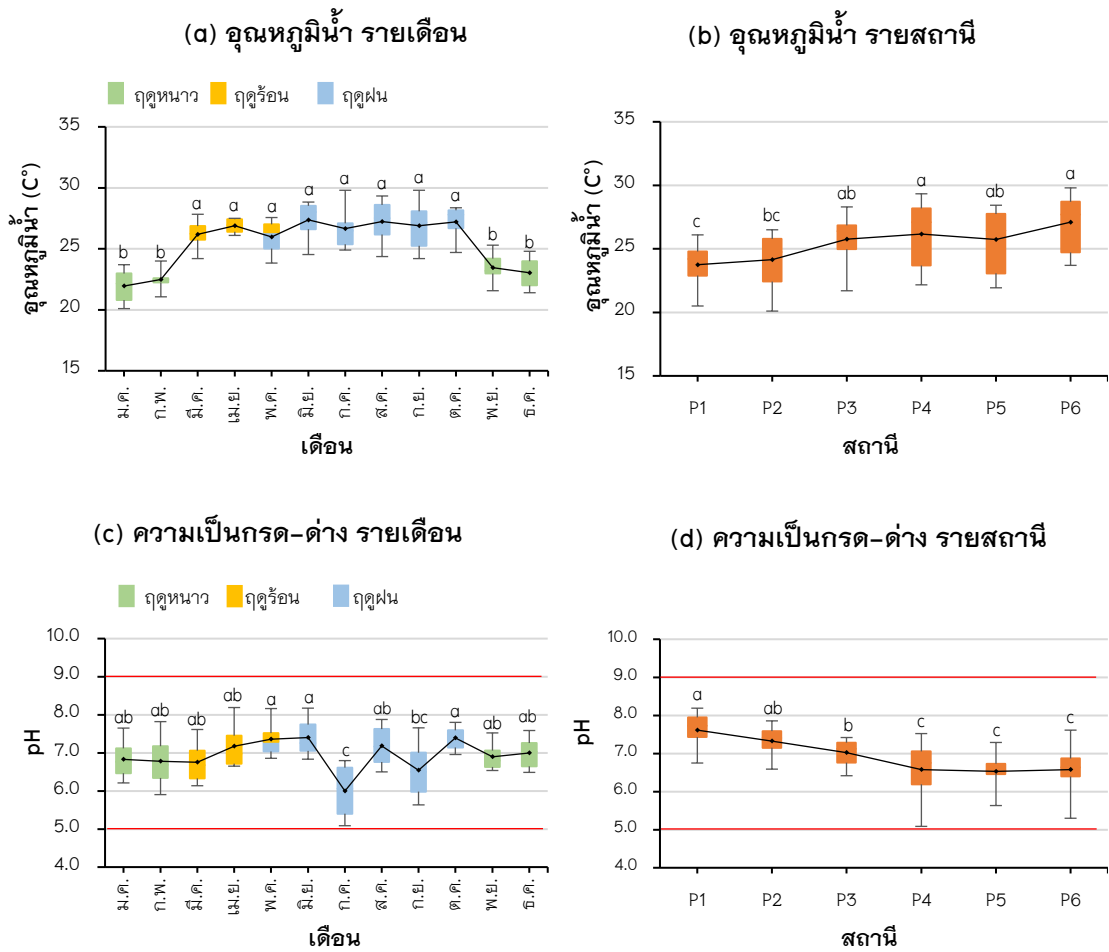
การศึกษาคุณภาพน้ำด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ

1. อุณหภูมิ



อุณหภูมิในเดือนมกราคม-เดือนธันวาคม อยู่ในช่วง 20-30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 22 องศาเซลเซียสในเดือนมกราคม ในเดือนมีนาคมจนถึงตุลาคม อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและพบอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 27.37 องศาเซลเซียส ในเดือนมิถุนายน เดือนพฤศจิกายนและธันวาคมอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 23.5 และ 23.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับฤดูกาลพบว่าอุณหภูมิน้ำมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงตามช่วงฤดูกาลของประเทศไทย ซึ่งฤดูหนาวมีอุณหภูมิต่ำกว่าฤดูร้อนและฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพ 4a) ในขณะที่เดียวกันเมื่อเปรียบเทียบรายสถานีพบว่าสถานี P1 มีอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยต่ำที่สุดอยู่ที่ 23.75 องศาเซลเซียสและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจากสถานี P2, P3 และ P4 ตามลำดับ และพบอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยสูงสุดที่สถานี P6 คือ 27.10 องศาเซลเซียส (ภาพ 4b)

2. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ความเป็นกรด-ด่างของน้ำตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2565 อยู่ในช่วง 5.09-8.20 ในช่วงฤดูหนาว (เดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ และ เดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม) และฤดูร้อน (เดือนมีนาคม-กลางเดือนพฤษภาคม) มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยใกล้เคียงกัน และไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ช่วงฤดูฝน (กลางเดือนเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม) ค่าความเป็นกรด-ด่างมีความผันผวนค่อนข้างสูง โดยเฉพาะเดือนกรกฎาคมมีค่าเฉลี่ยเหลือเพียง 6.0 (ภาพ 4c) ภาพ 4d แสดงความเป็นกรด-ด่างของน้ำรายสถานี โดยสถานี P1 น้ำตกแม่เห็ยแสดงถึงความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยที่ 7.61 โดยมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่สถานี P2 ถึงสถานี P4 ในขณะที่สถานี P4, P5 และ P6 มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันและไม่พบความแตกต่างทางสถิติ โดยสรุปสถานี P1, P2 และ P3 คุณภาพน้ำเป็นกลาง-ด่างอ่อน และสถานี P4, P5 และ P6 คุณภาพน้ำโดยเฉลี่ยเป็นกรดอ่อน



ภาพ 4 อุณหภูมิน้ำและความเป็นกรด-ด่าง

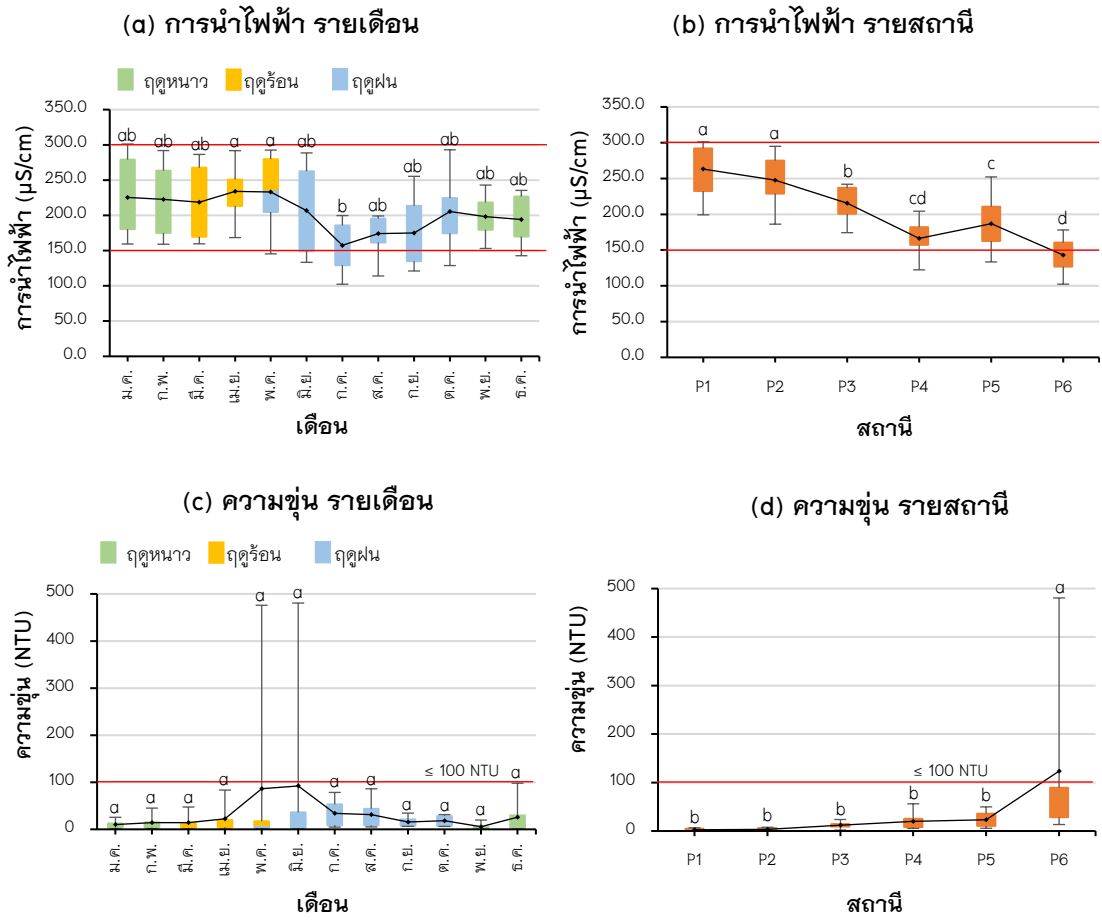
- หมายเหตุ: (a) ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม
 (b) ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำตั้งแต่สถานี P1-P6
 (c) ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง ตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม
 (d) ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างตั้งแต่สถานี P1-P6
- สัญลักษณ์  หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูล
 - สัญลักษณ์  หมายถึง ระดับมาตรฐานของพารามิเตอร์

3. การนำไฟฟ้า

การศึกษาการนำไฟฟ้าเดือนมกราคมถึงธันวาคม 2565 พบว่า การนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 102.33–301.17 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร ในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อนพบค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าใกล้เคียงกัน ในขณะที่ฤดูฝนค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญจนถึงเดือนกรกฎาคม อย่างไรก็ตามค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในเดือนสิงหาคม กันยายนและตุลาคม ตามลำดับ (ภาพ 5a) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของการนำไฟฟ้ารายสถานี พบว่ามีแนวโน้มลดลงจากสถานี P1 จนถึงสถานี P4 อย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตามมีการเพิ่มขึ้นในสถานี P5 และลดลงอีกครั้งในสถานี P6 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ (ภาพ 5b)

4. ความขุ่น

ความขุ่นของน้ำเป็นอีกหนึ่งพารามิเตอร์ที่สำคัญของการตรวจวัดคุณภาพน้ำจากการศึกษาในระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2565 พบค่าความขุ่นอยู่ในช่วง 0.32–480.67 NTU ในช่วงฤดูฝนพบค่าเฉลี่ยความขุ่นสูงกว่าฤดูกาลอื่น ๆ โดยเฉพาะเดือนพฤษภาคมและมิถุนายน อย่างไรก็ตามการศึกษาความขุ่นตลอดทั้งปีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 5c) เมื่อพิจารณาตามรายสถานี พบว่าสถานี P1 บริเวณต้นน้ำมีค่าความขุ่นเฉลี่ยอยู่ที่ 2.56 NTU สถานี P2 (สวนลีนจี่) มีค่าความขุ่นเฉลี่ยอยู่ที่ 3.22 NTU สถานี P3 (บ่อปลา) มีค่าความขุ่นเฉลี่ยอยู่ที่ 11.95 NTU สถานี P4 (พื้นที่เกษตรกรรม) ค่าความขุ่นเฉลี่ยอยู่ที่ 20.10 NTU สถานี P5 (พื้นที่ชุมชน) ค่าความขุ่นเฉลี่ยอยู่ที่ 23.03 NTU และสถานี P6 (จุดรวมน้ำอิง) ค่าความขุ่นเฉลี่ยอยู่ที่ 123.57 NTU โดยสรุปสถานี P1 มีค่าความขุ่นน้อยที่สุดและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดและสูงที่สุดในสถานี P6 (ภาพ 5d)



ภาพ 5 การนำไฟฟ้าและความขุ่น

หมายเหตุ: (a) ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม

(b) ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าตั้งแต่สถานี P1-P6

(c) ค่าเฉลี่ยความขุ่น ตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม

(d) ค่าเฉลี่ยความขุ่น ตั้งแต่สถานี P1-P6

1. สัญลักษณ์ —◆— หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

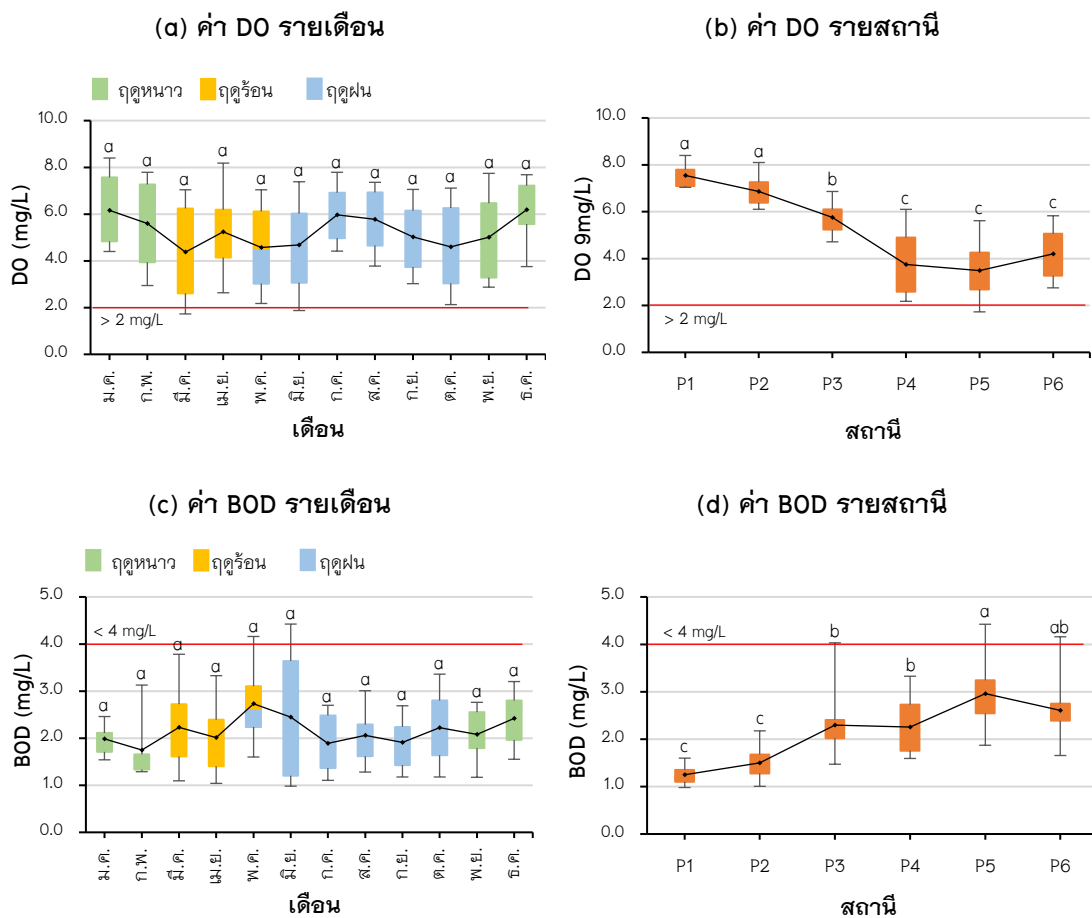
2. สัญลักษณ์ — หมายถึง ระดับมาตรฐานของพารามิเตอร์

5. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO)

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่วิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง 2.13–8.40 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยรายเดือนพบปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงสุดในเดือนธันวาคมและมกราคมซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาว และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนมีนาคมอยู่ในช่วงฤดูร้อน อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยออกซิเจนตลอดการศึกษาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 6a) ในขณะที่เดียวกันเมื่อเปรียบเทียบรายสถานี พบว่าสถานี P1 มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยสูงสุดที่ 7.55 มิลลิกรัม/ลิตร และเฉลี่ยต่ำสุดในสถานี P5 ที่ 3.49 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อพิจารณาภาพรวมพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในสถานีต้นน้ำมีค่าเฉลี่ยสูงและมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อแหล่งน้ำมีการไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชน (ภาพ 6a และ 6b)

6. ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD)

จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2565 มีค่าอยู่ในช่วง 0.98–4.42 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายเดือน พบว่าเดือนพฤษภาคมมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 2.73 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าเฉลี่ยรายเดือนตลอดการศึกษาไม่มีความสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามเดือนมิถุนายนแสดงให้เห็นถึงค่าออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงสุด คือ 4.42 มิลลิกรัม/ลิตร ในสถานี P5 และต่ำสุดที่ 0.98 มิลลิกรัม/ลิตร ในสถานี P1 นอกจากนี้การเปรียบเทียบรายสถานีแสดงให้เห็นว่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเกือบเท่าตัวจากสถานีต้นน้ำ เมื่อมีการไหลผ่านพื้นที่ ๆ มีกิจกรรมของมนุษย์ (ภาพ 6c และ 6d)




ภาพ 6 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD)


หมายเหตุ: (a) ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม

(b) ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ตั้งแต่สถานี P1-P6

(c) ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม

(d) ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ตั้งแต่สถานี P1-P6

1. สัญลักษณ์  หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

2. สัญลักษณ์  หมายถึง ระดับมาตรฐานของพารามิเตอร์

7. แอมโมเนียไนโตรเจน

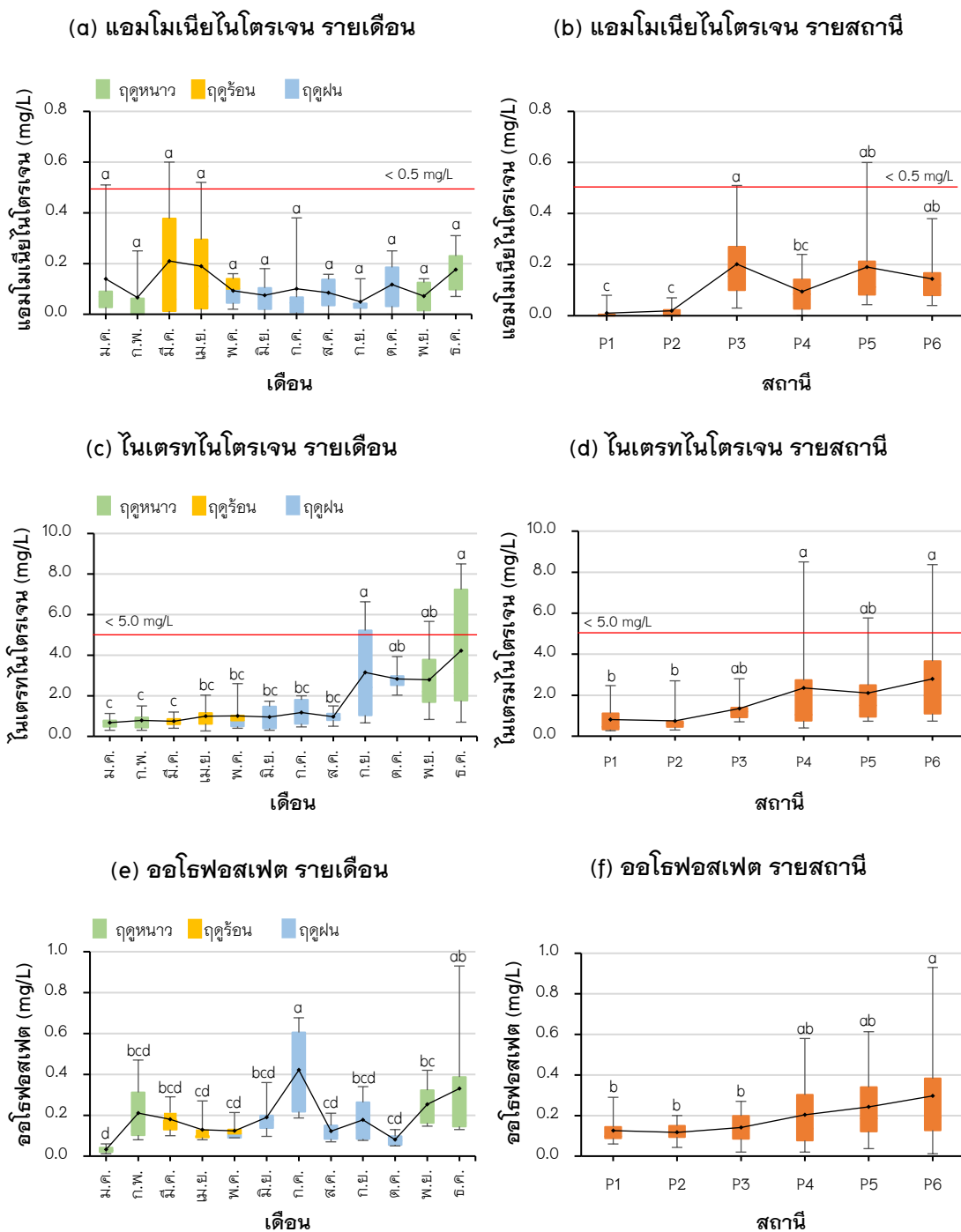
ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนที่พบอยู่ในช่วง 0.00–0.60 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อพิจารณาตามฤดูกาล พบว่าฤดูร้อนมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ยสูงกว่าฤดูอื่น ๆ ในเดือนมกราคม มีนาคมและเมษายนพบปริมาณแอมโมเนียสูงกว่าที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดคือ 0.51, 0.60 และ 0.52 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยรายเดือนตลอดการศึกษาไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (ภาพ 7a) เมื่อเปรียบเทียบรายสถานี ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนพบสูงสุดที่สถานี P5 (พื้นที่ชุมชน) มากถึง 0.60 มิลลิกรัม/ลิตร ในขณะที่สถานี P1 (น้ำตกแม่เห็ย่น) พบปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในระดับที่ค่อนข้างต่ำ สถานี P3 (บ่อปลา) พบปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ยสูงสุด (0.2 มิลลิกรัม/ลิตร) ในขณะเดียวกัน สถานี P5 (พื้นที่ชุมชน) พบปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ยใกล้เคียงกับสถานี P6 (จุดรวมน้ำอิง) จากการศึกษาสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยรายเดือนไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญและสถานีเก็บตัวอย่างเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อปริมาณแอมโมเนีย (ภาพ 7b)

8. ไนเตรทไนโตรเจน

การศึกษาปริมาณไนเตรทไนโตรเจน พบอยู่ในช่วง 0.30–8.50 มิลลิกรัม/ลิตร ในเดือนมกราคมพบปริมาณไนเตรทไนโตรเจนเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 0.68 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณไนเตรทไนโตรเจนมีแนวโน้มสูงขึ้นและเห็นได้อย่างชัดเจนในเดือนกันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน โดยเฉพาะเดือนธันวาคมพบปริมาณไนเตรทไนโตรเจนเฉลี่ยสูงที่สุดตลอดการศึกษาคือ 4.23 มิลลิกรัม/ลิตร นอกจากนี้ในเดือนกันยายนและธันวาคมพบปริมาณไนเตรทไนโตรเจนเกินค่ามาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด (ภาพ 7c) เมื่อพิจารณาตามรายสถานี ค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่สถานี P2 รองลงมาคือสถานี P1 เท่ากับ 0.81 และ 0.75 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ปริมาณไนเตรทไนโตรเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่สถานี P3 เป็นต้นไป และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่สถานี P6 เมื่อพิจารณาภาพรวมของปริมาณไนเตรทไนโตรเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจากเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคมและจากสถานีต้นน้ำไปจนถึงสถานีปลายน้ำ (ภาพ 7d)

9. ออโรฟอสเฟต



การวิเคราะห์ปริมาณออโรฟอสเฟตในช่วงเดือนมกราคมถึงธันวาคม 2565 พบว่ามีปริมาณออโรฟอสเฟตอยู่ในช่วง 0.02–0.93 มิลลิกรัม/ลิตร เดือนมกราคมพบปริมาณออโรฟอสเฟตเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.03 มิลลิกรัม/ลิตร และเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญถึง 7 เท่าในเดือนกุมภาพันธ์ ในเดือนมีนาคม เมษายนและพฤษภาคมปริมาณออโรฟอสเฟตมีแนวโน้มลดลง อย่างไรก็ตามเดือนกรกฎาคมพบปริมาณออโรฟอสเฟตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและเฉลี่ยสูงสุดคือ 0.42 มิลลิกรัม/ลิตร ในเดือนสิงหาคมพบปริมาณออโรฟอสเฟตลดลงเหลือเพียง 0.12 มิลลิกรัม/ลิตร และมีความผันผวนไปจนถึงเดือนธันวาคม (ภาพ 7e) เมื่อพิจารณาตามรายสถานีพบปริมาณออโรฟอสเฟตเฉลี่ยต่ำสุดที่สถานี P1 และสูงเฉลี่ยสุดที่สถานี P6 เมื่อพิจารณาภาพรวมตลอดระยะเวลา 1 ปี พบว่าช่วงสถานีต้นน้ำและกลางน้ำ (P1, P2 และ P3) มีปริมาณออโรฟอสเฟตเฉลี่ยอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันและโดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่า 2 เท่า เมื่อแหล่งน้ำมีการไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรม ชุมชน และจุดรวมน้ำ (P4, P5 และ P6) (ภาพ 7f)



ภาพ 7 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน และออโรฟอสเฟต

หมายเหตุ: (a) ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม

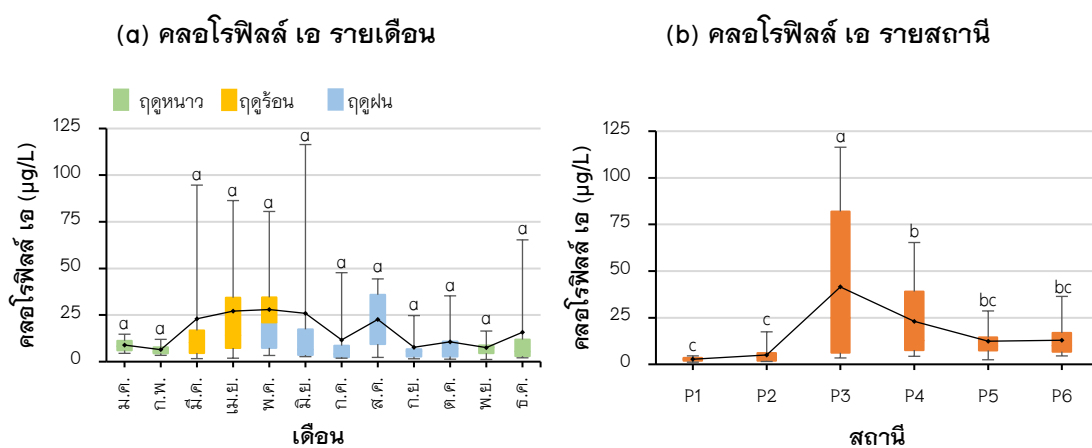
(b) ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ตั้งแต่สถานี P1-P6

- (c) ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทไนโตรเจน ตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม
- (d) ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทไนโตรเจน ตั้งแต่สถานี P1-P6
- (e) ค่าเฉลี่ยปริมาณอโรพอสเฟต ตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม
- (f) ค่าเฉลี่ยปริมาณอโรพอสเฟตตั้งแต่สถานี P1-P6
1. สัญลักษณ์  หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูล
 2. สัญลักษณ์  หมายถึง ระดับมาตรฐานของพารามิเตอร์



2.10 คลอโรฟิลล์ เอ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของสาหร่าย จากการศึกษา พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ในช่วง 1.16–116.41 ไมโครกรัม/ลิตร เมื่อเปรียบเทียบตามฤดูกาล ฤดูร้อนและฤดูฝนมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามตลอดการศึกษาไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบตามรายสถานี พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยสูงสุดที่สถานี P3 (บ่อปลา) คือ 41.50 ไมโครกรัม/ลิตร นอกจากนี้ยังเป็นสถานีที่พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูงสุด (116.41 ไมโครกรัม/ลิตร) รองลงมาคือสถานี P4 เฉลี่ยที่ 22.99 ไมโครกรัม/ลิตร โดยสถานี P1 (น้ำตกแม่เห็ยน) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยต่ำที่สุดเพียง 2.73 ไมโครกรัม/ลิตร ส่วนสถานี P5 และ P6 มีค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญ คือ 12.37 และ 12.95 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ



ภาพ 8 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

หมายเหตุ: (a) ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม

(b) ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ตั้งแต่สถานี P1-P6

1. สัญลักษณ์ \blacklozenge หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

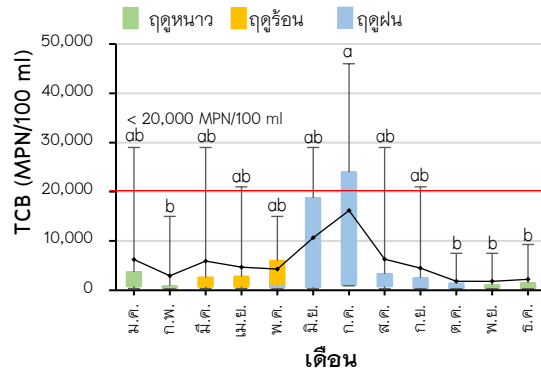
11. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย

ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงความสกปรกของแหล่งน้ำจากการศึกษาพบว่าปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียเฉลี่ยของฤดูฝนสูงกว่าฤดูอื่น ๆ โดยเฉพาะเดือนกรกฎาคมมีค่าประมาณ 16,200 MPN/100 มิลลิลิตร เมื่อพิจารณารายสถานีพบว่าสถานี P1 ถึง P6 ยกเว้นสถานี P5 มีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียค่อนข้างใกล้เคียงกันและไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ สถานี P5 เป็นบริเวณชุมชนพบปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียสูงกว่าสถานีอื่น ๆ ตลอดช่วงการศึกษา นอกจากนี้ปริมาณที่พบส่วนใหญ่ในแต่ละเดือนยังสูงกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำที่กำหนดไว้ 20,000 MPN/100 มิลลิลิตร บ่งบอกถึงลักษณะน้ำที่แยในเขตชุมชน (ภาพ 9a และ 9b)

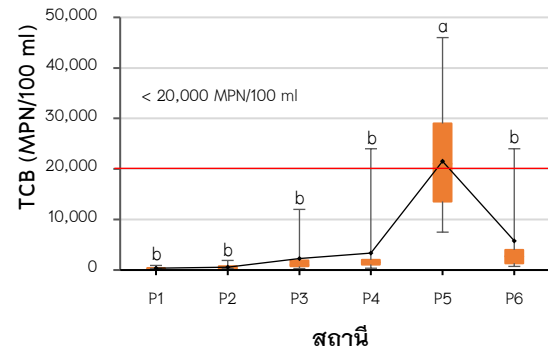
12. ฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

ปริมาณฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรียบ่งบอกถึงแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนอุจจาระของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยพบปริมาณฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีรูปแบบเช่นเดียวกับ ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียคือมีค่าเฉลี่ยสูงในฤดูฝน โดยเฉพาะเดือนกรกฎาคมที่พบสูงถึง 5,600 MPN/100 มิลลิลิตร ซึ่งเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 4,000 MPN/100 มิลลิลิตร ในขณะที่ เดือนอื่น ๆ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญตลอดการศึกษา เมื่อพิจารณาตามรายสถานี พบปริมาณฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรียต่ำสุดที่สถานี P1 และแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณ สูงสุดที่สถานี P5 จากนั้นลดลงอย่างเห็นได้ชัดในสถานี P6 ปริมาณฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ที่พบในการศึกษานี้มีค่า 300–21,000 MPN/100 มิลลิลิตร ซึ่งมาตรฐานคุณภาพน้ำกำหนดไว้ที่ 4,000 MPN/100 มิลลิลิตร สถานี P5 ซึ่งเป็นบริเวณชุมชนเดือนกรกฎาคมและกันยายนสูงเกิน มาตรฐานถึง 21,000 และ 9,300 MPN/100 มิลลิลิตร ในขณะที่เดียวกันสถานี P6 ของเดือน กรกฎาคม สูงเกินมาตรฐานถึง 9,300 MPN/100 มิลลิลิตร (ภาพ 9c และ 9d)

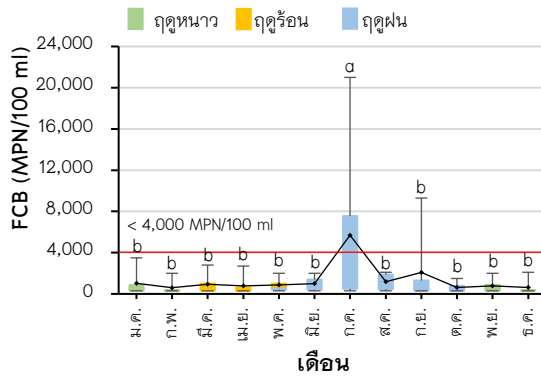
(a) โคลิฟอร์มแบคทีเรีย รายเดือน



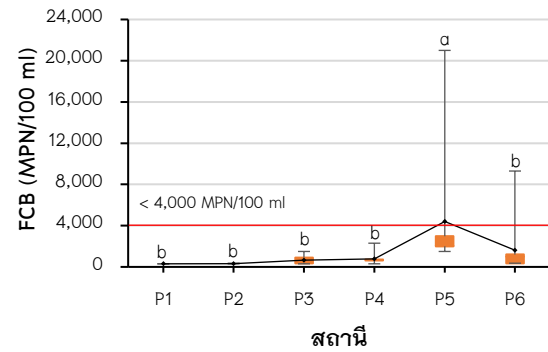
(b) โคลิฟอร์มแบคทีเรีย รายสถานี



(c) ฟีคอลโคลิฟอร์ม รายเดือน



(d) ฟีคอลโคลิฟอร์ม รายสถานี



ภาพ 9 ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟีคอลโคลิฟอร์ม

หมายเหตุ: (a) ค่าเฉลี่ยปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม

(b) ค่าเฉลี่ยปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ตั้งแต่สถานี P1-P6

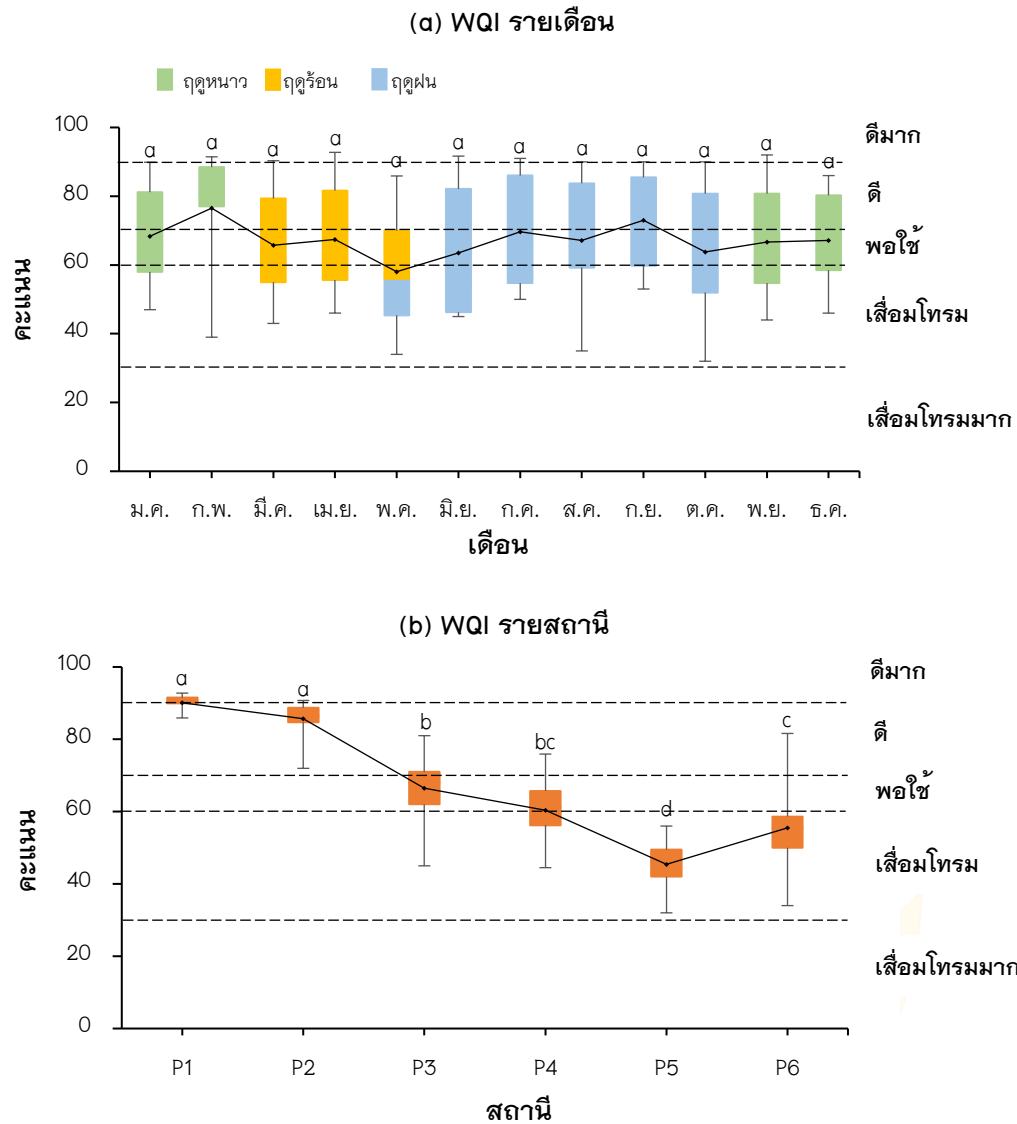
(c) ค่าเฉลี่ยปริมาณฟีคอลโคลิฟอร์ม ตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม

(d) ค่าเฉลี่ยปริมาณฟีคอลโคลิฟอร์ม ตั้งแต่สถานี P1-P6

1. สัญลักษณ์ \blacklozenge หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

2. สัญลักษณ์ — หมายถึง ระดับมาตรฐานของพารามิเตอร์

การประเมินโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน (Water Quality Index : WQI)



ภาพ 10 ดัชนีคุณภาพน้ำ (Water quality index)

การศึกษาคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำทั้ง 5 ตัว ได้แก่ DO, BOD, โคลิฟอร์มแบคทีเรีย, ฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และแอมโมเนียไนโตรเจน พบว่าคะแนนคุณภาพอยู่ในช่วง 32-93 คะแนน ในช่วงฤดูหนาวคะแนนคุณภาพน้ำเฉลี่ยอยู่ในระดับพอใช้-ดี ฤดูร้อนจัดอยู่ในเกณฑ์พอใช้ และฤดูฝนในช่วงต้น (เดือนพฤษภาคม) คะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับเสื่อมโทรม ช่วงกลางถึงปลายฤดูฝนคะแนนคุณภาพน้ำอยู่ในช่วงพอใช้-ดี อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคะแนนคุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการศึกษาไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะเดียวกัน

การพิจารณาตามรายสถานีแสดงให้เห็นว่า คະแนมคุณภาพน้ำเฉลี่ยในสถานี P1 (น้ำตกแม่เหยียน) คือ 90.1 คະแนม จัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำดีมาก รองลงมาคือสถานี P2 (สวนลิ้นจี่) จัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำดี ถัดมาคือสถานี P3 (บ่อปลา) และสถานี P4 (พื้นที่เกษตรกรรม) จัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำพอใช้ สถานี P5 (พื้นที่ชุมชน) มีคະแนมคุณภาพน้ำเฉลี่ยลดลงอย่างเห็นได้ชัด และเพิ่มขึ้นในสถานี P6 (จุดรวมน้ำอิง) อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำเฉลี่ยของทั้ง 2 สถานีนี้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและถูกจัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม

การศึกษาความหลากหลายของสาหร่าย

1. องค์ประกอบของสาหร่ายสีเขียว

การศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคมปี 2565 รวมระยะเวลา 12 เดือน โดยเก็บตัวอย่างจาก 6 สถานี พบสาหร่ายสีเขียวทั้งหมด 198 สปีชีส์ 39 จินัส โดยจินัสที่พบมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ *Scenedesmus* sp. คิดเป็น 18.69% รองลงมาคือ *Cosmarium* sp. (18.18%), *Closterium* sp. (13.13%) *Staurastrum* sp. (7.58%) และ *Pediastrum* sp. (5.56%) (ตาราง 3) เมื่อศึกษาองค์ประกอบของสาหร่ายสีเขียวจากทั้ง 6 สถานี พบว่า สถานี P3 พบสปีชีส์สาหร่ายสูงที่สุดถึง 106 สปีชีส์ ถัดมาคือสถานี P4 พบสาหร่าย 91 สปีชีส์ รองลงมาคือ P6, P5, P2 และ P1 เท่ากับ 65, 59, 53 และ 41 สปีชีส์ ตามลำดับ (ภาพ 12-40)

สปีชีส์เด่นที่พบว่ามีการกระจายตัวสูงได้แก่ *Pediastrum duplex* var. *duplex* รองลงมาคือ *Pediastrum simplex* var. *echinulatum*, *Coelastrum astroideum*, *Pediastrum duplex* var. *gracilimum* และ *Pediastrum tetras* var. *tetraodon* ตามลำดับ ซึ่งเป็นสปีชีส์ที่สามารถพบได้บ่อย – บ่อยมาก ในสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 6 สถานี หรือมี Relative frequency สูงกว่า 66.7% ในขณะที่เดียวกันพบสปีชีส์ที่มีการกระจายตัวต่ำ – ปานกลาง หรือมี Relative frequency อยู่ระหว่าง 33.3–66.6% ทั้งหมด 11 สปีชีส์ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงสปีชีส์ที่มีความโดดเด่นด้านปริมาณ พบว่า *Pediastrum tetras* var. *tetraodon* มีจำนวนเซลล์มากที่สุดตลอดการศึกษา ถือเป็นสปีชีส์ที่มีความอุดมสมบูรณ์ที่สุด (Abundance species) โดยมีจำนวน 1,084,250 เซลล์ รองลงมาคือ *Pediastrum duplex* var. *duplex* จำนวน 848,500 เซลล์ และ *Pediastrum duplex* var. *gracilimum* จำนวน 584,500 เซลล์ (ตาราง 4)

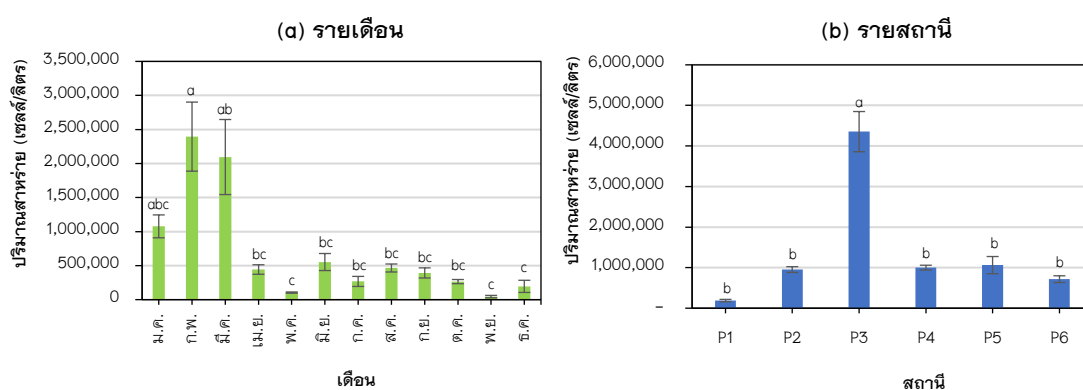
2. ความอุดมสมบูรณ์ของสาหร่าย

ความอุดมสมบูรณ์ของสาหร่ายในมกราคมมีปริมาณเซลล์เฉลี่ยประมาณ 1,076,600 เซลล์/ลิตร และเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญมากกว่า 2 เท่า ในเดือนกุมภาพันธ์

ประมาณ 2,395,000 เซลล์/ลิตร ซึ่งเป็นเดือนที่มีปริมาณเซลล์สาหร่ายมากที่สุดตลอดการศึกษาในเดือนมีนาคมจำนวนเซลล์ลดลงจากเดือนกุมภาพันธ์ประมาณ 300,000 เซลล์ และมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงพฤษภาคม ซึ่งมีจำนวนเซลล์เหลือเพียง 103,750 เซลล์/ลิตร อย่างไรก็ตามมีการเพิ่มจำนวนมากกว่า 10 เท่าอีกครั้งในเดือนมิถุนายน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมจนถึงเดือนธันวาคมพบปริมาณสาหร่ายต่ำกว่า 500,000 เซลล์/ลิตร โดยเฉพาะเดือนพฤศจิกายนพบปริมาณสาหร่ายจำนวน 45,000 เซลล์/ลิตร ซึ่งน้อยที่สุดในรอบปี (ภาพ 11a) เมื่อพิจารณาความอุดมสมบูรณ์ของสาหร่ายเป็นรายสถานี พบว่าสถานี P3 เป็นจุดที่พบปริมาณเซลล์สาหร่ายเฉลี่ยสูงที่สุดอยู่ที่ 4,353,750 เซลล์/ลิตร สถานี P1 มีปริมาณเซลล์สาหร่ายเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 188,750 เซลล์/ลิตร โดยสถานี P2 มีปริมาณสาหร่ายเท่ากับ 952,850 เซลล์/ลิตร, สถานี P4 จำนวน 1,001,250 เซลล์/ลิตร, สถานี P5 จำนวน 1,062,500 เซลล์/ลิตร และสถานี P6 จำนวน 716,250 เซลล์/ลิตร อย่างไรก็ตามปริมาณเซลล์ของทั้ง 5 สถานีที่กล่าวข้างต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 11b)

3. ดัชนีความหลากหลาย (H') และความสม่ำเสมอ (J')

ดัชนีความหลากหลาย (H') และความสม่ำเสมอ (J') ของสาหร่ายสูงสุดตลอดการศึกษานี้คือ สถานี P3 ที่ 2.36 และ 0.79 ตามลำดับ รองลงมาคือสถานี P4 มีค่าเท่ากับ 2.07 และ 0.77 ในขณะที่สถานี P2 พบดัชนีความหลากหลายต่ำกว่าสถานี P4 แต่พบค่าความสม่ำเสมอเท่ากัน เมื่อแบ่งตามฤดูกาลพบดัชนีความหลากหลาย (H') และความสม่ำเสมอ (J') สูงสุดในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ (ตาราง 5)



ภาพ 11 ความอุดมสมบูรณ์ของสาหร่ายตั้งแต่สถานีต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ (P1-P6)

ตาราง 3 จี๊นส์ของสาหร่ายที่พบระหว่างการศึกษา

ชื่อจี๊นส์	ชนิดที่พบ	ชื่อจี๊นส์	ชนิดที่พบ
<i>Scenedesmus</i>	37	<i>Selenastrum</i>	2
<i>Cosmarium</i>	36	<i>Spirogyra</i>	2
<i>Closterium</i>	26	<i>Chlorella</i>	1
<i>Staurastrum</i>	15	<i>Cladophora</i>	1
<i>Pediastrum</i>	11	<i>Coelomonon</i>	1
<i>Tetraedron</i>	10	<i>Crucigeniella</i>	1
<i>Stauroidesmus</i>	6	<i>Dimorphococcus</i>	1
<i>Coelastrum</i>	5	<i>Eudorina</i>	1
<i>Pleurotaenium</i>	5	<i>Eutetramorus</i>	1
<i>Actinastrum</i>	3	<i>Gloeocystis</i>	1
<i>Dictyosphaerium</i>	3	<i>Heynigia</i>	1
<i>Euastrum</i>	3	<i>Kirchneriella</i>	1
<i>Lemmermannia</i>	3	<i>Micrasterias</i>	1
<i>Actinotaenium</i>	2	<i>Microspora</i>	1
<i>Ankistrodesmus</i>	2	<i>Mougeotia</i>	1
<i>Coenocystis</i>	2	<i>Oedogonium</i>	1
<i>Crucigenia</i>	2	<i>Stigeoclonium</i>	1
<i>Pandorina</i>	2	<i>Tetrastrum</i>	1
<i>Monoraphidium</i>	2	<i>Westella</i>	1
<i>Rhizoclonium</i>	2		

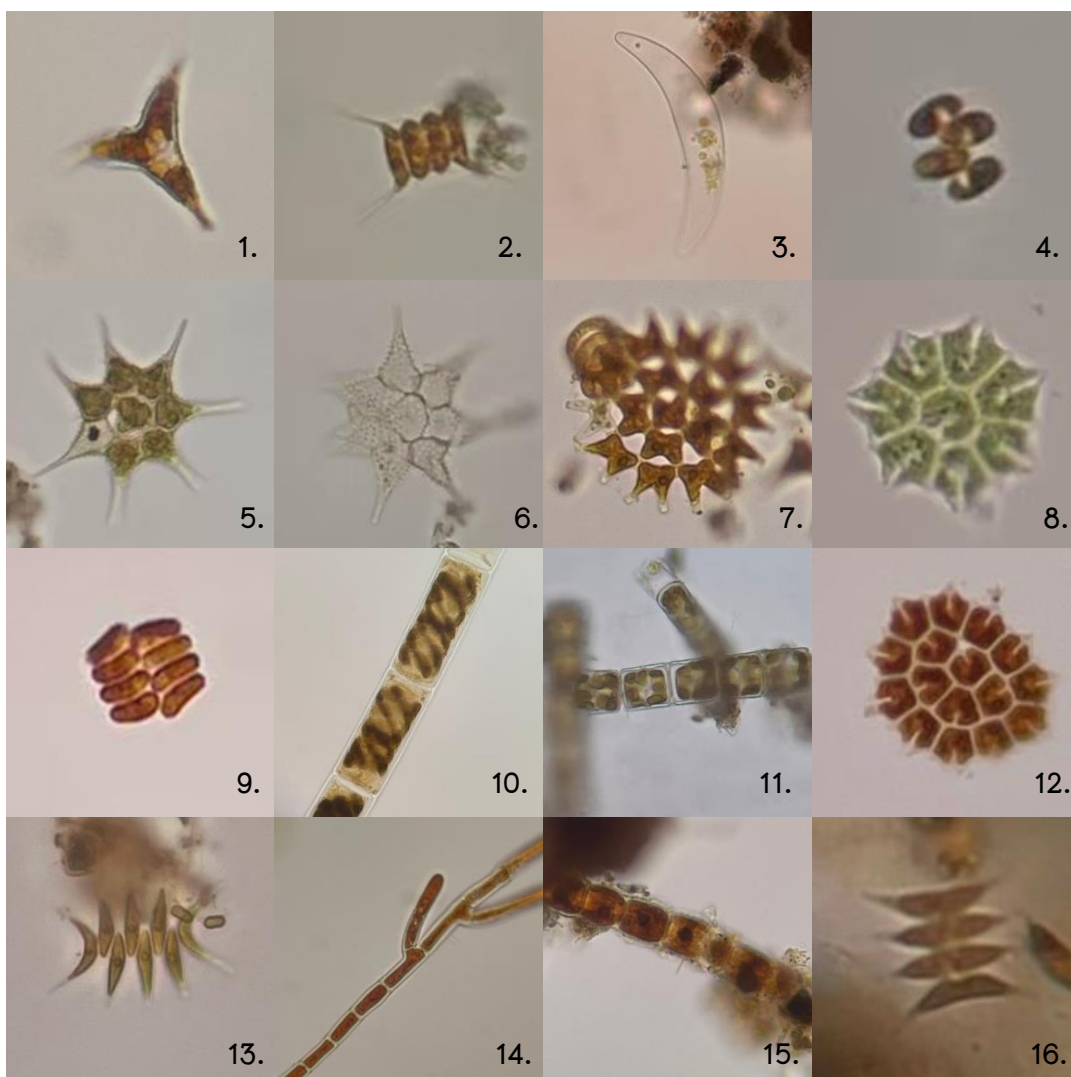
ตาราง 4 การกระจายตัวของสาหร่ายและปริมาณเซลล์ที่พบ

ชื่อสปีชีส์	ความถี่สัมพัทธ์	จำนวนเซลล์ทั้งหมด
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>duplex</i>	97.2	848,500
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>echinulatum</i>	80.6	371,000
<i>Coelastrum astroideum</i>	77.8	376,000
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>gracilimum</i>	72.2	584,500
<i>Pediastrum tetras</i> var. <i>tetraodon</i>	69.4	1,084,250
<i>Closterium moniliferum</i>	55.6	253,750
<i>Scenedesmus acutus</i>	55.6	234,750
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	55.6	478,250
<i>Scenedesmus armatus</i>	52.8	270,850
<i>Scenedesmus longispina</i> var. <i>asymmetricus</i>	52.8	185,750
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	50.0	446,250
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	50.0	223,750
<i>Coelastrum cambricum</i>	47.2	265,000
<i>Pediastrum alternans</i>	47.2	157,250
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>simplex</i>	38.9	63,750
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>duodenarium</i>	36.1	67,500

หมายเหตุ: แสดงเฉพาะสปีชีส์ที่มีความถี่สัมพัทธ์ในระดับมากกว่า 66.7% หมายถึง สปีชีส์ที่พบได้บ่อย-บ่อยมาก และความถี่สัมพัทธ์ในช่วง 33.3-66.6% หมายถึง สปีชีส์ที่พบได้น้อย-ปานกลาง

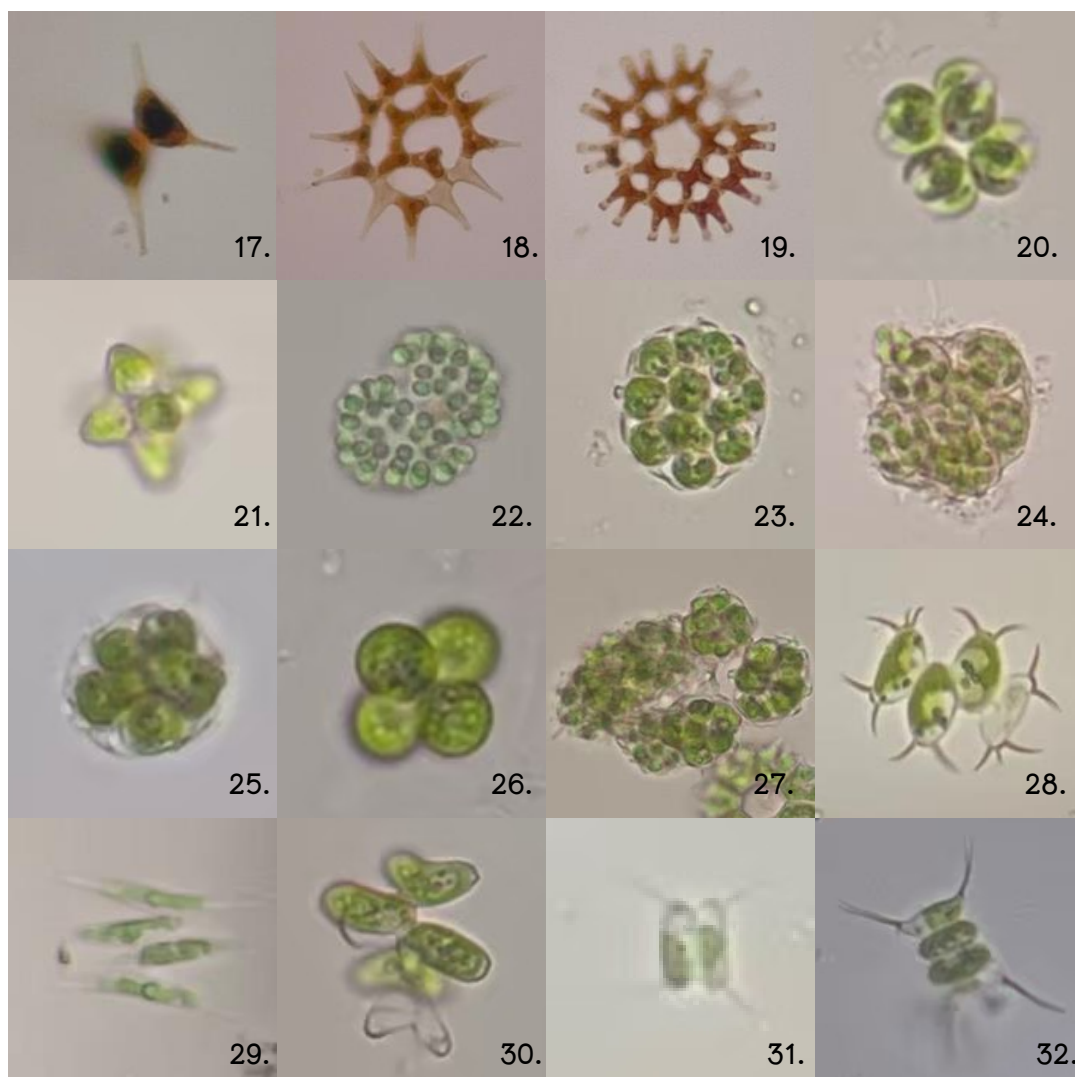
ตาราง 5 ดัชนีความหลากหลาย (H') และความสม่ำเสมอ (J') ของสาหร่ายเซลล์เดียวตลอดการศึกษา

สถานี	ฤดูหนาว		ฤดูร้อน		ฤดูฝน		เฉลี่ยตลอดทั้งปี	
	(H')	(J')	(H')	(J')	(H')	(J')	(H')	(J')
P1	0.33	0.24	2.05	0.89	0.71	0.28	0.81	0.37
P2	1.37	0.70	2.51	0.87	1.75	0.80	1.75	0.77
P3	2.21	0.87	2.92	0.84	2.28	0.73	2.36	0.79
P4	1.55	0.65	2.40	0.88	2.31	0.81	2.07	0.77
P5	1.21	0.43	1.74	0.89	1.33	0.72	1.36	0.65
P6	0.82	0.33	1.99	0.92	1.35	0.74	1.28	0.63
เฉลี่ย	1.25	0.54	2.27	0.88	1.62	0.68		



ภาพ 12 สาหร่ายที่พบทั้งหมดใน สถานี P1 น้ำตกแม่เห็ญน

หมายเหตุ: 1. *Tetraedron* sp. 2. *Scenedesmus opoliensis* 3. *Closterium moniliferum*
 4. *Scenedesmus obtusus* 5. *Pediastrum simplex* var. *echinulatum*
 6. *Pediastrum simplex* var. *sturmii* 7. *Pediastrum duplex* var. *duplex*
 8. *Pediastrum tetras* var. *tetraodon* 9. *Scenedesmus disciformis*
 10. *Spirogyra* sp. 11. *Microspora* sp. 12. *Pediastrum alternans*
 13. *Scenedesmus acuminatus* 14. *Stigeoclonium* sp. 15. *Rhizoclonium* sp.
 16. *Scenedesmus acutus*



ภาพ 13 สาหร่ายที่พบทั้งหมดใน สถานี P1 น้ำตกแม่เหี้ยยน (ต่อ)

หมายเหตุ: 17. *Staurodesmus validus* var. *subincus*

18. *Pediastrum simplex* var. *duodenarium* 19. *Pediastrum duplex* var. *gracilimum*

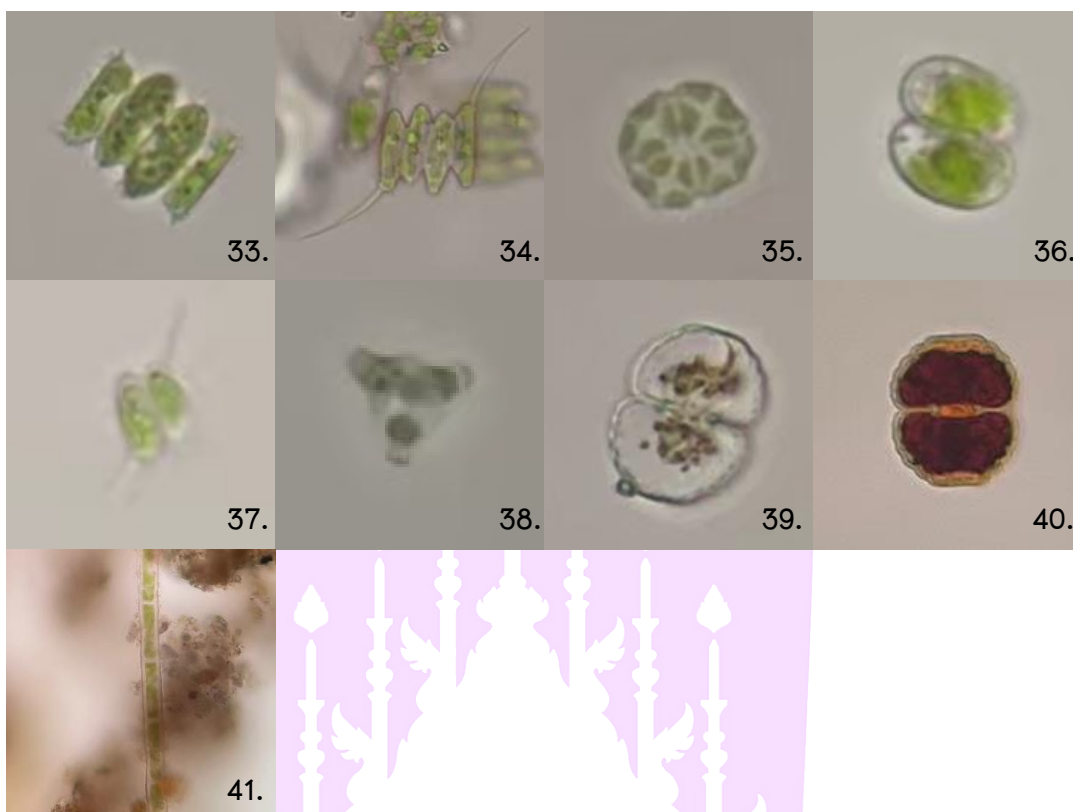
20. *Kirchneriella lunaris* 21. *Coelastrum astroides* 22. *Coelomoron* sp.

23. *Coelastrum reticulatum* 24. *Coelastrum microporum* 25. *Eudorina* sp.

26. *Westella botryoides* 27. *Coelastrum cambricum* 28. *Scenedesmus denticulatus*

29. *Scenedesmus javanensis* 30. *Dimorphococcus lunatus*

31. *Scenedesmus quadricauda* 32. *Scenedesmus armatus*



ภาพ 14 สาหร่ายที่พบในเดือนมิถุนายน สถานี P1 น้ำตกแม่เหิย่น (ต่อ)

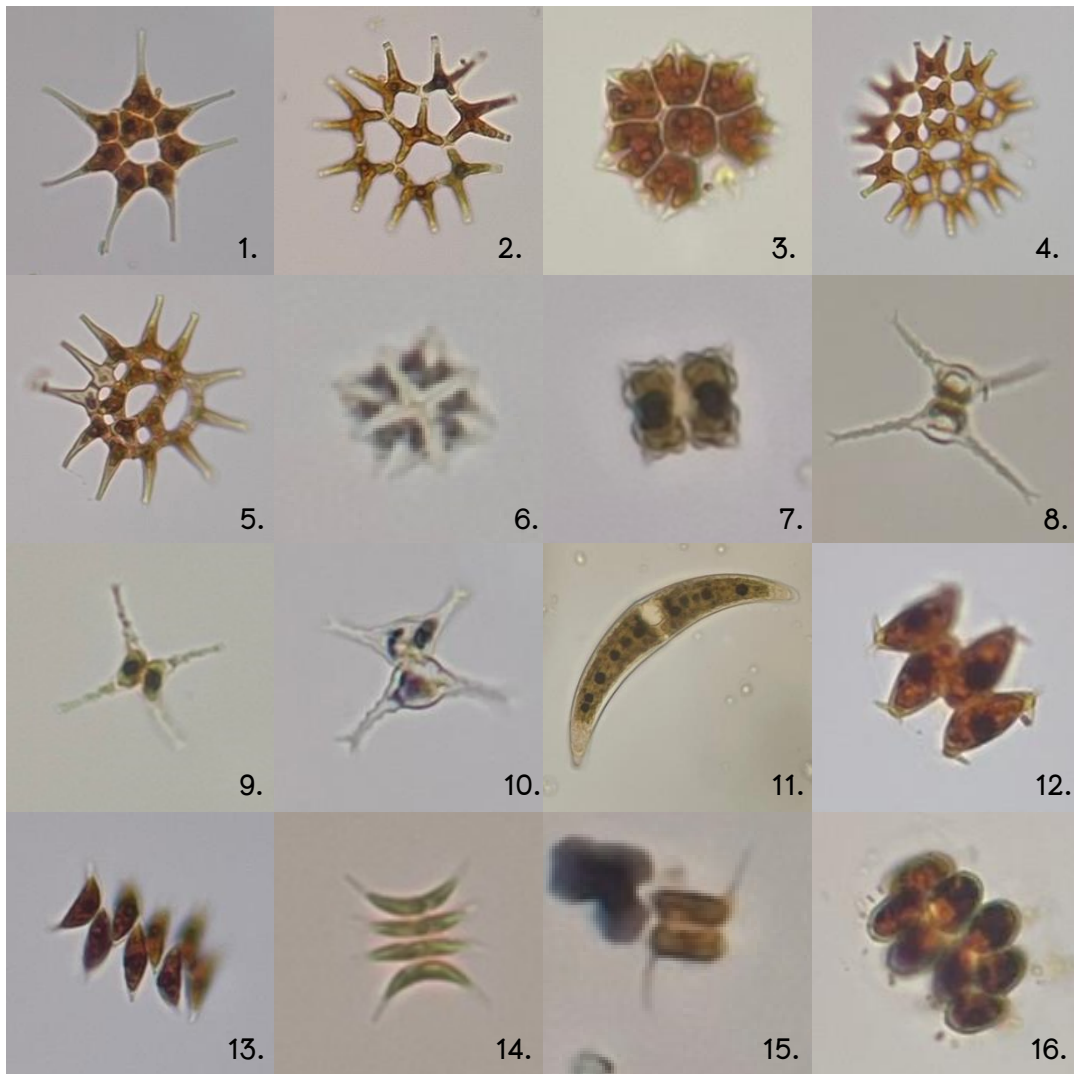
หมายเหตุ: 33. *Scenedesmus circumfusus* var. *bicaudatus*

34. *Scenedesmus longispina* var. *asymmetricus* 35. *Lemmermannia emarjinata*

36. *Cosmarium punctulatum* var. *subpunctulatum* 37. *Scenedesmus bicaudatus*

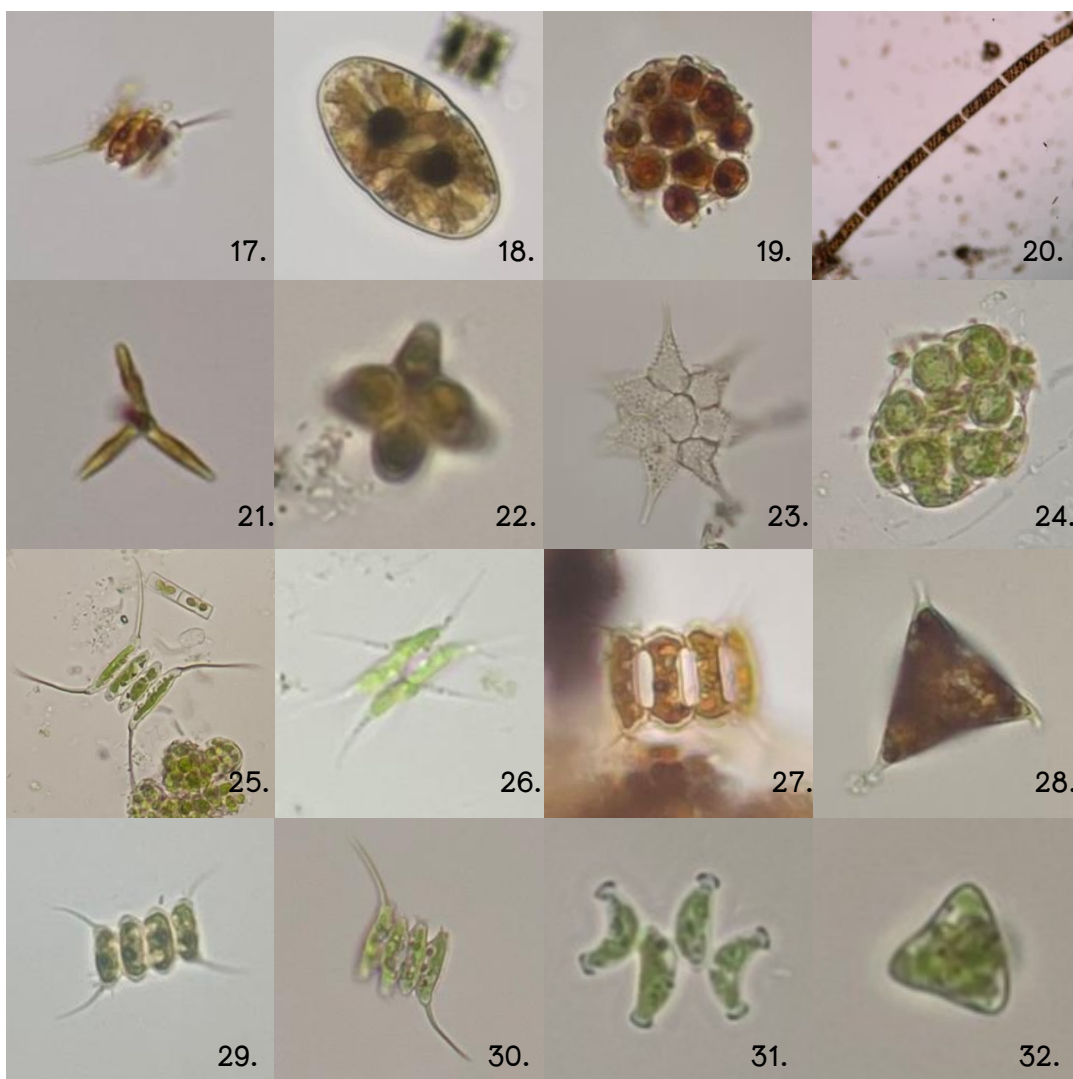
38. *Coelastrum proboscideum* 39. *Cosmarium limnophilum*

40. *Cosmarium septentrionale* 41. *Rhizoclonium hieroglyphicum*



ภาพ 15 สหรัยที่พบในเดือนเมษายน สถานี P2 สวนลันจี้

หมายเหตุ: 1. *Pediastrum simplex* var. *echinulatum* 2. *Pediastrum duplex* var. *gracilimum*
 3. *Pediastrum tetras* var. *tetraodon* 4. *Pediastrum duplex* var. *duplex*
 5. *Pediastrum simplex* var. *duodenarium* 6. *Pediastrum tetras* var. *apiculatum*
 7. *Euastrum biverrucosum* 8. *Staurastrum americanum* 9. *Staurastrum tetracerum*
 10. *Staurastrum bloklandiae* 11. *Closterium moniliferum* 12. *Scenedesmus denticulatus*
 13. *Scenedesmus acutus* 14. *Scenedesmus acuminatus* 15. *Scenedesmus bicaudatus*
 16. *Scenedesmus arcuatus*



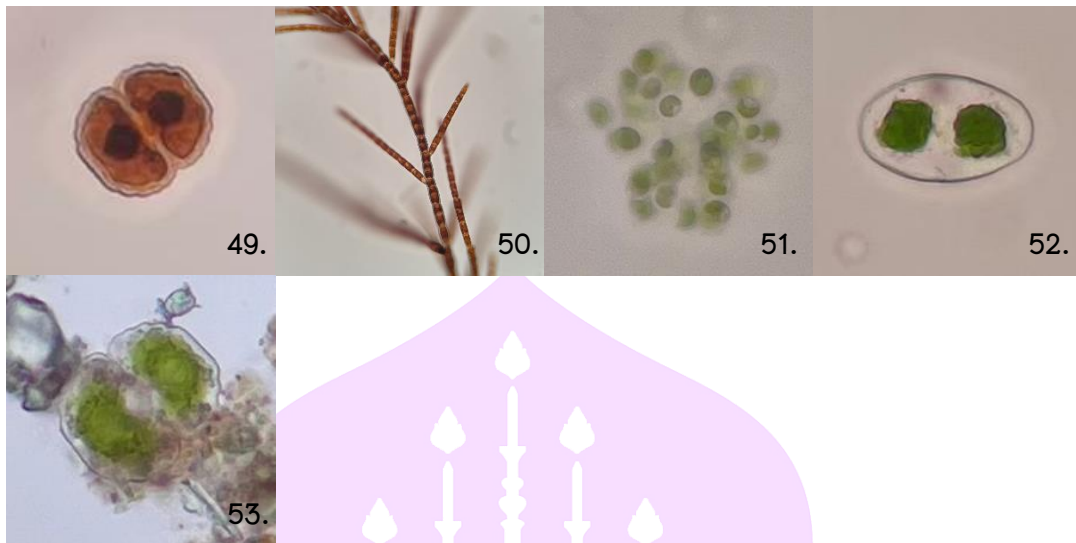
ภาพ 16 สาหร่ายที่พบในเดือนเมษายน สถานี P2 สวนลันจี่ (ต่อ)

หมายเหตุ: 17. *Scenedesmus longispina* var. *asymmetricus* 18. *Actinotaenium curtum*
 19. *Coelastrum reticulatum* 20. *Spirogyra* sp. 21. *Actinastrum hantzschii* var. *subtile*
 22. *Coelastrum astroideum* 23. *Pediastrum simplex* var. *sturmii*
 24. *Pandorina charkowiensis* 25. *Scenedesmus opoliensis*
 26. *Scenedesmus acuminatus* var. *tetradesmoides*
 27. *Scenedesmus oahuensis* var. *clathratus* 28. *Tetraedron* sp.
 29. *Scenedesmus quadricauda* 30. *Scenedesmus helveticus* f. *bicaudatus*
 31. *Scenedesmus producto-capitatus* 32. *Staurodesmus dickiei*



ภาพ 17 สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P2 สวนลันจี้ (ต่อ)

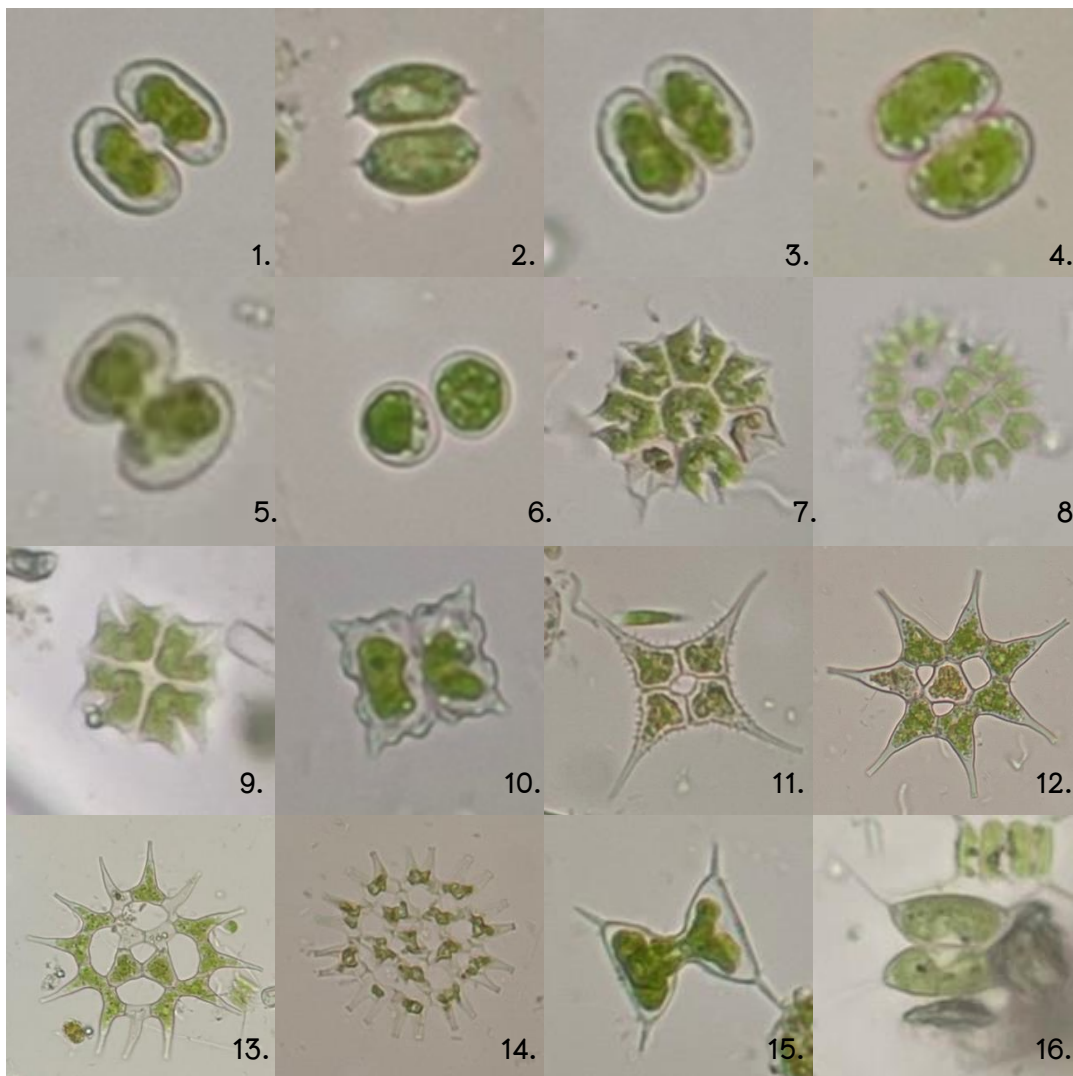
หมายเหตุ: 33. *Ankistrodesmus* sp. 34. *Scenedesmus protuberans* 35. *Scenedesmus obtusus*
 36. *Coelastrum proboscideum* 37. *Cosmarium* sp.
 38. *Staurastrum limneticum* var. *aculeatum* 39. *Coelastrum cambricum*
 40. *Staurastrum chaetoceras* 41. *Gloeocystis* sp. 42. *Pediastrum simplex* var. *simplex*
 43. *Cosmarium subcostatum* var. *minus* 44. *Cosmarium nymannianum*
 45. *Pediastrum alternans* 46. *Staurastrum inflexum*
 47. *Scenedesmus bicaudatus* 48. *Scenedesmus armatus*



ภาพ 18 สำหรับทั้งหมดที่พบในสถานี P2 สวนลันจี้ (ต่อ)

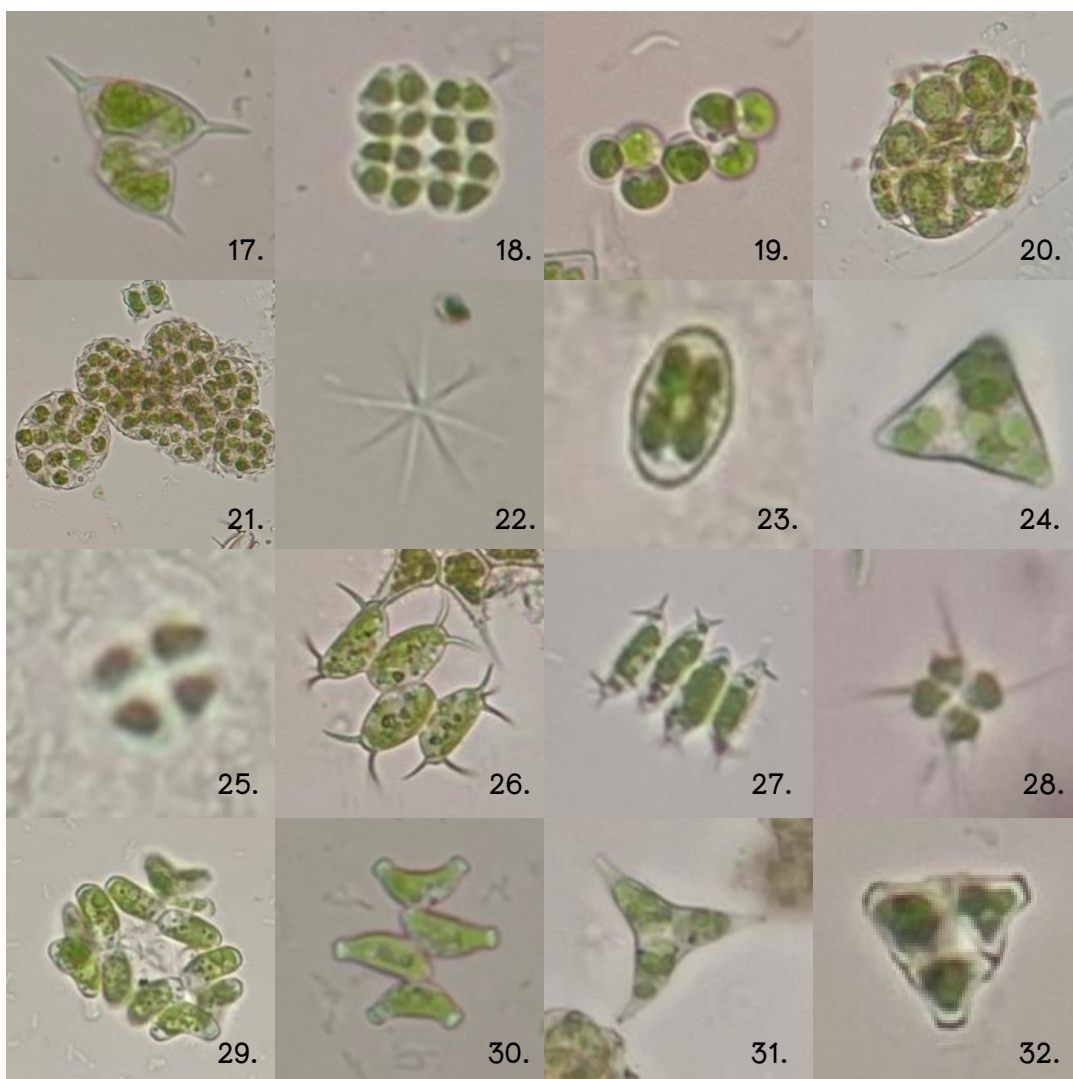
หมายเหตุ: 49. *Cosmarium boeckii* 50. *Stigeoclonium* sp. 51. *Dictyosphaerium pulchellum*
52. *Actinotaenium* sp. 53. *Cosmarium fontigenum*





ภาพ 19 สหราชอาณาจักรทั้งหมดที่พบในสถานี P3 บ่อปลา

- หมายเหตุ: 1. *Cosmarium reniforme* 2. *Staurodesmus convergens* 3. *Cosmarium fastidiosum*
 4. *Cosmarium contractum* var. *notatum* 5. *Cosmarium contractum*
 6. *Cosmarium contractum* var. *rotundatum* 7. *Pediastrum tetras* var. *tetraodon*
 8. *Pediastrum alternans* 9. *Pediastrum tetras* var. *apiculatum*
 10. *Euastrum biverrucosum* 11. *Pediastrum simplex* var. *echinulatum*
 12. *Pediastrum simplex* 13. *Pediastrum simplex* var. *duodenarium*
 14. *Pediastrum duplex* var. *gracillimum* 15. *Staurodesmus triangularis* var. *brevispina*
 16. *Staurodesmus validus* var. *subincus*



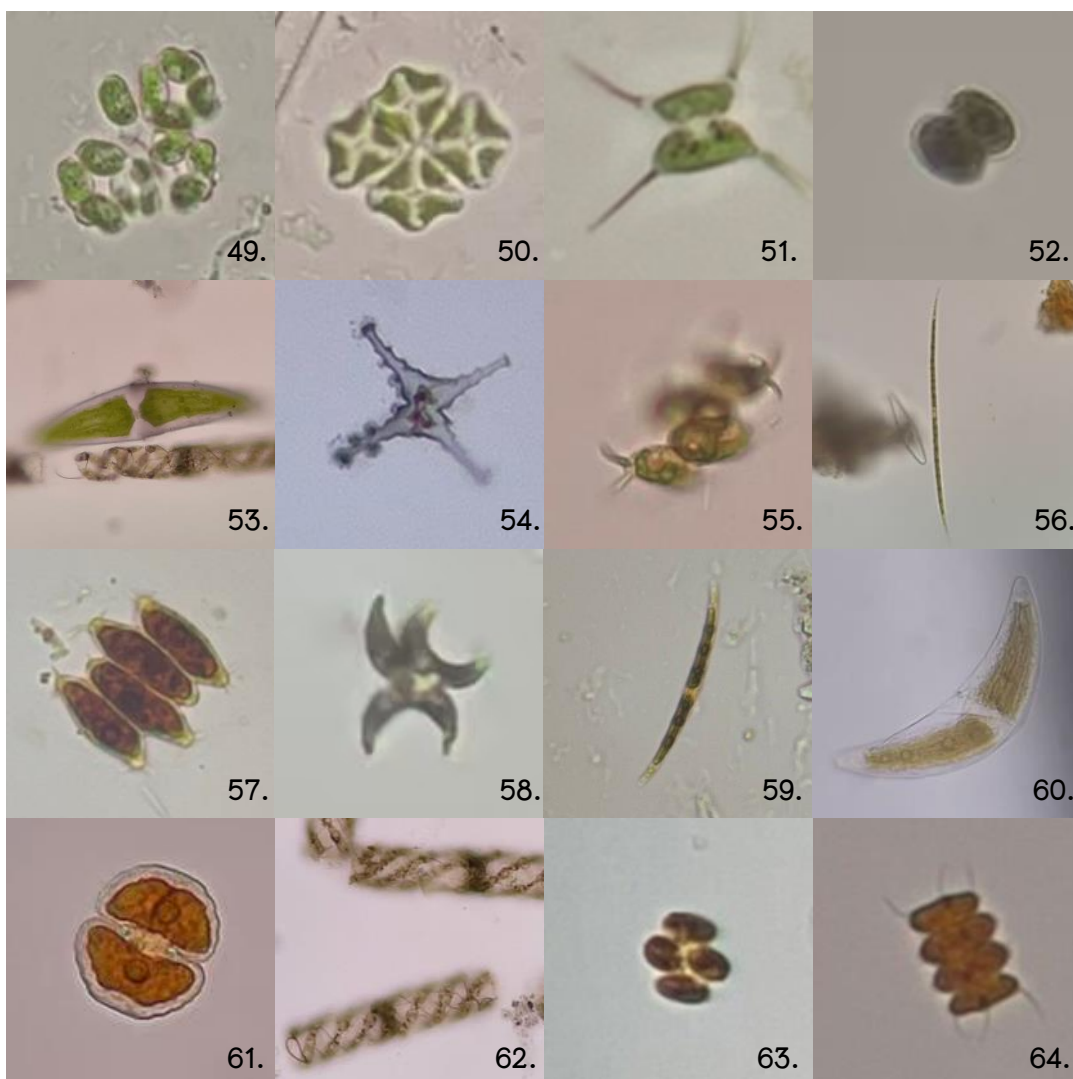
ภาพ 20 สำหรับทั้งหมดที่พบในสถานี P3 บ่อปลา (ต่อ)

- หมายเหตุ: 17. *Staurodesmus subulatus* var. *nordstedtii* 18. *Lemmermannia komarekii*
 19. *Westella botryoides* 20. *Pandorina charkowiensis* 21. *Coelastrum reticulatum*
 22. *Ankistrodesmus falcatus* 23. *Actinotaenium curtum* 24. *Tetraedron triangulare*
 25. *Gloeocystis* sp. 26. *Scenedesmus denticulatus* 27. *Scenedesmus circumfusus*
 28. *Tetrastrum heteracanthum* 29. *Dimorphococcus lunatus*
 30. *Scenedesmus producto-capitatus* 31. *Tetraedron trilobulatum*
 32. *Coelastrum proboscideum*



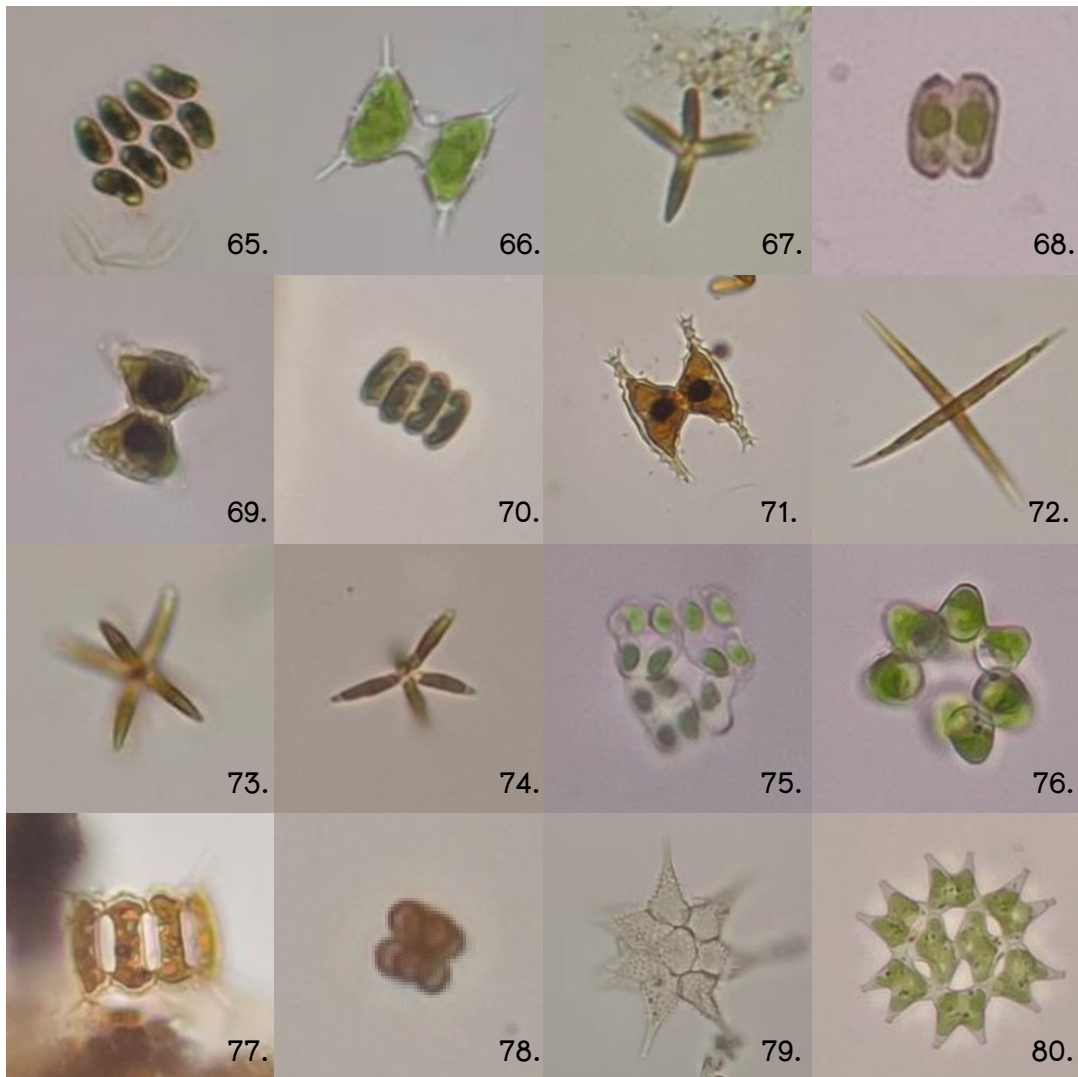
ภาพ 21 สหราชอาณาจักรทั้งหมดที่พบในสถานี P3 บ่อปลา (ต่อ)

หมายเหตุ: 33. *Scenedesmus javanensis* 34. *Scenedesmus acuminatus* 35. *Scenedesmus acutus*
 36. *Scenedesmus acuminatus* var. *tetradesmoides* 37. *Monoraphidium caribeum*
 38. *Scenedesmus bicaudatus* 39. *Scenedesmus tenuispina*
 40. *Scenedesmus opoliensis* 41. *Scenedesmus protuberans* 42. *Scenedesmus communis*
 43. *Scenedesmus oahuensis* 44. *Scenedesmus ellipsoideus* f. *flagellispinosu*
 45. *Scenedesmus helveticus* f. *bicaudatus* 46. *Scenedesmus longispina* var. *asymmetricus*
 47. *Staurastrum bloklandiae* 48. *Staurastrum paradoxum*



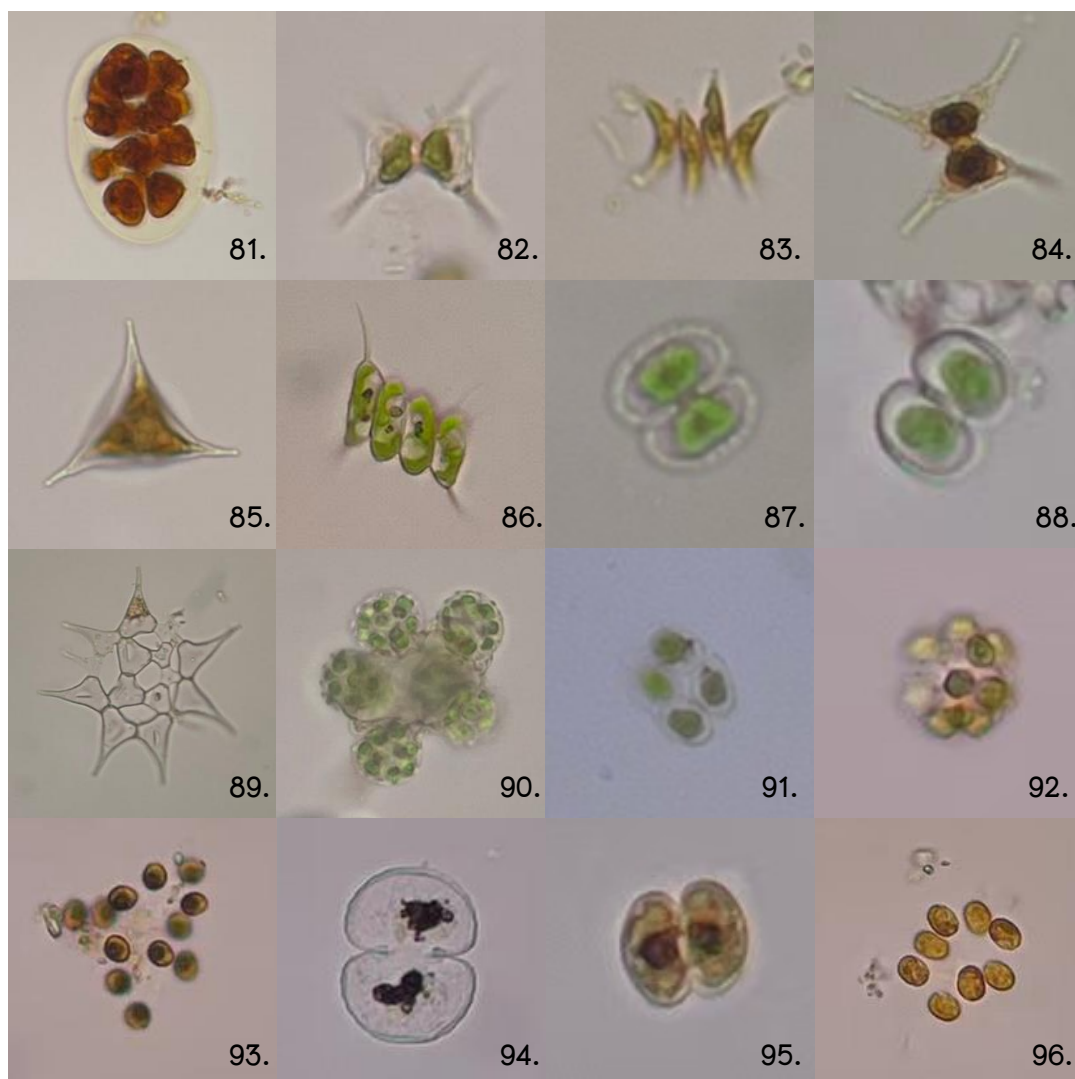
ภาพ 22 สหราชอาณาจักรทั้งหมดที่พบในสถานี P3 บ่อปลา (ต่อ)

หมายเหตุ: 49. *Scenedesmus arcuatus* 50. *Lemmermannia tetrapedia* 51. *Scenedesmus armatus*
 52. *Cosmarium abbreviatum* 53. *Closterium ehrenbergii* 54. *Staurastrum tetracerum*
 55. *Scenedesmus denticulatus* var. *disciformis* 56. *Closterium aciculare*
 57. *Scenedesmus parisiensis* 58. *Selenastrum reinsch* 59. *Closterium subulatum*
 60. *Closterium moniliferum* 61. *Cosmarium fontigenum* 62. *Spirogyra* sp.
 63. *Scenedesmus obtusus* 64. *Scenedesmus spinosus*



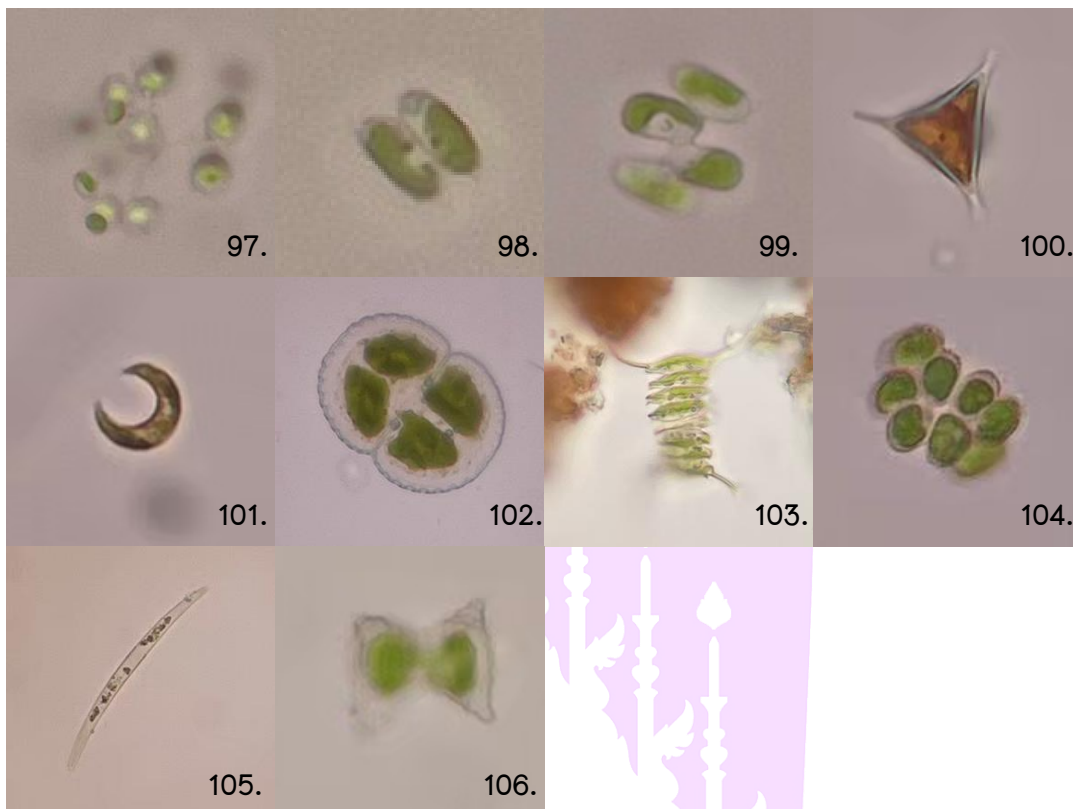
ภาพ 23 สหราชอาณาจักรทั้งหมดที่พบในสถานี P3 บ่อปลา (ต่อ)

- หมายเหตุ: 65. *Scenedesmus disciformis* 66. *Staurodesmus dejectus* 67. *Actinastrum* sp.
 68. *Cosmarium pygmaeum* 69. *Staurastrum bacillare* var. *obesum*
 70. *Scenedesmus grahneisii* 71. *Staurastrum polymorphum* 72. *Ankistrodesmus* sp.
 73. *Actinastrum hantzschii* var. *subtile* 74. *Actinastrum hantzschii* var. *hantzschii*
 75. *Crucigenia* sp. 76. *Coelastrum astroideum* 77. *Scenedesmus oahuensis* var. *clathratus*
 78. *Cosmarium subadoxum* 79. *Pediastrum simplex* var. *sturmii*
 80. *Pediastrum duplex* var. *duplex*



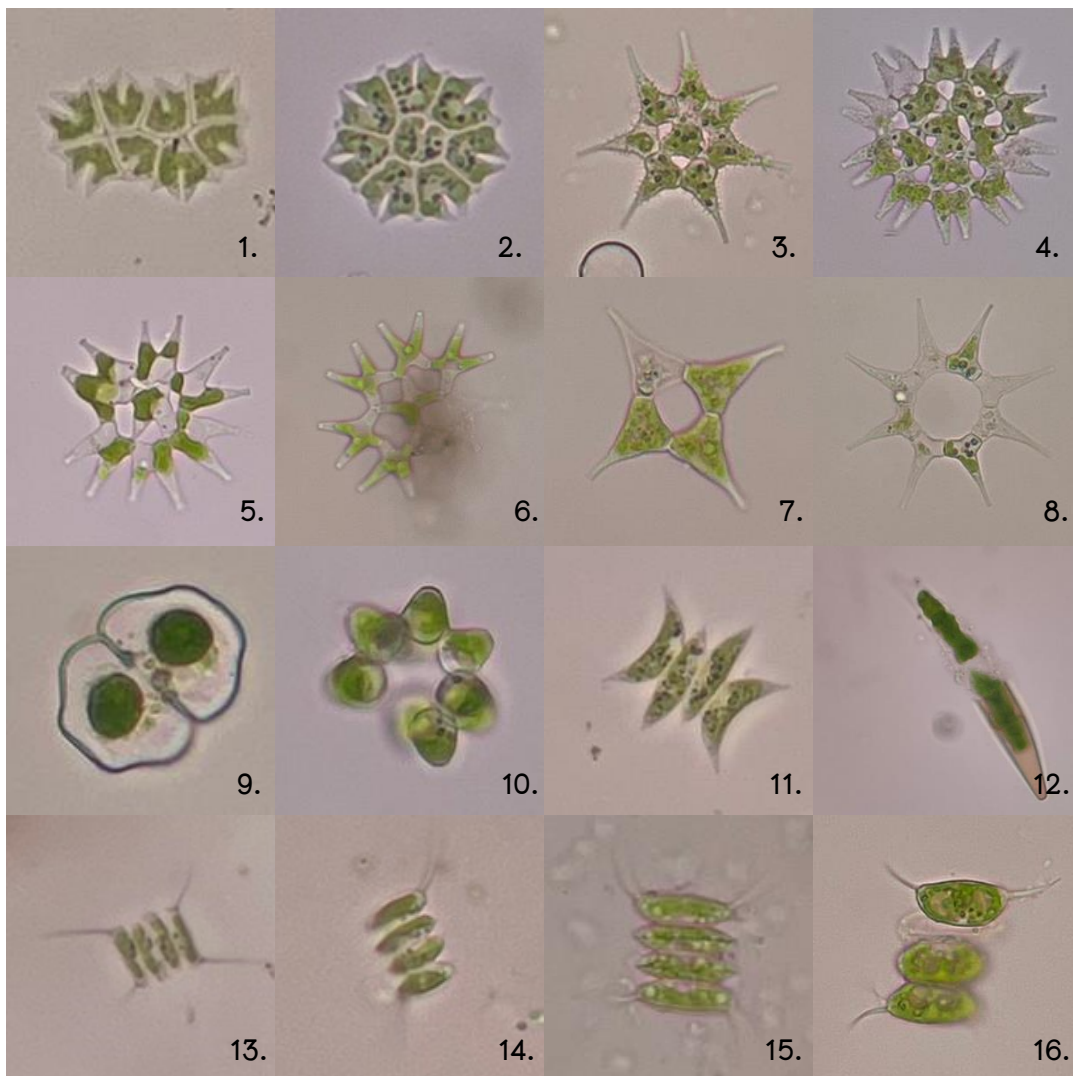
ภาพ 24 สหรัยทั้งหมดที่พบในสถานี P3 บ่อปลา (ต่อ)

- หมายเหตุ: 81. *Pandorina* sp. 82. *Staurastrum micron*
 83. *Scenedesmus acuminatus* var. *tortuosus* 84. *Staurastrum cingulum* var. *obesum*
 85. *Tetraedron* sp. 86. *Scenedesmus quadricauda*
 87. *Cosmarium punctulatum* var. *subpunctulatum* 88. *Cosmarium contractum* var. *minutum*
 89. *Pediastrum simplex* var. *simplex* 90. *Coelastrum cambricum*
 91. *Crucigenia mucronata* 92. *Eudorina* sp. 93. *Heynigia riparia* 94. *Cosmarium* sp.
 95. *Cosmarium depressum* 96. *Dictyosphaerium ehrenbergianum*



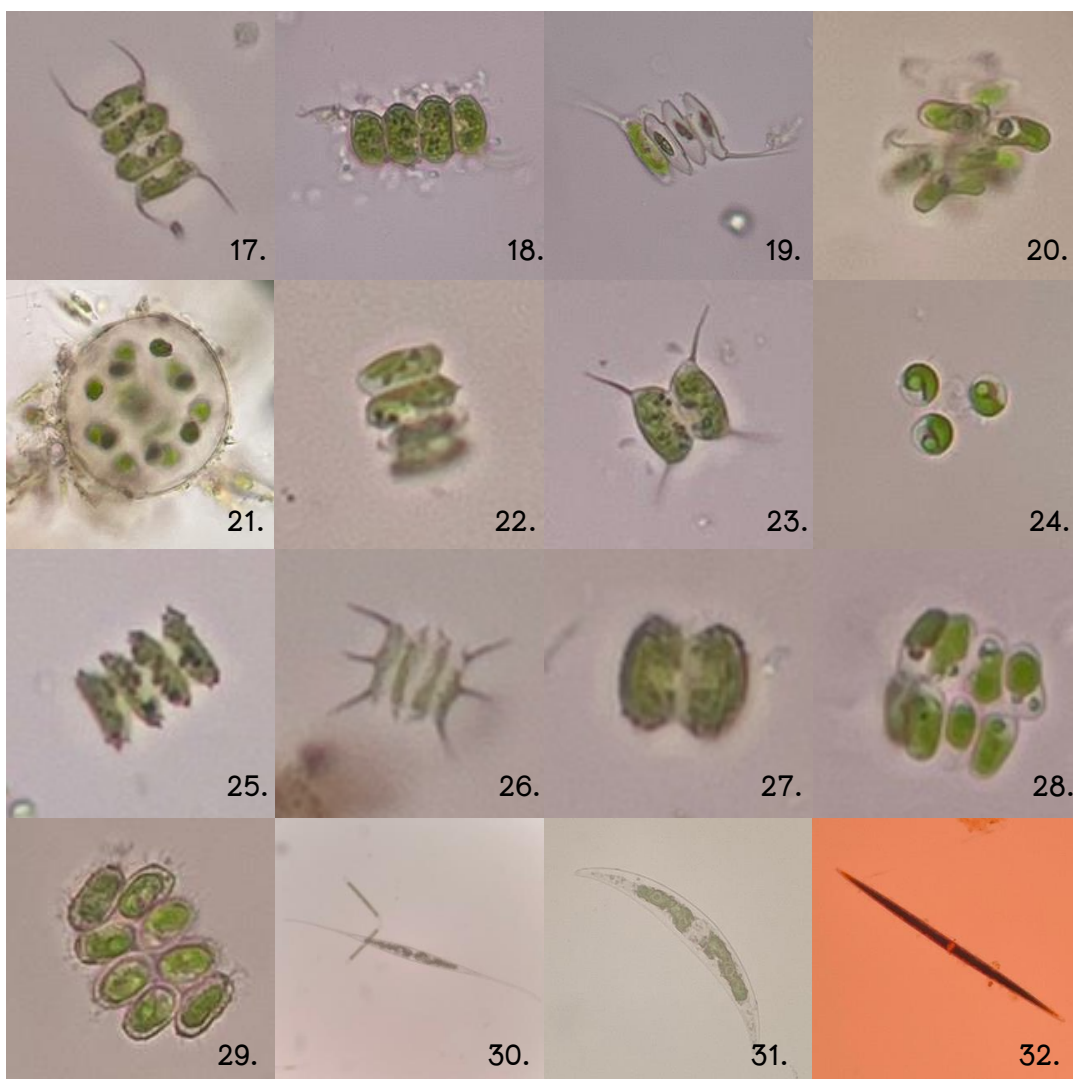
ภาพ 25 สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P3 บ่อปลา (ต่อ)

หมายเหตุ: 97. *Dictyosphaerium* sp. 98. *Scenedesmus* sp. 99. *Scenedesmus ovalternus*
 100. *Tetraedron regulare* 101. *Selenastrum gracile* 102. *Cosmarium jelskii*
 103. *Scenedesmus helveticus* 104. *Scenedesmus verrcosus* 105. *Closterium* sp.
 106. *Staurastrum micron* var. *micron*



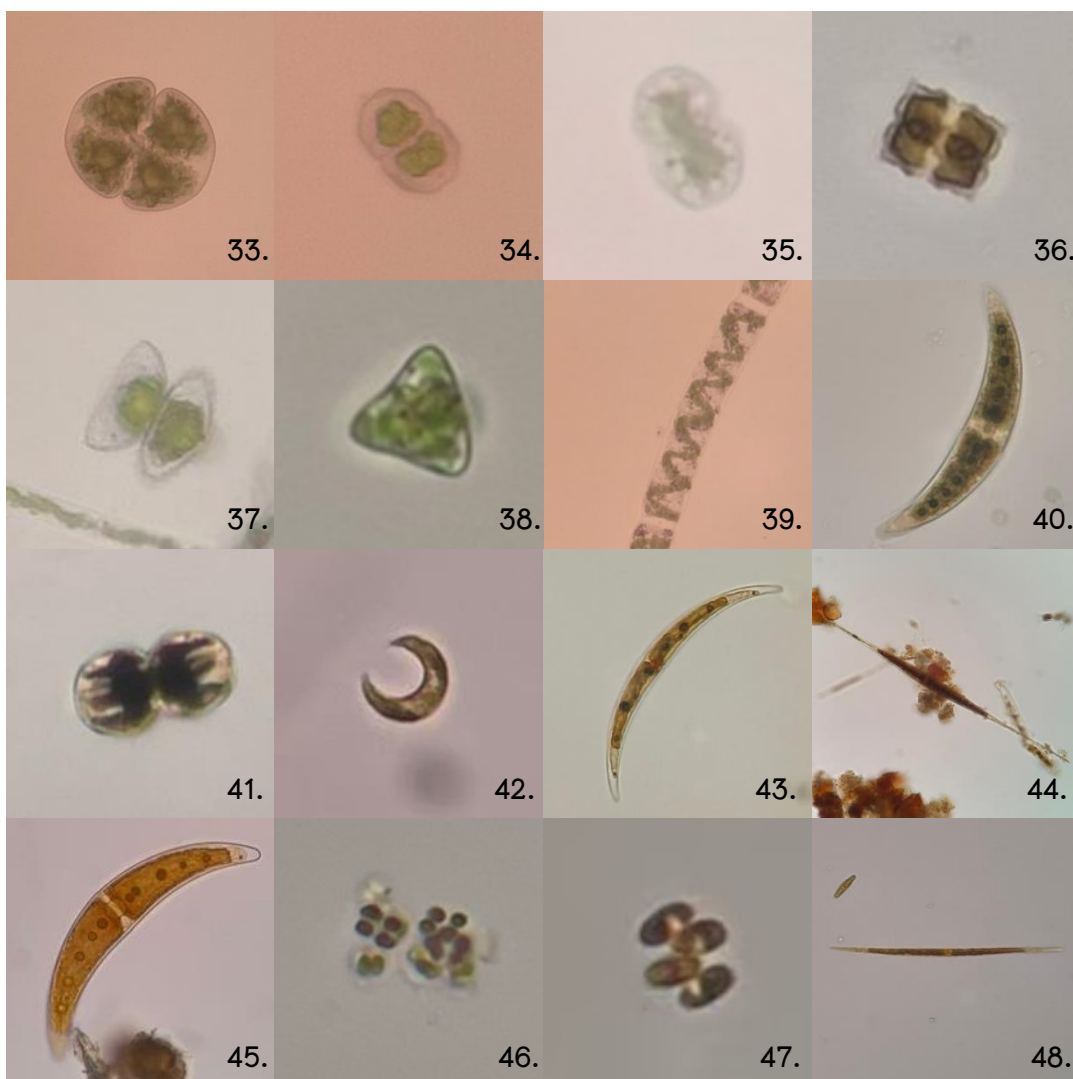
ภาพ 26 สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P4 พื้นที่เกษตรกรรม

- หมายเหตุ: 1. *Pediastrum tetras* var. *apiculatum* 2. *Pediastrum tetras* var. *tetraodon*
 3. *Pediastrum simplex* var. *echinulatum* 4. *Pediastrum duplex* var. *rugulosum*
 5. *Pediastrum duplex* var. *duplex* 6. *Pediastrum duplex* var. *gracilimum*
 7. *Pediastrum simplex* var. *simplex* 8. *Pediastrum simplex* var. *duodenarium*
 9. *Cosmarium eichlerianum* 10. *Coelastrum astroideum* 11. *Scenedesmus acutus*
 12. *Closterium turgidum* 13. *Scenedesmus opoliensis*
 14. *Scenedesmus armatus* var. *bicaudatus* 15. *Scenedesmus helveticus*
 16. *Scenedesmus communis*



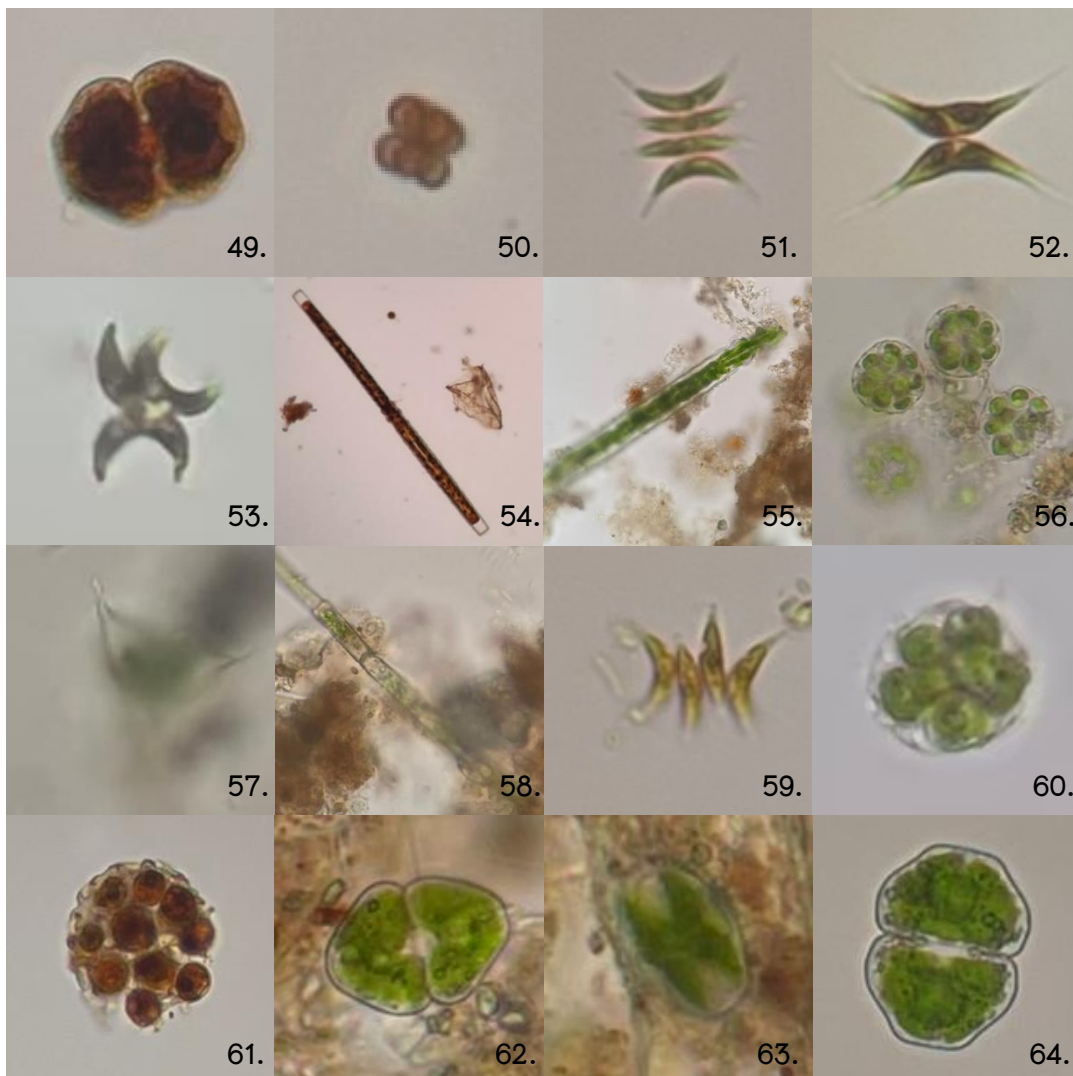
ภาพ 27 สำหรับทั้งหมดที่พบในสถานี P4 พื้นที่เกษตรกรรม (ต่อ)

- หมายเหตุ: 17. *Scenedesmus quadricauda* 18. *Scenedesmus bicaudatus*
 19. *Scenedesmus longispina* var. *asymmetricus* 20. *Dimorphococcus lunatus*
 21. *Coenocystis subcylindrica* 22. *Scenedesmus brasiliensis* 23. *Scenedesmus armatus*
 24. *Chlorella* sp. 25. *Scenedesmus parisiensis* 26. *Scenedesmus spinosus*
 27. *Scenedesmus grahneisii* 28. *Scenedesmus arcuatus*
 29. *Scenedesmus verrucosus* 30. *Closterium setaceum*
 31. *Closterium leibleinii* var. *leibleinii* 32. *Closterium praelongum* var. *bravus*



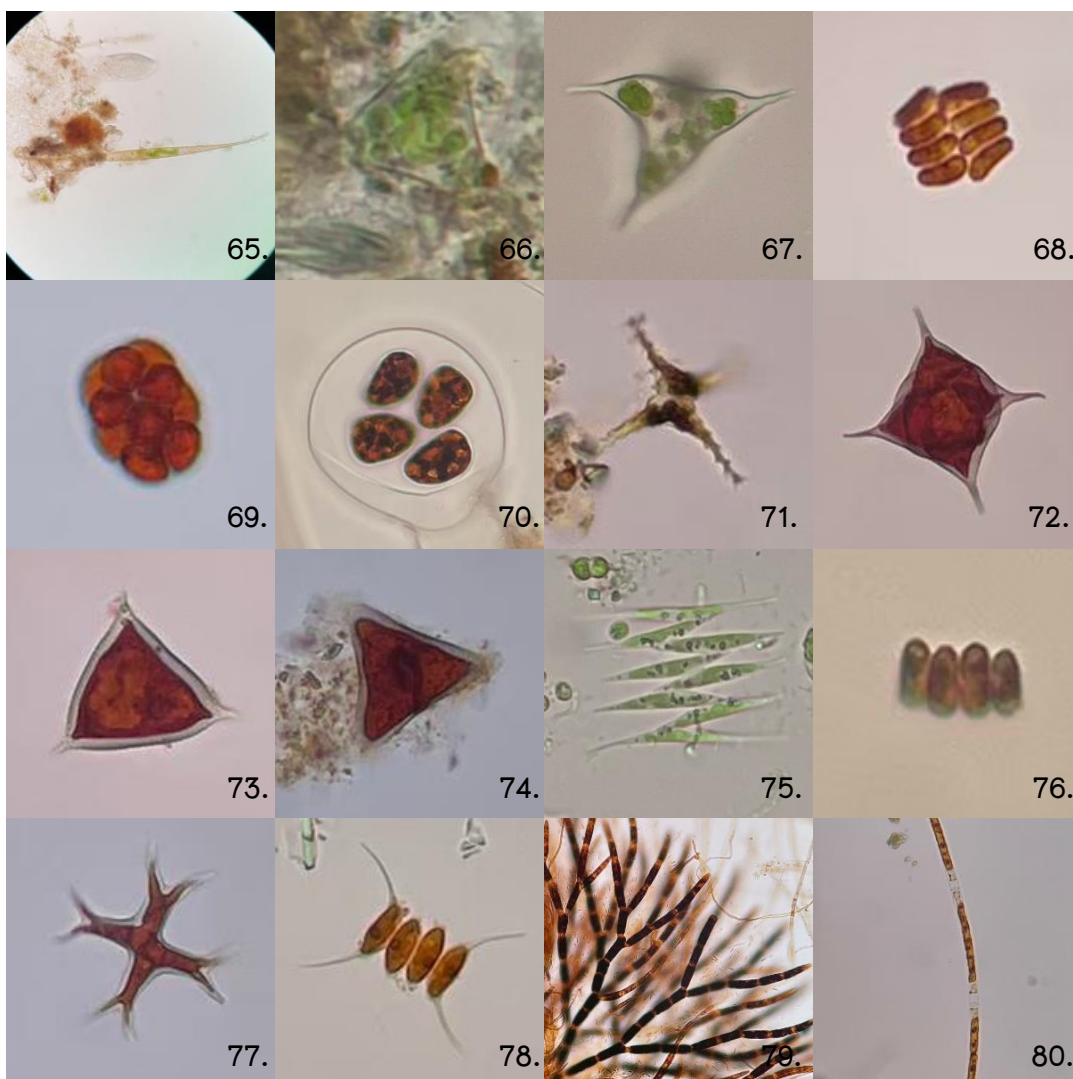
ภาพ 28 สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P4 พื้นที่เกษตรกรรม (ต่อ)

หมายเหตุ: 33. *Cosmarium circulare* 34. *Cosmarium subquadratum* 35. *Cosmarium leave*
 36. *Euastrum biverrucosum* 37. *Staurastrum punctulatum* 38. *Staurodesmus dickiei*
 39. *Spirogyra* sp. 40. *Closterium diana* var. *minus* 41. *Cosmarium* sp.
 42. *Selenastrum gracile* 43. *Closterium parvulum* 44. *Closterium kuetzingii*
 45. *Closterium moniliferum* 46. *Gloeocystis* sp. 47. *Scenedesmus obtusus*
 48. *Closterium subulatum*



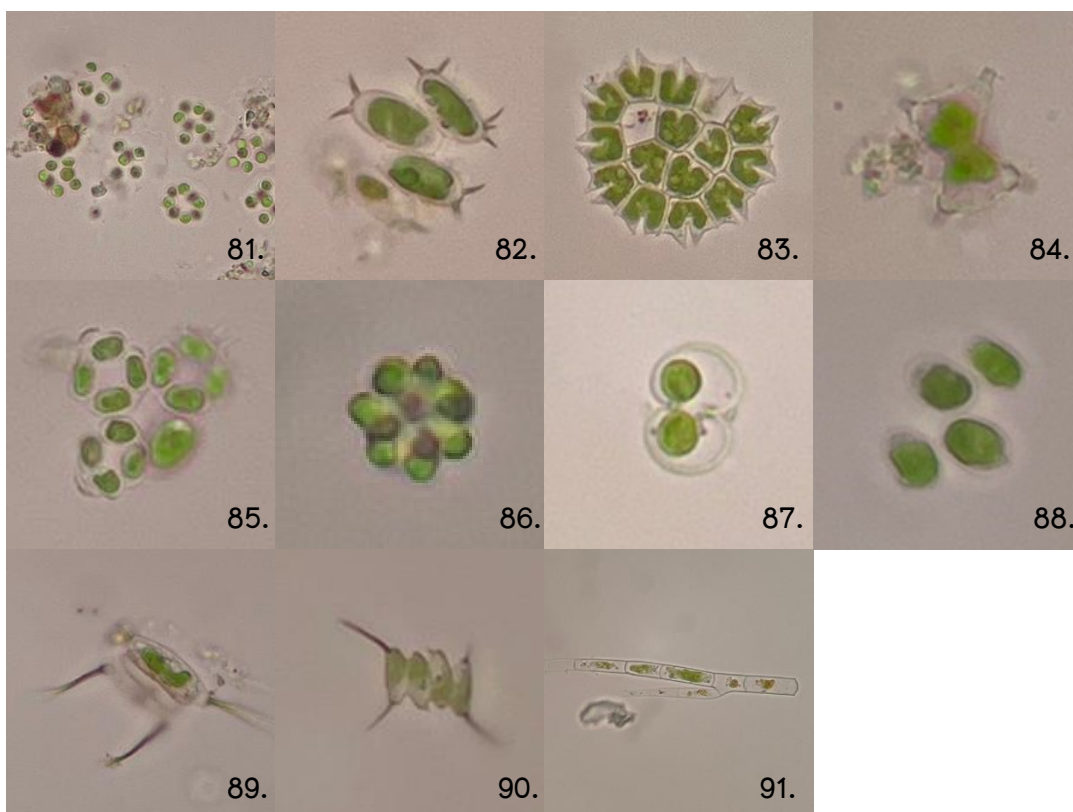
ภาพ 29 สำหรับทั้งหมดที่พบในสถานี P4 พื้นที่เกษตรกรรม (ต่อ)

- หมายเหตุ: 49. *Cosmarium sexangulare* 50. *Cosmarium subadoxum*
 51. *Scenedesmus acuminatus* 52. *Scenedesmus acuminatus* var. *tetradesmoides*
 53. *Selenastrum reisch* 54. *Pleurotaenium trabecula* 55. *Pleurotaenium nodulosum*
 56. *Coelastrum cambricum* 57. *Tetraedron* sp. 58. *Oedogonium* sp.
 59. *Scenedesmus acuminatus* var. *tortuosus* 60. *Eudorina* sp.
 61. *Coelastrum reticulatum* 62. *Cosmarium granatum*
 63. *Cosmarium depressum* 64. *Cosmarium retusum*



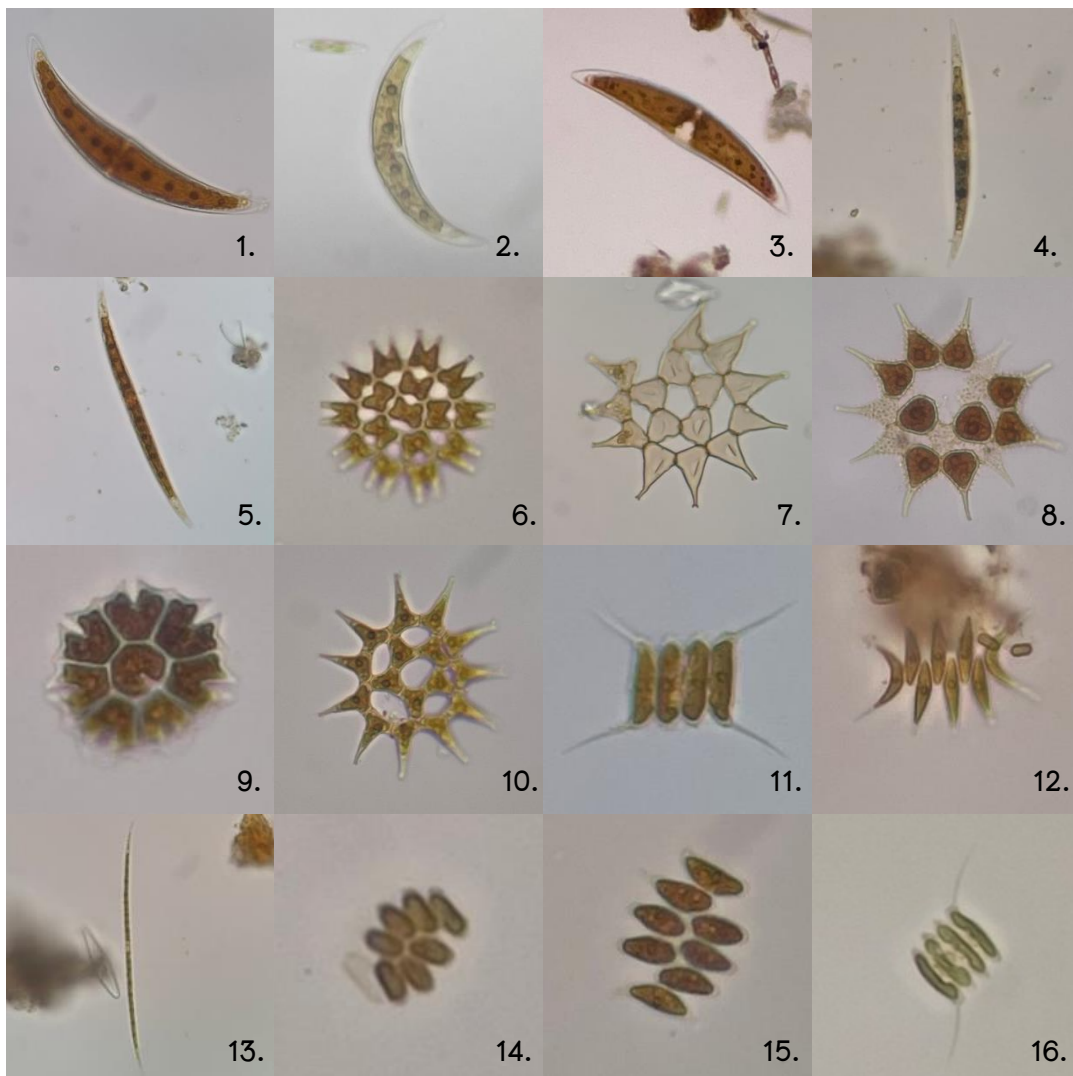
ภาพ 30 สหราชอาณาจักรทั้งหมดที่พบในสถานี P4 พื้นที่เกษตรกรรม (ต่อ)

หมายเหตุ: 65. *Closterium rostratum* 66. *Tetraedron triangulare* 67. *Tetraedron trilobulatum*
 68. *Scenedesmus disciformis* 69. *Pandorina* sp. 70. *Coenocystis planctonica*
 71. *Staurastrum tetracerum* 72. *Tetraedron quadratum*
 73. *Tetraedron trigonum* var. *papilliferum* 74. *Tetraedron muticum*
 75. *Scenedesmus javanensis* 76. *Scenedesmus linearis*
 77. *Tetraedron limneticum* 78. *Scenedesmus protuberans*
 79. *Rhizoclonium* sp. 80. *Mougeotia* sp.



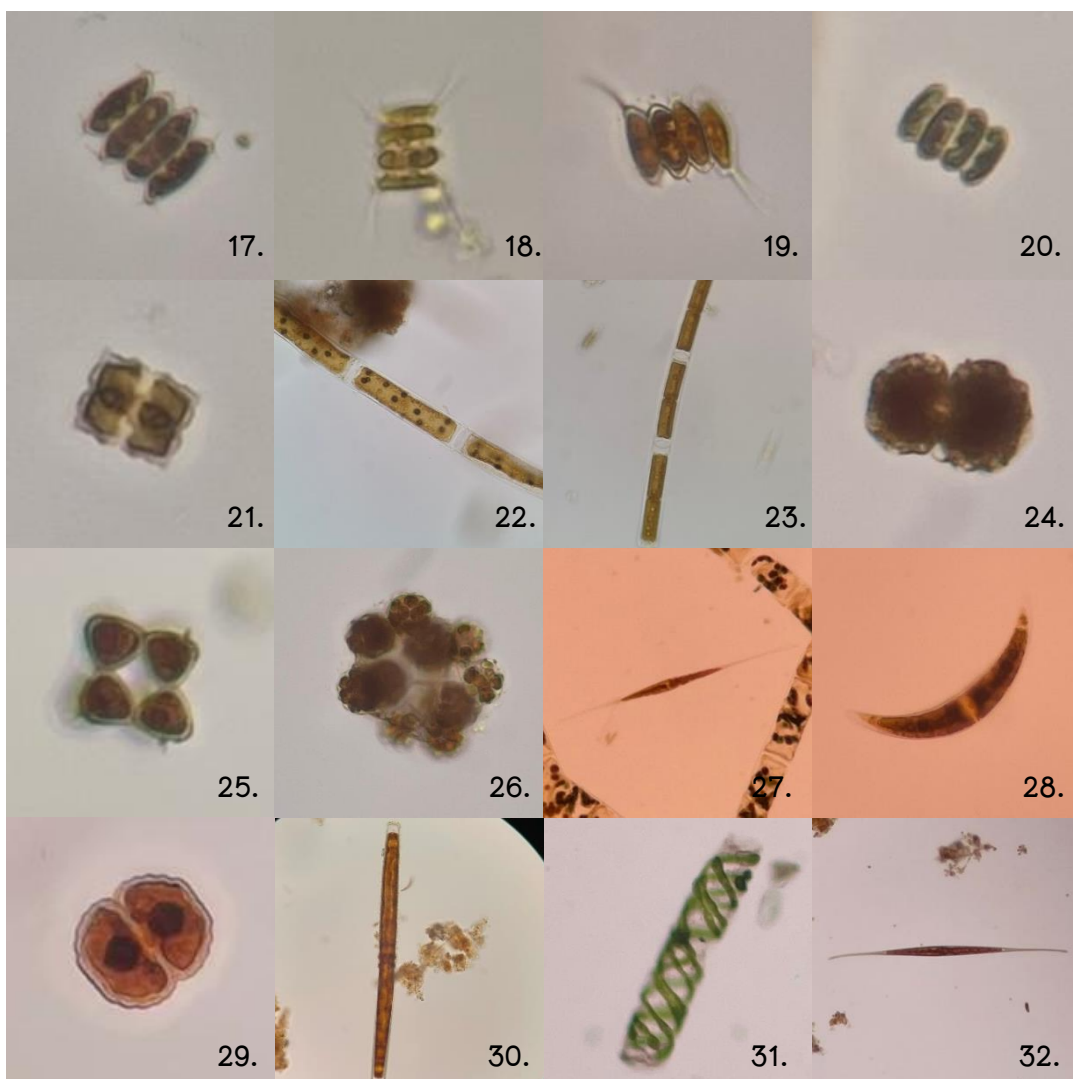
ภาพ 31 สาหร่ายทั้งหมดที่พบในสถานี P4 พื้นที่เกษตรกรรม (ต่อ)

หมายเหตุ: 81. *Eutetramorus nygaardii* 82. *Scenedesmus denticulatus* 83. *Pediastrum alternans*
 84. *Staurastrum micron* var. *micron* 85. *Crucigeniella crucifera*
 86. *Coelastrum microporum* 87. *Cosmarium contractum*
 88. *Scenedesmus tibiscensis* 89. *Scenedesmus* sp.
 90. *Scenedesmus oahuensis* 91. *Cladophora* sp.



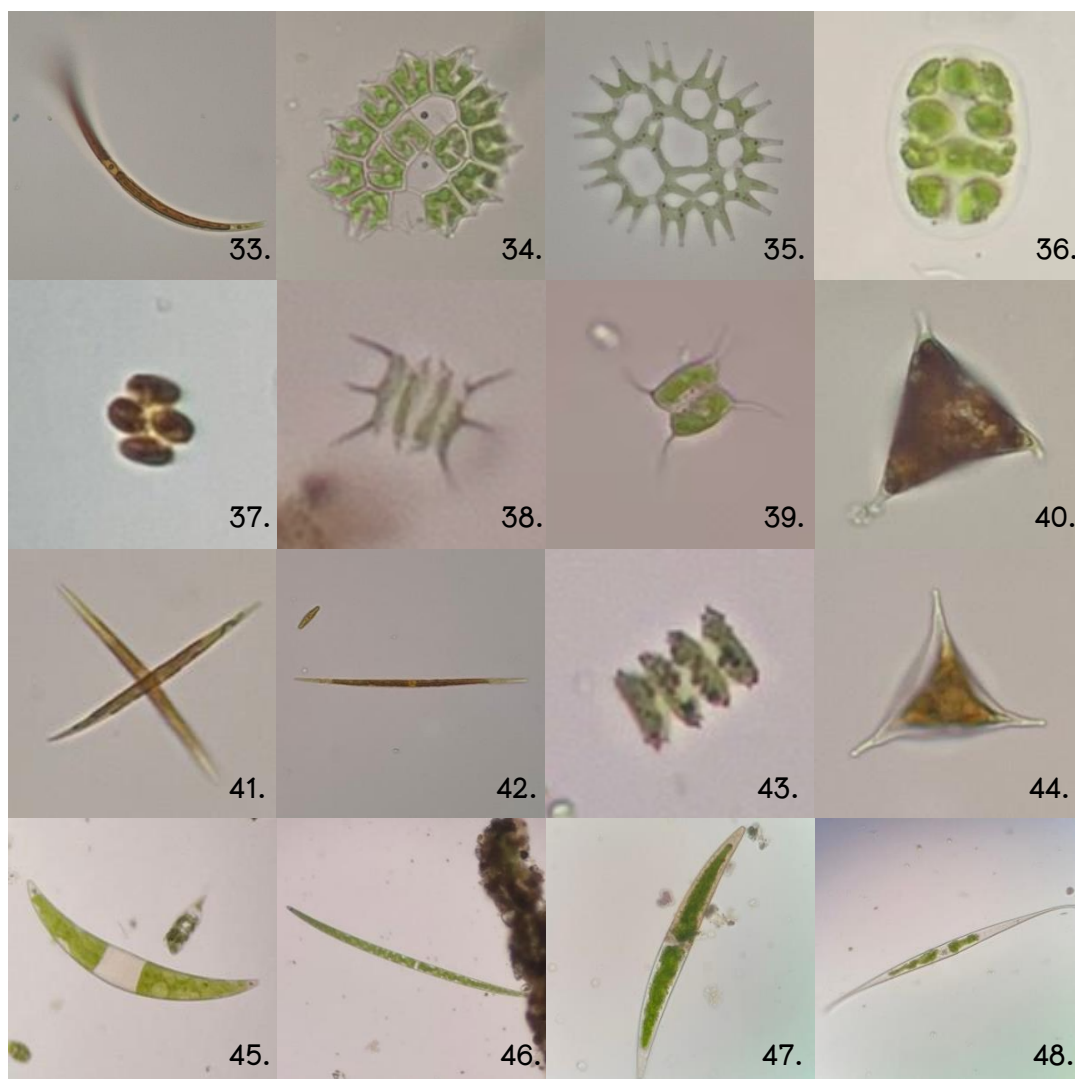
ภาพ 32 สหรัยที่พบทั้งหมดในสถานี P5 คลองผ่านชุมชนบ้านใหม่

หมายเหตุ: 1. *Closterium moniliferum* 2. *Closterium parvulum* 3. *Closterium submoniliferum*
 4. *Closterium idiosporum* 5. *Closterium lineatum* 6. *Pediastrum duplex* var. *duplex*
 7. *Pediastrum simplex* var. *simplex* 8. *Pediastrum simplex* var. *echinulatum*
 9. *Pediastrum tetras* var. *tetraodon* 10. *Pediastrum simplex* var. *duodenarium*
 11. *Scenedesmus opoliensis* 12. *Scenedesmus acuminatus*
 13. *Closterium aciculare* 14. *Scenedesmus disciformis* 15. *Scenedesmus acutus*
 16. *Scenedesmus helveticus* f. *bicaudatus*



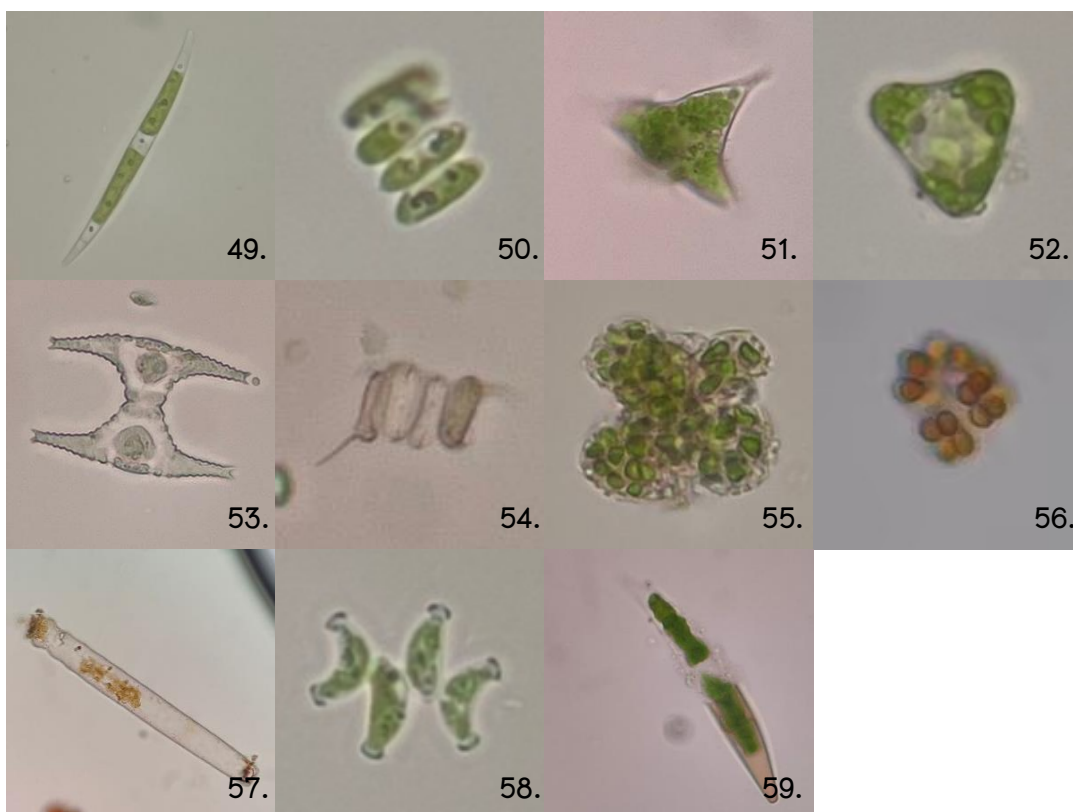
ภาพ 33 สำหรับที่พบทั้งหมดในสถานี P5 คลองผ่านชุมชนบ้านใหม่ (ต่อ)

- หมายเหตุ: 17. *Scenedesmus circumfusus* 18. *Scenedesmus quadricauda*
 19. *Scenedesmus longispina* var. *asymmetricus* 20. *Scenedesmus grahneisii*
 21. *Euastrum biverrucosum* 22. *Oedogonium* sp. 23. *Mougeotia* sp.
 24. *Cosmarium crenulatum* 25. *Coelastrum astroideum* 26. *Coelastrum reticulatum*
 27. *Closterium setaceum* 28. *Closterium diana* var. *minus*
 29. *Cosmarium fontigenum* 30. *Pleurotaenium trabecula* 31. *Spirogyra* sp.
 32. *Closterium kuetzingii*



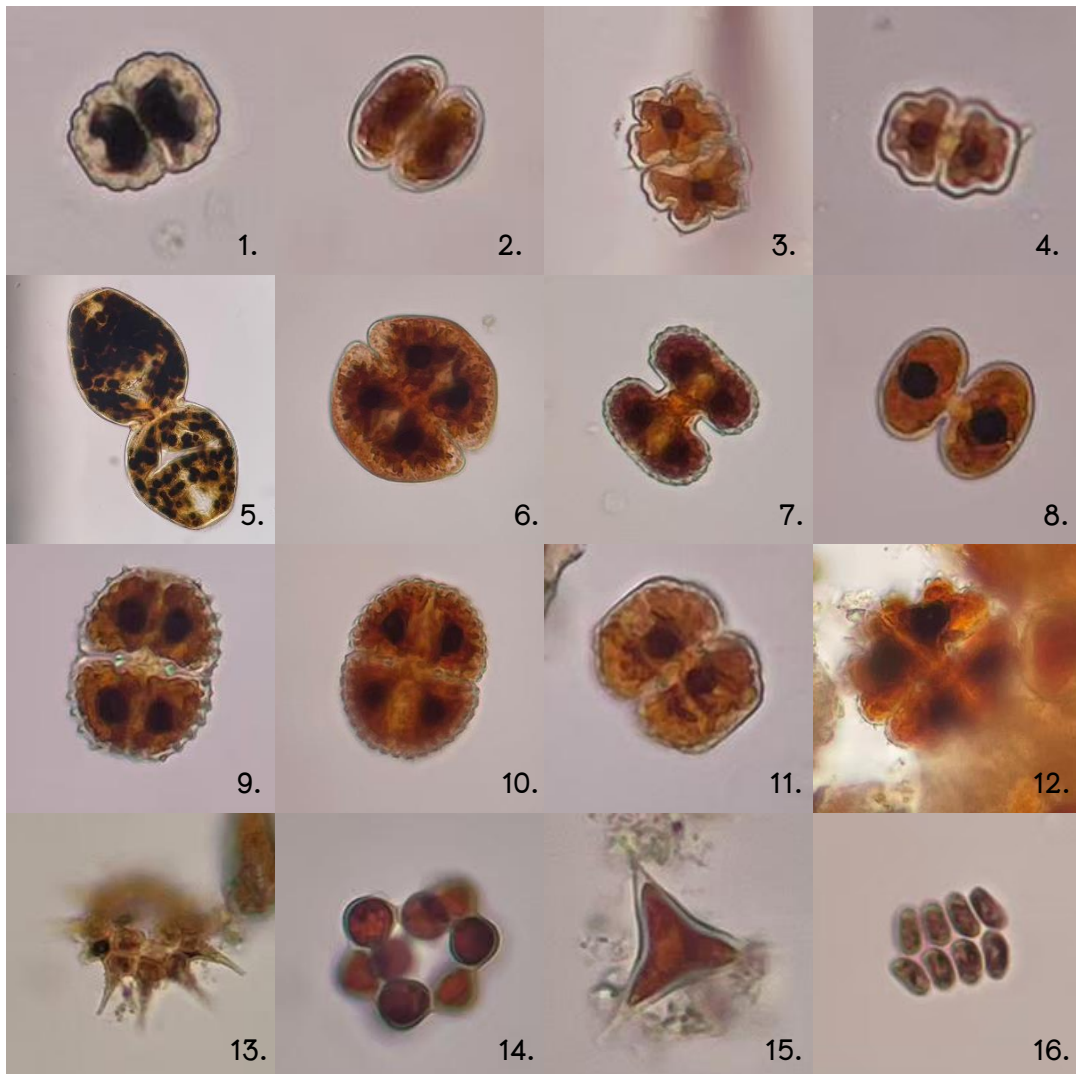
ภาพ 34 สาทรายที่พบทั้งหมดในสถานี P5 คลองผ่านชุมชนบ้านใหม่ (ต่อ)

หมายเหตุ: 33. *Closterium acutum* var. *variabile* 34. *Pediastrum alternans*
 35. *Pediastrum duplex* var. *gracilimum* 36. *Pandorina* sp. 37. *Scenedesmus obtusus*
 38. *Scenedesmus spinosus* 39. *Scenedesmus armatus* 40. *Tetraedron trigonum*
 41. *Ankistrodesmus* sp. 42. *Scenedesmus parisiensis* 43. *Closterium subulatum*
 44. *Tetraedron* sp. 45. *Closterium ehrenbergii* 46. *Closterium attenuatum*
 47. *Closterium littorale* 48. *Closterium rostratum*



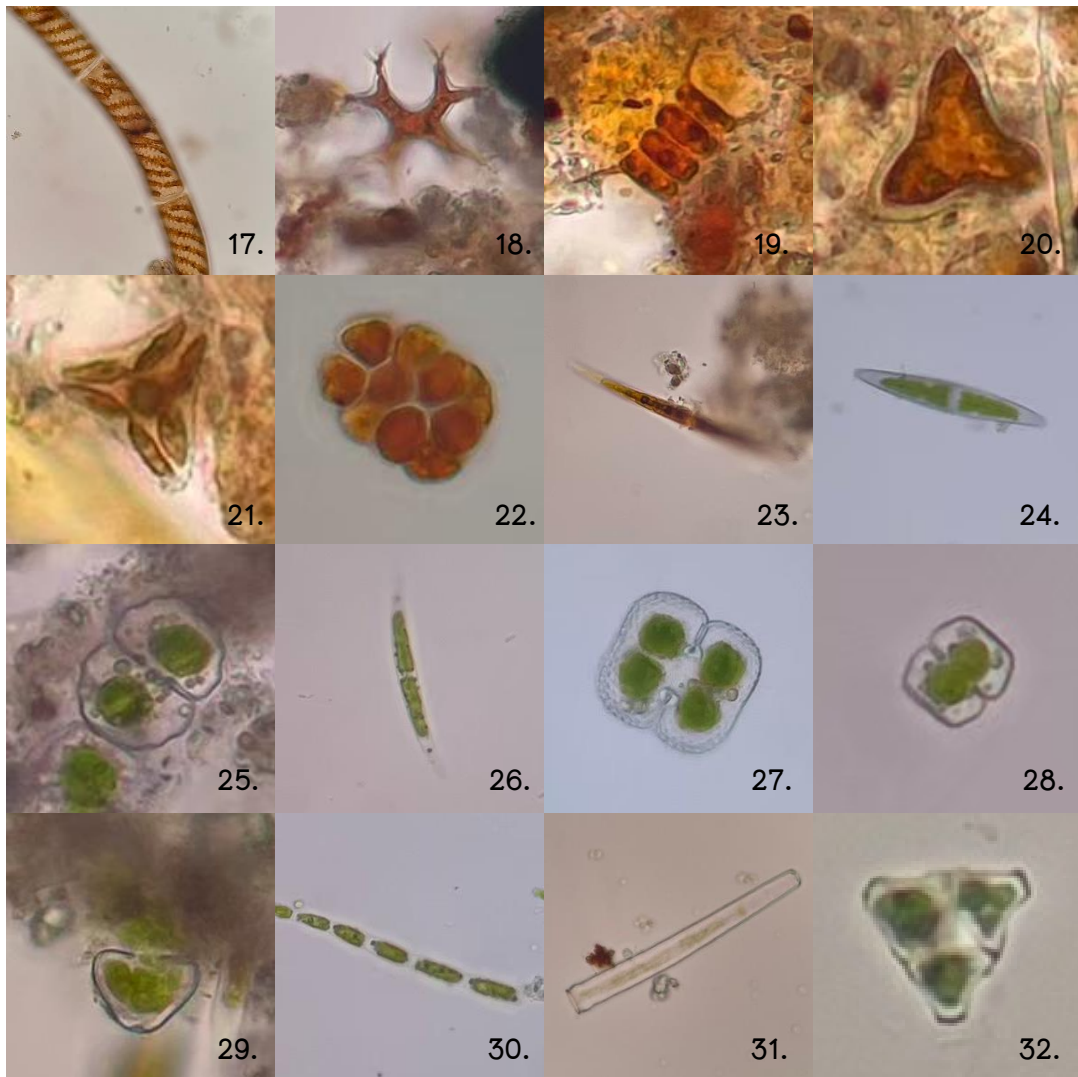
ภาพ 35 สาหร่ายที่พบทั้งหมดในสถานี P5 คลองผ่านชุมชนบ้านใหม่ (ต่อ)

หมายเหตุ: 49. *Closterium rostratum* 50. *Scenedesmus ecomis* 51. *Tetraedron trilobulatum*
 52. *Tetraedron triangulare* 53. *Staurastrum manfeldtii* 54. *Scenedesmus* sp.
 55. *Coelastrum cambricum* 56. *Dictyosphaerium* sp. 57. *Pleurotaenium maximum*
 58. *Scenedesmus producto-capitatus* 59. *Closterium turgidum*



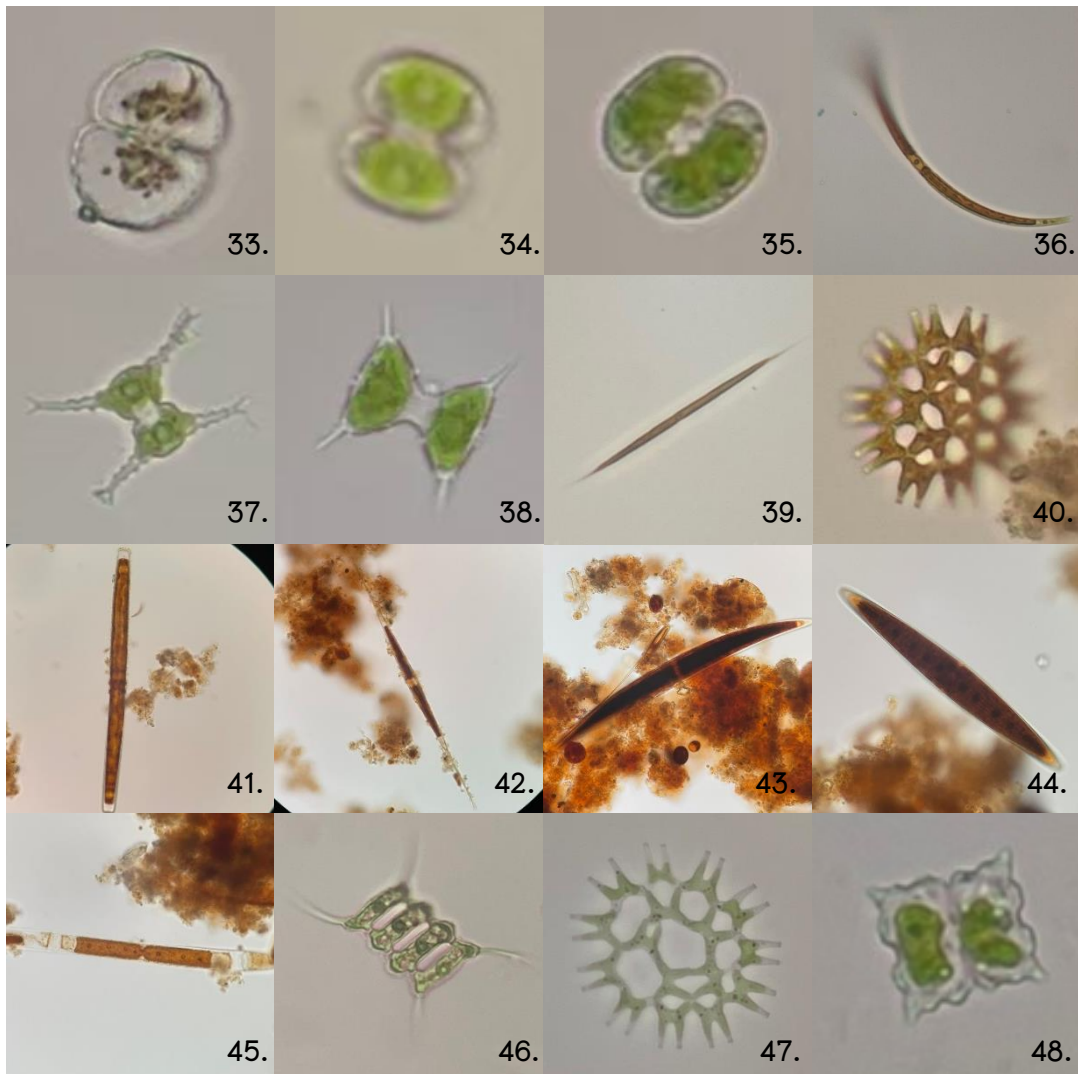
ภาพ 36 สาหร่ายที่พบทั้งหมดในสถานี P6 จุดรวมน้ำอิง

หมายเหตุ: 1. *Cosmarium suborthogonum* 2. *Cosmarium abbreviatum* 3. *Euastrum denticulatum*
 4. *Cosmarium retusum* 5. *Pleurotaenium ovatum* 6. *Cosmarium obsoletum*
 7. *Cosmarium biretum* 8. *Cosmarium contractum* var. *minutum* 9. *Cosmarium jelskii*
 10. *Cosmarium subspeciosum* var. *validius* 11. *Cosmarium eichlerianum*
 12. *Euastrum germanicum* 13. *Pediastrum simplex* var. *echinulatum*
 14. *Coelastrum astroideum* 15. *Tetraedron* sp. 16. *Scenedesmus disciformis*



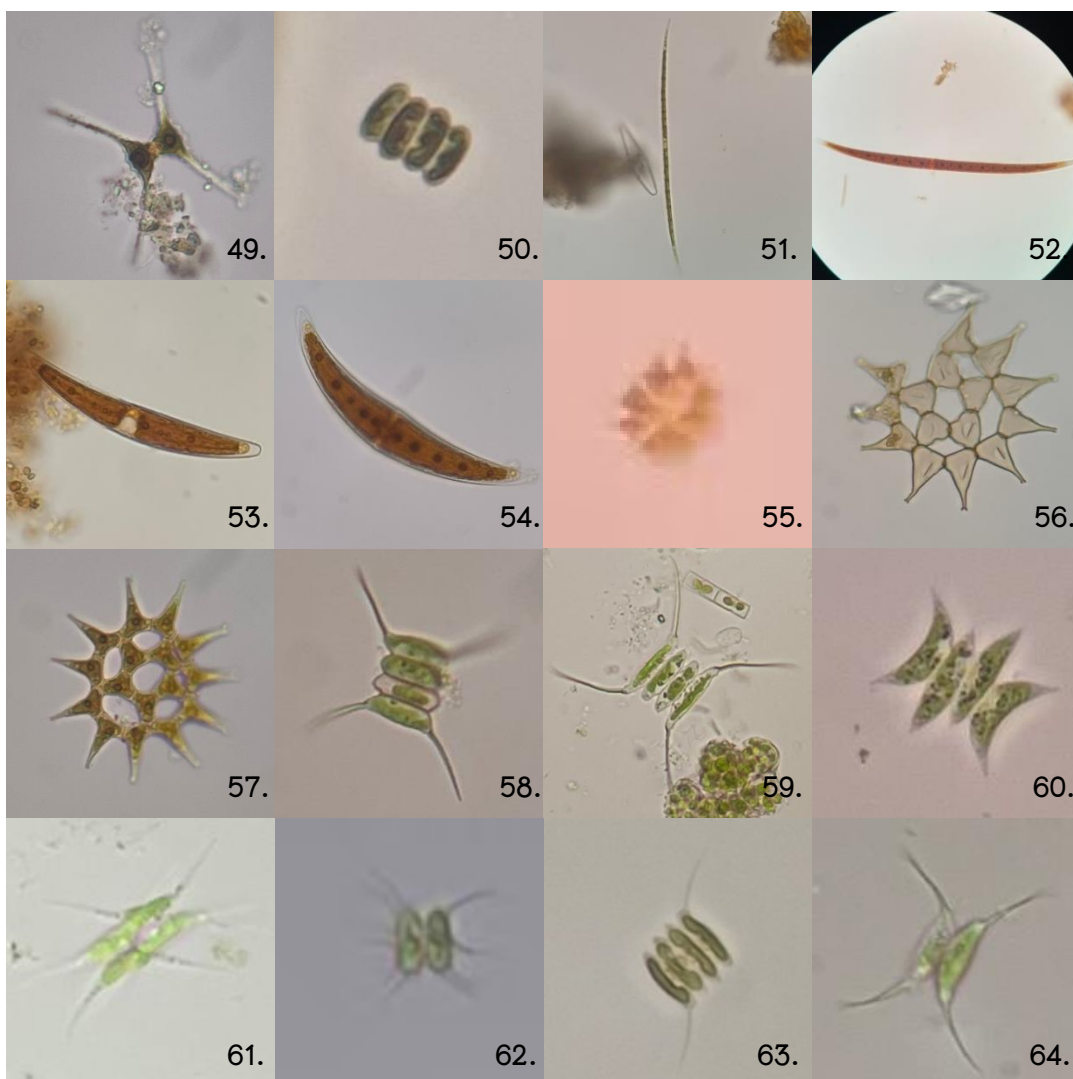
ภาพ 37 สหราชอาณาจักรที่พบทั้งหมดในสถานี P6 จุดรวมน้ำอิง (ต่อ)

- หมายเหตุ: 17. *Spirogyra circumlineata* 18. *Tetraedron gracile* 19. *Scenedesmus communis*
 20. *Tetraedron trilobulatum* 21. *Staurastrum acutum* 22. *Pandorina* sp.
 23. *Closterium subulatum* 24. *Closterium* sp.
 25. *Cosmarium impressulum* var. *impressulum* 26. *Closterium idiosporum* var. *punctatum*
 27. *Cosmarium biretum* var. *biretum* 28. *Cosmarium norimbergense* var. *depressum*
 29. *Cosmarium granatum* var. *concaum* 30. *Oedogonium* sp.
 31. *Pleurotaenium ehrenbergii* 32. *Coelastrum proboscideum*



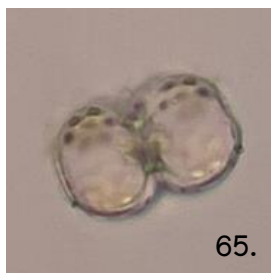
ภาพ 38 สากรายที่พบทั้งหมดในสถานี P6 จุดรวมน้ำอิง (ต่อ)

- หมายเหตุ: 33. *Cosmarium limnophilum* 34. *Cosmarium punctulatum* var. *subpunctulatum*
 35. *Cosmarium klebsii* 36. *Closterium acutum* var. *variabile*
 37. *Staurastrum bloklandiae* 38. *Staurodesmus dejectus* 39. *Monoraphidium* sp.
 40. *Pediastrum duplex* var. *duplex* 41. *Pleurotaenium trabecula*
 42. *Closterium kuetzingii* 43. *Closterium diana* var. *rectius*
 44. *Closterium rectimarginatum* 45. *Mougeotia* sp.
 46. *Scenedesmus oahuensis* var. *clathratus*
 47. *Pediastrum duplex* var. *gracilimum* 48. *Euastrum biverrucosum*



ภาพ 39 สหรัยที่พบทั้งหมดในสถานี P6 จุดรวมน้ำอิง (ต่อ)

หมายเหตุ: 49. *Staurastrum chaetoceras* 50. *Scenedesmus grahneisii* 51. *Closterium aciculare*
 52. *Closterium strigosum* var. *elagans* 53. *Closterium tumidum* var. *tumidum*
 54. *Closterium moniliferum* 55. *Micrasterias* sp. 56. *Pediastrum simplex* var. *simplex*
 57. *Pediastrum simplex* var. *duodenarium* 58. *Scenedesmus armatus*
 59. *Scenedesmus opoliensis* 60. *Scenedesmus acutus*
 61. *Scenedesmus acuminatus* var. *tetradesmoides* 62. *Scenedesmus tenuispina*
 63. *Scenedesmus helveticus* f. *bicaudatus* 64. *Scenedesmus protuberans*



ภาพ 40 สาหร่ายที่พบทั้งหมดในสถานี P6 จุดรวมน้ำอิง (ต่อ)

หมายเหตุ: 65. *Cosmarium* sp.



ตาราง 6 สาหร่ายที่พบทั้ง 6 สถานี ตลอดการศึกษา

สปีชีส์	ความถี่สัมพัทธ์	(สถานี เซลล์/ลิตร)					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Actinastrum hantzschii</i> var. <i>hantzschii</i>	16.67	0	0	1,250	0	0	0
<i>Actinastrum hantzschii</i> var. <i>subtile</i>	33.33	0	2,500	11,250	0	0	0
<i>Actinastrum</i> sp.	16.67	0	0	15,000	0	0	0
<i>Actinotaenium curtum</i>	33.33	0	27,500	2,500	0	0	0
<i>Actinotaenium</i> sp.	16.67	0	2,500		0	0	0
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	16.67	0	0	6,250	0	0	0
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	50.00	0	4,000	13,750	0	5,000	0
<i>Chlorella</i> sp.	16.67	0	0	0	65,000	0	0
<i>Cladophora</i> sp.	16.67	-	-	-	+	-	-
<i>Closterium aciculare</i>	33.33	0	0	12,500	0	15,000	0
<i>Closterium acutum</i>	16.67	0	0	0	0	1,250	0
<i>Closterium acutum</i> var. <i>variabile</i>	33.33	0	0	0	0	2,500	7,500
<i>Closterium attenuatum</i>	16.67	0	0	0	0	2,500	0
<i>Closterium diana</i>	16.67	0	0	0	2,500	0	0
<i>Closterium diana</i> var. <i>minus</i>	16.67	0	0	0	0	12,500	0
<i>Closterium diana</i> var. <i>rectius</i>	16.67	0	0	0	0	0	1,250
<i>Closterium ehrenbergii</i>	33.33	0	0	5,000	0	13,750	0
<i>Closterium idiosporum</i>	16.67	0	0	0	0	2,500	0
<i>Closterium idiosporum</i> var. <i>punctatum</i>	16.67	0	0	0	0	0	2,500
<i>Closterium kuetzingii</i>	50.00	0	0	0	5,000	12,500	6,250
<i>Closterium leibleinii</i> Ralfs var. <i>leibleinii</i>	16.67	0	0	0	5,000	0	0
<i>Closterium lineatum</i>	16.67	0	0	0	0	12,500	0
<i>Closterium littorale</i>	16.67	0	0	0	0	2,500	0
<i>Closterium moniliferum</i>	100.00	12,500	45,000	42,500	7,500	142,500	2,500
<i>Closterium parvulum</i>	33.33	0	0	0	2,500	17,500	0
<i>Closterium praelongum</i> var. <i>bravium</i>	16.67	0	1,250	0	0	0	0
<i>Closterium rectimarginatum</i>	33.33	2,500	11,250	0	0	0	0
<i>Closterium rostratum</i>	16.67	0	15,000	0	0	0	0
<i>Closterium setaceum</i>	33.33	27,500	2,500	0	0	0	0
<i>Closterium</i> sp.	16.67	2,500	0	0	0	0	0
<i>Closterium strigosum</i> var. <i>elagans</i>	16.67	0	0	0	0	0	1,250
<i>Closterium submoniliferum</i>	16.67	0	0	0	0	25,000	0
<i>Closterium subulatum</i>	66.67	0	0	5,000	3,750	1,250	6,250

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ + หมายถึง พบสาหร่ายสีเขียวเส้นสายในสถานีนั้น ๆ

สัญลักษณ์ - หมายถึง ไม่พบสาหร่ายสีเขียวเส้นสายในสถานีนั้น ๆ

ตาราง 6 (ต่อ)

สปีชีส์	ความถี่สัมพัทธ์	(สถานี เซลล์/ลิตร)					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Closterium tumidum</i> var. <i>tumidum</i>	16.67	0	0	0	0	0	2,500
<i>Closterium turgidum</i>	16.67	0	0	0	2,500	0	0
<i>Coelastrum astroideum</i>	100.00	2,500	62,250	148,750	65,000	20,000	75,000
<i>Coelastrum cambricum</i>	83.33	12,500	43,750	321,350	58,750	10,000	0
<i>Coelastrum microporum</i>	33.33	2,500	0	0	5,000	0	0
<i>Coelastrum proboscideum</i>	50.00	1,250	3,000	6,250	0	0	0
<i>Coelastrum reticulatum</i>	83.33	2,500	8,750	65,000	3,750	110,000	0
<i>Coelomoron</i> sp.	16.67	1,250	0	0	0	0	0
<i>Coenocystis planctonica</i>	16.67	0	0	0	2,500	0	0
<i>Coenocystis subcylindrica</i>	16.67	0	0	0	10,000	0	0
<i>Cosmarium abbreviatum</i>	33.33	0	0	10,000	0	0	5,000
<i>Cosmarium biretum</i>	16.67	0	0	0	0	0	2,500
<i>Cosmarium biretum</i> var. <i>biretum</i>	16.67	0	0	0	0	0	2,500
<i>Cosmarium boeckii</i>	16.67	0	22,500	0	0	0	0
<i>Cosmarium circulare</i>	16.67	0	0	0	5,000	0	0
<i>Cosmarium contractum</i>	33.33	0	0	5,000	2,500	0	0
<i>Cosmarium contractum</i> var. <i>minutum</i>	33.33	0	0	1,250	0	0	5,000
<i>Cosmarium contractum</i> var. <i>rotundatum</i>	16.67	0	0	2,500	0	0	0
<i>Cosmarium contractum</i> var. <i>notatum</i>	16.67	0	0	3,750	0	0	0
<i>Cosmarium crenulatum</i>	16.67	0	0	0	0	2,500	0
<i>Cosmarium depressum</i>	33.33	0	0	2,500	1,250	0	0
<i>Cosmarium eichlerianum</i>	33.33	0	0	0	40,000	0	5,000
<i>Cosmarium fastidiosum</i>	16.67	0	0	3,750	0	0	0
<i>Cosmarium fontigenum</i>	33.33	0	0	25,000	0	5,000	0
<i>Cosmarium granatum</i>	33.33	0	2,500	0	1,250	0	0
<i>Cosmarium granatum</i> var. <i>concavum</i>	16.67	0	0	0	0	0	2,500
<i>Cosmarium impressulum</i> var. <i>impressulum</i>	16.67	0	0	0	0	0	5,000
<i>Cosmarium jelskii</i>	33.33	0	0	10,000	0	0	2,500
<i>Cosmarium klebsii</i>	16.67	0	0	0	0	0	1,250
<i>Cosmarium leave</i>	16.67	0	0	0	7,500	0	0
<i>Cosmarium limnophilum</i>	33.33	3,750	0	0	0	0	1,250
<i>Cosmarium norimbergense</i> var. <i>depressum</i>	16.67	0	0	0	0	0	2,500
<i>Cosmarium nymannianum</i>	16.67	0	1,250	0	0	0	0
<i>Cosmarium obsoletum</i>	16.67	0	0	0	0	0	2,500
<i>Cosmarium punctulatum</i> var. <i>subpunctulatum</i>	50.00	2,500	0	1,250	0	0	3,750

ตาราง 6 (ต่อ)

สปีชีส์	ความถี่สัมพัทธ์	(สถานี เซลล์/ลิตร)					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Cosmarium pygmaeum</i>	16.67	0	0	5,000	0	0	0
<i>Cosmarium reniforme</i>	16.67	0	0	5,000	0	0	0
<i>Cosmarium retusum</i>	33.33	0	0	0	47,500	0	2,500
<i>Cosmarium septentrionale</i>	16.67	2,500	0	0	0	0	0
<i>Cosmarium sexangulare f. minama</i>	16.67	0	0	0	18,750	0	0
<i>Cosmarium sp.</i>	66.67	0	6,500	2,500	7,500	0	5,000
<i>Cosmarium subadoxum</i>	33.33	0	0	11,250	3,750	0	0
<i>Cosmarium subcostatum var. minus</i>	16.67	0	1,250	0	0	0	0
<i>Cosmarium suborthogonum</i>	16.67	0	0	0	0	0	2,500
<i>Cosmarium subquadratum</i>	16.67	0	0	0	7,500	0	0
<i>Cosmarium subspeciosum var. validius</i>	16.67	0	0	0	0	0	2,500
<i>Crucigenia mucronata</i>	16.67	0	0	12,500	0	0	0
<i>Crucigenia sp.</i>	16.67	0	0	18,750	0	0	0
<i>Crucigeniella crucifera</i>	16.67	0	0	0	7,500	0	0
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	16.67	0	0	20,000	0	0	0
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	16.67	60,000	0	0	0	0	0
<i>Dictyosphaerium sp.</i>	33.33	0	0	22,500	0	2,500	0
<i>Dimorphococcus lunatus</i>	50.00	1,250	0	2,500	5,000	0	0
<i>Euastrum biverrucosum</i>	83.33	0	5,000	17,500	2,500	15,000	5,000
<i>Euastrum denticulatum</i>	16.67	0	0	0	0	0	7,500
<i>Euastrum germanicum</i>	16.67	0	0	0	0	0	7,500
<i>Eudorina sp.</i>	50.00	1,250	0	7,500	3,750	0	0
<i>Eutetramorus nygaardii</i>	16.67	0	0	0	20,000	0	0
<i>Gloeocystis sp.</i>	50.00	0	10,000	1,250	10,000	0	0
<i>Heynigia riparia</i>	16.67	0	0	45,000	0	0	0
<i>Kirchneriella lunaris</i>	16.67	1,250	0	0	0	0	0
<i>Lemmermannia emarjinata</i>	16.67	1,250	0	0	0	0	0
<i>Lemmermannia komarekii</i>	16.67	0	0	52,500	0	0	0
<i>Lemmermannia tetrapedia</i>	16.67	0	0	1,250	0	0	0
<i>Micrasterias sp.</i>	16.67	0	0	0	0	0	2,500
<i>Microspora sp.</i>	16.67	+	-	-	-	-	-
<i>Monoraphidium caribeum</i>	16.67	0	0	6,250	0	0	0
<i>Monoraphidium sp.</i>	16.67	0	0	0	0	0	3,750

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ + หมายถึง พบสาหร่ายสีเขียวเส้นสายในสถานีนั้น ๆ

สัญลักษณ์ - หมายถึง ไม่พบสาหร่ายสีเขียวเส้นสายในสถานีนั้น ๆ

ตาราง 6 (ต่อ)

สปีชีส์	ความถี่สัมพัทธ์	(สถานี เซลล์/ลิตร)					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Mougeotia</i> sp.	50.00	-	-	-	+	+	+
<i>Oedogonium</i> sp.	66.67	-	-	+	+	+	+
<i>Pandorina charkowiensis</i>	33.33	0	10,000	42,500	0	0	0
<i>Pandorina</i> sp.	66.67	0	0	1,250	22,500	13,750	52,500
<i>Pediastrum alternans</i>	83.33	3,750	32,250	106,250	5,000	10,000	0
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>duplex</i>	100.00	36,250	134,750	296,250	37,500	70,000	271,250
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>gracilimum</i>	100.00	7,500	38,250	460,000	30,000	13,750	35,000
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>rugulosum</i>	16.67	0	0	0	5,000	0	0
<i>Pediastrum simplex</i>	16.67	0	0	8,750	0	0	0
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>duodenarium</i>	100.00	3,750	7,500	83,750	13,750	10,000	12,500
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>echinulatum</i>	100.00	18,750	89,750	210,000	30,000	32,500	12,500
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>simplex</i>	83.33	0	15,000	2,6250	7,500	5,000	17,500
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>sturmii</i>	50.00	5,000	9,250	20,000	0	0	0
<i>Pediastrum tetras</i> var. <i>apiculatum</i>	50.00	0	2,500	20,000	20,000	0	0
<i>Pediastrum tetras</i> var. <i>tetraodon</i>	83.33	13,750	48,000	168,750	20,000	40,000	0
<i>Pleurotaenium ehrenbergii</i>	16.67	0	0	0	0	0	2,500
<i>Pleurotaenium maximum</i>	16.67	0	0	0	0	2,500	0
<i>Pleurotaenium nodulosum</i>	16.67	0	0	0	3,750	0	0
<i>Pleurotaenium ovatum</i>	16.67	0	0	0	0	0	5,000
<i>Pleurotaenium trabecula</i>	50.00	0	0	0	3,750	7,500	1,250
<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i>	16.67	+	-	-	-	-	-
<i>Rhizoclonium</i> sp.	16.67	+	-	-	-	-	-
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	83.33	8,750	30,000	373,750	3,750	27,500	0
<i>Scenedesmus</i> sp.	50.00	0	0	5,000	2,500	2,500	0
<i>Scenedesmus acuminatus</i> var. <i>tetrademoides</i>	66.67	0	2,500	7,500	7,500	0	2,500
<i>Scenedesmus acuminatus</i> var. <i>tortuosus</i>	33.33	0	0	12,500	17,500	0	0
<i>Scenedesmus acutus</i>	100.00	3,750	27,250	110,000	31,250	55,000	7,500
<i>Scenedesmus arcuatus</i>	50.00	0	1,250	231,250	15,000	0	0
<i>Scenedesmus armatus</i>	66.67	1,250	8,350	0	17,500	0	5,000
<i>Scenedesmus armatus</i> var. <i>bicaudatus</i>	33.33	0	0	0	2,500	13,750	0
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	66.67	1,250	14,750	100,000	23,750	0	0
<i>Scenedesmus brasiliensis</i>	16.67	0	0	0	2,500	0	0

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ + หมายถึง พบสาหร่ายสีเขียวเส้นสายในสถานีนั้น ๆ

สัญลักษณ์ - หมายถึง ไม่พบสาหร่ายสีเขียวเส้นสายในสถานีนั้น ๆ

ตาราง 6 (ต่อ)

สปีชีส์	ความถี่สัมพัทธ์	(สถานี เซลล์/ลิตร)					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Scenedesmus circumfusus</i>	33.33	0	0	22,500	0	50,000	0
<i>Scenedesmus circumfusus</i> var. <i>bicaudatus</i>	16.67	1,250	0	0	0	0	0
<i>Scenedesmus communis</i>	50.00	0	0	17,500	5,000	0	2,500
<i>Scenedesmus denticulatus</i>	66.67	5,000	12,500	22,500	8,750	0	0
<i>Scenedesmus denticulatus</i> var. <i>disciformis</i>	16.67	0	0	1,250	0	0	0
<i>Scenedesmus disciformis</i>	83.33	2,500	0	15,000	27,500	5,000	2,500
<i>Scenedesmus ecornis</i>	16.67	0	0	0	0	1,250	0
<i>Scenedesmus ellipsoideus</i> f. <i>flagellispinosus</i>	16.67	0	0	1,250	0	0	0
<i>Scenedesmus grahneisii</i>	66.67	0	0	22,500	5,000	87,500	5,000
<i>Scenedesmus helveticus</i>	33.33	0	0	5,000	10,000	0	0
<i>Scenedesmus helveticus</i> f. <i>bicaudatus</i>	66.67	0	1,250	93,750	0	10,000	2,500
<i>Scenedesmus javanensis</i>	50.00	1,250	0	7,500	3,750	0	0
<i>Scenedesmus linearis</i>	16.67	0	0	0	2,500	0	0
<i>Scenedesmus longispina</i> var. <i>asymmetricus</i>	83.33	2,500	27,000	85,000	27,500	35,000	0
<i>Scenedesmus oahuensis</i>	33.33	0	0	2,500	2,500	0	0
<i>Scenedesmus oahuensis</i> var. <i>clathratus</i>	50.00	0	16,250	25,000	0	0	17,500
<i>Scenedesmus obtusus</i>	83.33	2,500	3,000	17,500	12,500	5,000	0
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	100.00	7,500	7,500	202,500	12,500	52,500	7,500
<i>Scenedesmus ovalternus</i>	33.33	0	1,250	5,000	0	0	0
<i>Scenedesmus parisiensis</i>	50.00	0	0	1,250	3750	1,250	0
<i>Scenedesmus producto-capitatus</i>	50.00	0	1,250	11,250	0	2,500	0
<i>Scenedesmus protuberans</i>	66.67	0	2,000	28,750	10,000	0	7,500
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	83.33	2500	47,000	341,250	46,250	41,250	0
<i>Scenedesmus spinosus</i>	50.00	0	0	12,500	2,500	7,500	0
<i>Scenedesmus tenuispina</i>	33.33	0	0	28,750	0	0	2,500
<i>Scenedesmus tibiscensis</i>	16.67	0	0	0	2,500	0	0
<i>Scenedesmus verrcosus</i>	33.33	0	0	5,000	5,000	0	0
<i>Selenastrum gracile</i>	33.33	0	0	7,500	2,500	0	0
<i>Selenastrum reinsch</i>	33.33	0	0	12,500	1,250	0	0
<i>Spirogyra circumlineata</i>	16.67	-	-	-	-	-	+
<i>Spirogyra</i> sp.	83.33	+	+	+	+	+	-
<i>Staurastrum acutum</i>	16.67	0	0	0	0	0	2,500
<i>Staurastrum americanum</i>	16.67	0	2,500	0	0	0	0

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ + หมายถึง พบสาหร่ายสีเขียวเส้นสายในสถานีนั้น ๆ

สัญลักษณ์ - หมายถึง ไม่พบสาหร่ายสีเขียวเส้นสายในสถานีนั้น ๆ

ตาราง 6 (ต่อ)

สปีชีส์	ความถี่สัมพัทธ์	(สถานี เซลล์/ลิตร)					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Staurastrum bacillare</i> var. <i>obesum</i>	16.67	0	0	2,500	0	0	0
<i>Staurastrum bloklandiae</i>	50.00	0	3,750	6,250	0	0	1,250
<i>Staurastrum chaetoceras</i>	33.33	0	5,000	0	0	0	10,000
<i>Staurastrum cingulum</i> var. <i>obesum</i>	16.67	0	0	15,000	0	0	0
<i>Staurastrum inflexum</i>	16.67	0	1,250	0	0	0	0
<i>Staurastrum limneticum</i> var. <i>aculeatum</i>	16.67	0	3,000	0	0	0	0
<i>Staurastrum manfeldtii</i>	33.33	2,500	0	0	0	2,500	0
<i>Staurastrum micron</i>	16.67	0	0	1,250	0	0	0
<i>Staurastrum micron</i> var. <i>micron</i>	33.33	0	0	2,500	5,000	0	0
<i>Staurastrum paradoxum</i>	16.67	0	0	2,500	0	0	0
<i>Staurastrum polymorphum</i>	16.67	0	0	2,500	0	0	0
<i>Staurastrum punctulatum</i>	16.67	0	0	0	10,000	0	0
<i>Staurastrum tetracerum</i>	50.00	0	3,750	2,500	5,000	0	0
<i>Stauroidesmus convergens</i>	16.67	0	0	1,250	0	0	0
<i>Stauroidesmus dejectus</i>	33.33	0	0	75,000	0	0	1,250
<i>Stauroidesmus dickiei</i>	33.33	0	1,250	0	2,500	0	0
<i>Stauroidesmus subulatus</i> var. <i>nordstedtii</i>	16.67	0	0	1,250	0	0	0
<i>Stauroidesmus triangularis</i> var. <i>brevispina</i>	16.67	0	0	2,500	0	0	0
<i>Stauroidesmus validus</i> var. <i>subincus</i>	33.33	1,250	0	1,250	0	0	0
<i>Stigeoclonium</i> sp.	33.33	+	+	-	-	-	-
<i>Tetraedron gracile</i>	16.67	0	0	0	0	0	5,000
<i>Tetraedron limneticum</i>	16.67	0	0	0	5,000	0	0
<i>Tetraedron quadratum</i>	16.67	0	0	0	7,500	0	0
<i>Tetraedron muticum</i>	16.67	0	0	0	2,500	0	0
<i>Tetraedron regulare</i>	16.67	0	0	2,500	0	0	0
<i>Tetraedron</i> sp.	83.33	6,250	8,750	0	1,250	1,250	27,500
<i>Tetraedron triangulare</i>	50.00	0	0	2,500	1,250	1,250	0
<i>Tetraedron trigonum</i>	16.67	0	0	0	0	2,500	0
<i>Tetraedron trigonum</i> var. <i>papilliferum</i>	16.67	0	0	0	7,500	0	0
<i>Tetraedron trilobulatum</i>	66.67	0	0	2,500	1,250	1,250	2,500
<i>Tetrastrum heteracanthum</i>	16.67	0	0	2,500	0	0	0
<i>Westella botryoides</i>	33.33	1,250	0	8,750	0	0	0

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ + หมายถึง พบสาหร่ายสีเขียวเส้นสายในสถานีนั้น ๆ

สัญลักษณ์ - หมายถึง ไม่พบสาหร่ายสีเขียวเส้นสายในสถานีนั้น ๆ

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไซเปอร์เมทริน คุณภาพน้ำและความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียว

1. Canonical correspondence analysis (CCA)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยวิธี Canonical Correspondence Analysis (CCA) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการตกค้างของไซเปอร์เมทริน ปัจจัยคุณภาพน้ำทั้ง 12 พารามิเตอร์และสาหร่ายสีเขียว โดยคัดเลือกจากสาหร่ายชนิดเด่นที่มีการกระจายตัวมากที่สุด หรือมี Relative frequency สูงสุด 10 อันดับ ได้แก่ *Pediastrum duplex* var. *duplex*, *Pediastrum simplex* var. *echinulatum*, *Coelastrum astroideum*, *Pediastrum duplex* var. *gracillimum*, *Pediastrum tetras* var. *tetraodon*, *Closterium moniliferum*, *Scenedesmus acutus*, *Scenedesmus armatus*, *Scenedesmus quadricauda* และ *Scenedesmus longispina* var. *asymmetricus* (ตาราง 4)

ผลการวิเคราะห์มีความแปรปรวนของแกนที่ 1 และ 2 คิดเป็น 46.03% และ 38.49% ตามลำดับ จัดจำแนกความสัมพันธ์ได้ทั้งหมด 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 พบความสัมพันธ์ของสถานี P3 (บ่อปลา) กับปริมาณการตกค้างของไซเปอร์เมทริน พารามิเตอร์คุณภาพน้ำ ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ, การนำไฟฟ้า, pH, DO และแอมโมเนียไนโตรเจน และยังมีความสัมพันธ์กับสาหร่าย 5 สปีชีส์ คือ *Pediastrum tetras* var. *tetraodon*, *Pediastrum simplex* var. *echinulatum*, *Pediastrum duplex* var. *gracillimum*, *Scenedesmus armatus* และ *Scenedesmus quadricauda*

กลุ่มที่ 2 สถานี P5 (คลองผ่านชุมชนบ้านใหม่) มีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ 2 ชนิด ได้แก่ โคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และสาหร่าย 2 สปีชีส์ คือ *Scenedesmus acutus* และ *Scenedesmus longispina* var. *asymmetricus*

กลุ่มที่ 3 สถานี P6 (จุดรวมน้ำอิง) มีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ 3 ชนิด ได้แก่ ไนเตรทไนโตรเจน ออกซิฟอสเฟตและความขุ่น และมีความสัมพันธ์กับสาหร่าย 1 สปีชีส์ คือ และ *Pediastrum duplex* var. *duplex*

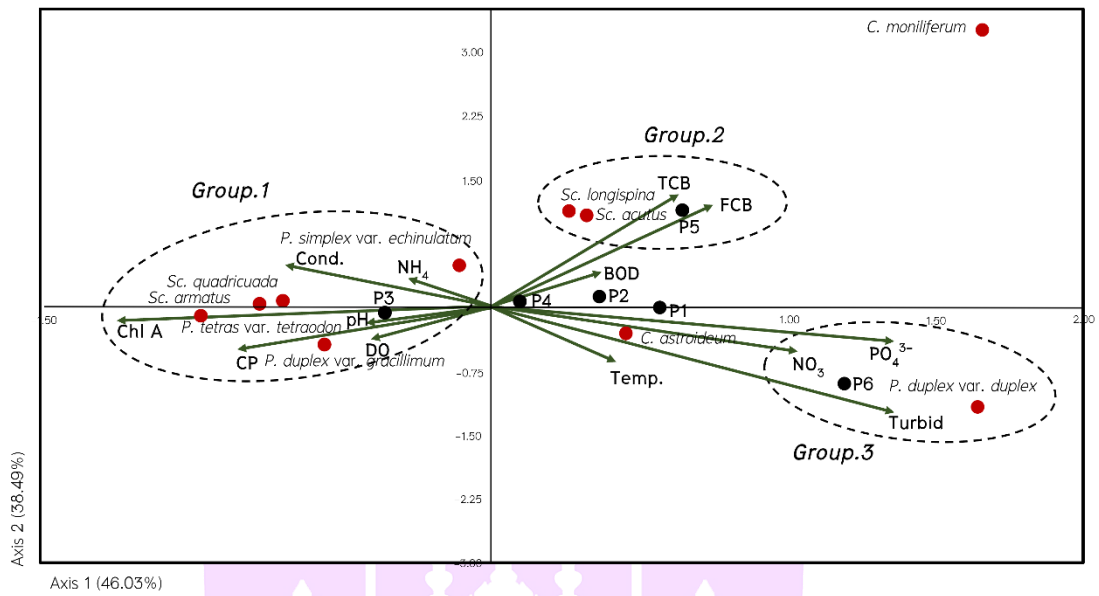
2. Pearson's Correlation coefficient

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's Correlation coefficient) ระหว่างปริมาณการตกค้างของไซเปอร์เมทริน ปัจจัยคุณภาพน้ำและสาหร่ายสีเขียว โดยคัดเลือกจากสาหร่ายชนิดเด่นที่มีการกระจายตัวมากที่สุด หรือมี Relative frequency สูงสุด 10 อันดับเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ CCA ผลการวิเคราะห์แสดงถึงความสัมพันธ์ในทิศทางบวกของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ กับสาหร่ายทั้ง 6 สปีชีส์ ได้แก่

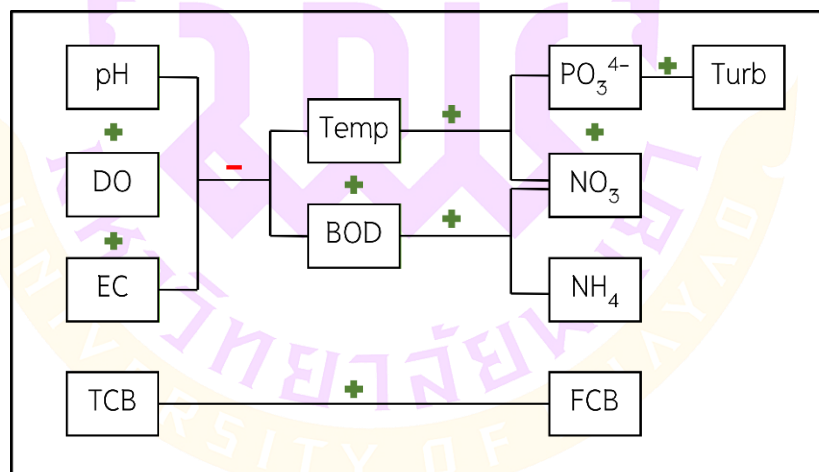
Coelastrum astroideum, *Pediastrum duplex* var. *gracilimum*, *Pediastrum tetras* var. *tetraodon*, *Scenedesmus armatus* และ *Scenedesmus longispina* var. *asymmetricus* ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ *Scenedesmus quadricauda* ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% อย่างไรก็ตามไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญของปริมาณการตกค้างของไซเปอร์เมทรินกับสาหร่ายหรือปัจจัยคุณภาพน้ำ (ตาราง 7)

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยคุณภาพน้ำทั้ง 12 พารามิเตอร์ พบว่า อุณหภูมิและ BOD มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ อุณหภูมิและ BOD มีความสัมพันธ์ในทิศทางลบกับ pH ค่าการนำไฟฟ้า และ DO ในขณะเดียวกัน pH ค่าการนำไฟฟ้า และ DO มีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวกอย่างมีนัยสำคัญ ถัดมาเป็นปริมาณสารอาหาร พบว่า ไนโตรเจนไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟตมีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวกกับ อุณหภูมิ และมีความสัมพันธ์กันในทิศทางลบกับ pH ค่าการนำไฟฟ้า และ DO นอกจากนี้ ไนโตรเจนไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟตยังสัมพันธ์กันในทิศทางบวก และออร์โธฟอสเฟตยังสัมพันธ์กับความขุ่น ขณะเดียวกันปริมาณไนโตรเจนไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนก็สัมพันธ์กับ BOD ในทิศทางบวกด้วย ผลการวิเคราะห์ยังพบความสัมพันธ์ของปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (ตาราง 8) (ภาพ 42)

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ Pearson's Correlation coefficient ของปัจจัยคุณภาพน้ำทั้ง 12 พารามิเตอร์ทำให้ทราบความสัมพันธ์กันในทิศทางบวกและลบของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในภาพรวมของความสัมพันธ์ พบว่าผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ Pearson's Correlation coefficient ของคุณภาพน้ำแสดงทิศทางความสัมพันธ์คล้ายคลึงกับ Canonical correspondence analysis (CCA)



ภาพ 41 ความสัมพันธ์ Canonical correspondence analysis (CCA) ระหว่างไซเปอร์เมทรินคุณภาพน้ำและสาหร่ายสีเขียว



ภาพ 42 สรุปความสัมพันธ์ Pearson's correlation coefficient ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำ

ตาราง 7 ความสัมพันธ์ Pearson's correlation coefficient ระหว่างไซเปอร์เมทริน คุณภาพน้ำและสาหร่าย

ชื่อสปีชีส์	พารามิเตอร์คุณภาพน้ำ												cypermethrin
	Temp	pH	Turb	EC	DO	BOD	NH ₄	NO ₃	PO ₄ ⁴⁻	TCB	FCB	ChIA	
<i>C. astroideum</i>	0.279	-0.088	-0.108	-0.07	-0.007	0.149	0.468	-0.056	-0.263	-0.319	-0.327	0.890*	0.206
<i>P. duplex</i> var. <i>duplex</i>	0.480	-0.144	0.521	-0.27	-0.02	0.290	0.527	0.185	0.208	-0.180	-0.126	0.549	-0.553
<i>P. simplex</i> var. <i>echinulatum</i>	-0.037	0.181	-0.367	0.268	0.238	0.000	0.419	-0.367	-0.498	-0.242	-0.261	0.785	0.203
<i>P. duplex</i> var. <i>gracilimum</i>	0.152	0.068	-0.172	0.097	0.129	0.120	0.542	-0.180	-0.318	-0.228	-0.232	0.875*	0.103
<i>P. tetras</i> var. <i>tetraodon</i>	0.105	0.093	-0.229	0.142	0.146	0.110	0.540	-0.219	-0.352	-0.196	-0.204	0.862*	0.126
<i>C. moniliferum</i>	-0.047	-0.279	-0.275	0.032	-0.327	0.491	0.476	-0.008	0.1	0.86	0.833	-0.136	-0.212
<i>Sc. acutus</i>	0.18	-0.166	-0.328	0.017	-0.141	0.371	0.708	-0.091	-0.238	0.174	0.147	0.811	0.378
<i>Sc. armatus</i>	0.086	0.104	-0.24	0.161	0.156	0.11	0.543	-0.238	-0.36	-0.176	-0.184	0.879*	0.307
<i>Sc. longispina</i> var. <i>asymmetricus</i>	-0.028	0.001	-0.494	0.199	0.036	0.141	0.457	-0.305	-0.459	0	-0.039	0.833*	0.517
<i>Sc. quadricauda</i>	0.118	0.052	-0.289	0.112	0.102	0.096	0.5	-0.203	-0.39	-0.243	-0.26	0.939**	0.455

หมายเหตุ: * แสดงถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P>0.05)

** แสดงถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (P>0.01)

ตาราง 8 ความสัมพันธ์ Pearson's correlation coefficient ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำ

พารามิเตอร์	Temp	pH	Turb	EC	DO	BOD	NH ₄	NO ₃	PO ₃ ⁴⁻	TCB	FCB
pH	-.898*										
Turb	0.756	-0.546									
EC	-.966**	.939**	-0.758								
DO	-.847*	.990**	-0.473	.907*							
BOD	.844*	-.929**	0.501	-.823*	-.916*						
NH ₄	0.717	-0.699	0.314	-0.584	-0.671	.886*					
NO ₃	.936**	-.925**	0.763	-.988**	-.909*	.819*	0.560				
PO ₃ ⁴⁻	.837*	-.828*	.861*	-.901*	-0.808	0.787	0.505	.936**			
TCB	0.343	-0.629	0.142	-0.406	-0.68	0.77	0.605	0.462	0.564		
FCB	0.383	-0.644	0.216	-0.44	-0.687	0.789	0.619	0.498	0.615	.997**	
ChIA	0.487	-0.339	-0.04	-0.296	-0.297	0.415	0.697	0.216	-0.03	-0.06	-0.071

หมายเหตุ: * แสดงถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P>0.05)

** แสดงถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (P>0.01)

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผล

อภิปราย

1. การตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชไซเปอร์เมทริน

1.1 ช่วงเวลาในการใช้สารเคมี ผลการวิเคราะห์การตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชไซเปอร์เมทรินในน้ำผิวดินบริเวณพื้นที่ตรวจสอบสอดคล้องกับแนวทางปฏิบัติทางการเกษตรของเกษตรกรชาวสวนลิ้นจี่ที่มีการใช้สารไซเปอร์เมทรินในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม โดยการศึกษาพบการตกค้างของไซเปอร์เมทรินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม ระดับสารตกค้างสูงสุดถูกตรวจพบในเดือนมีนาคม โดยเฉพาะที่สถานี P4 โดยพบการตกค้างของไซเปอร์เมทรินสูงถึง 29.43 มิลลิกรัม/ลิตร ในเดือนเมษายนและพฤษภาคม ปริมาณการตกค้างของไซเปอร์เมทรินลดลงอย่างเห็นได้ชัด จากการศึกษาของเสาวนีย์ เสมาทอง และคณะ (2548) ระบุว่าไซเปอร์เมทรินเป็นสารกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้ในการกำจัดหนอนเจาะขี้ โดยจะมีการฉีดพ่นมากในเดือนมกราคมถึงเมษายน ในขณะที่ Jergentz, et al. (2005) ศึกษาการปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชบริเวณลำธารในพื้นที่เกษตรกรรม พบการตกค้างของไซเปอร์เมทรินในน้ำ 0.7 ไมโครกรัม/ลิตร และในตะกอน 150 ไมโครกรัม/ลิตร นอกจากนี้ Haron (2012) ยังพบการตกค้างของไซเปอร์เมทรินในแหล่งน้ำมีความเข้มข้น 3,970 ไมโครกรัม/ลิตร ในการศึกษาพบการตกค้างของไซเปอร์เมทรินสูงสุดคือ 29.27 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งสูงกว่ารายงานถึง 7.5 เท่า การพบปริมาณการตกค้างที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการใช้สารเคมีของเกษตรกร ความสัมพันธ์ของช่วงการตรวจวิเคราะห์และการใช้สาร รวมถึงพื้นที่เพาะปลูกและปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมของพื้นที่นั้น ๆ

ผลการวิเคราะห์นี้บ่งชี้ว่าช่วงระยะเวลาการใช้สารกำจัดศัตรูพืชไซเปอร์เมทรินเป็นปัจจัยหลักในการปนเปื้อนของแหล่งน้ำ การปนเปื้อนของตัวอย่างน้ำที่มีสารกำจัดศัตรูพืชที่มีความเข้มข้นสูง แสดงให้เห็นว่ามีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในปริมาณมาก (Jayasiri, et al., 2022) นอกจากนี้ Vryzas, et al. (2009) กล่าวว่าช่วงเวลาหลังฝนตกจะสามารถตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างได้ในความเข้มข้นที่สูงขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยนี้ เนื่องจากช่วงเดือนมีนาคมมีพายุไซร่อนเกิดขึ้น ส่งผลให้มีฝนตกหนักในหลายภูมิภาครวมถึงในพื้นที่เก็บตัวอย่าง (กรมอุตุฯ, 2565)

1.2 ลักษณะของพื้นที่

1.2.1 ความสูง ความสูงของพื้นที่เป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญในการกำหนดระดับการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าสถานี P1-P3 ที่ซึ่งเป็นบริเวณต้นน้ำผ่านสวนลั่นจี่มายังบริเวณบ่อเลี้ยงปลา มีลักษณะพื้นที่ทางภูมิศาสตร์เป็นทางลาดชัน พบปริมาณสารไซเปอร์เมทรินตกค้างต่ำกว่าสถานี P4-P6 (พื้นที่การเกษตร, ชุมชน และจุดรวมน้ำ) เนื่องจากความแตกต่างทางความสูงของพื้นที่ Sangchan, et al. (2014) กล่าวว่า การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในพื้นที่ภูเขาจะทำให้เกิดการถ่ายโอนสารกำจัดศัตรูพืชสู่ผิวดินเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากพื้นที่ที่มีความลาดชัน เมื่อฝนตกและมีปริมาณน้ำฝนมากจะทำให้เกิดการไหลบ่าและการชะล้างสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ทำให้เกิดการนำสารกำจัดศัตรูพืชจากพื้นที่การใช้งานไปสู่การปนเปื้อนสิ่งแวดล้อมใกล้เคียงได้

1.2.2 จุดรวมน้ำ สถานี P6 (จุดรวมน้ำอิง) ในทุกเดือนที่ตรวจพบสารไซเปอร์เมทรินมีรูปแบบปริมาณการตกค้างที่แตกต่างจากสถานีอื่น ๆ โดยอาจเป็นจุดที่มีการรวมกันของแหล่งน้ำ (แม่เหี้ยยนและแม่ตุ้ม) ซึ่งอาจส่งผลต่อปริมาณการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช โดยที่สถานี P6 ระดับการตกค้างมีการผกผันเมื่อเทียบกับสถานี P5 การวิจัยของ Fijałkowska, et al. (2022) ระบุว่า ความเข้มข้นของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชจะลดลงเมื่อระยะห่างจากพื้นที่การใช้สารเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การรวมตัวกันของแม่น้ำสองสายสามารถเพิ่มหรือลดความเข้มข้นของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของน้ำที่รวมกัน (Sun, et al., 2022)

1.3 ระยะเวลาการตกค้าง

สารกำจัดศัตรูพืชไซเปอร์เมทรินเป็นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มไพรีทรอยด์ สารชนิดนี้มีค่าครึ่งชีวิตในน้ำมากกว่า 50 วัน ในดิน 30 วัน และจะสลายตัวอย่างรวดเร็วเมื่อโดนแสง โดยมีค่าครึ่งชีวิตอยู่ที่ 8-16 วัน การทดสอบน้ำในห้องปฏิบัติการพบว่าความเข้มข้นของสารจะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากการดูดซับของตะกอน, อนุภาคแขวนลอยและพืช (NPIC, 1988; The Department of Natural Resources and Environment Tasmania, 2016) นอกจากนี้การย่อยสลายไซเปอร์เมทรินในน้ำยังได้รับอิทธิพลจากตัวแปรต่างๆในสิ่งแวดล้อม เช่น pH อุณหภูมิ การสัมผัสรังสี และการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในธรรมชาติ เป็นต้น (Huang, et al., 2018) จากข้อมูลข้างต้นอาจเป็นปัจจัยในการตรวจไม่พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตั้งแต่เดือนมิถุนายนจนถึงเดือนธันวาคม เนื่องจากมีความสอดคล้องกับระยะห่างของช่วงเวลาที่มีการใช้สารไซเปอร์เมทรินในพื้นที่สวนลั่นจี่ การศึกษานี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของรัศมี แสงศิริ มงคลยิ่ง และคณะ (2558) ที่ได้ศึกษาการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในแหล่งน้ำ พบว่า

มีการปนเปื้อนในแหล่งน้ำสูงในช่วงที่มีการใช้สารเคมีของเกษตรกร ในขณะที่ตรวจไม่พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในบางสถานี หลังการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช 4 เดือน

2. คุณภาพน้ำทางเคมี กายภาพและชีวภาพ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2565 ทั้ง 12 พารามิเตอร์ พบว่าอุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 20 ถึง 30 องศาเซลเซียส กรมควบคุมมลพิษ (2557) ระบุว่า อุณหภูมิของน้ำจะเป็นไปตามอุณหภูมิของธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศมีอิทธิพลอย่างมากต่อสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้นเป็นผลมาจากอุณหภูมิอากาศที่เพิ่มขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับฤดูกาล ระดับความสูง และสภาพภูมิประเทศ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ กระแสลม ความลึก ปริมาณสารแขวนลอย หรือความขุ่น และสภาพแวดล้อมทั่ว ๆ ไปของแหล่งน้ำ (Gizinska and Sojka, 2023) การเปรียบเทียบรายสถานีแสดงให้เห็นว่าสถานี P1 มีอุณหภูมิน้ำต่ำที่สุด และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสถานีถัดไป เนื่องจากสถานี P1 อยู่ในระดับภูมิประเทศที่เป็นเชิงเขาที่สูงกว่าสถานีอื่น ๆ และสภาพแวดล้อมยังเป็นน้ำตกและมีป่าไม้หนาแน่น ในขณะที่สถานีอื่น ๆ มีระดับความสูงและพื้นที่ป่าไม้ลดลง มีการแทนที่ด้วยพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนเมือง งานวิจัยของ Wanderley, et al (2019) ระบุว่าระดับความสูงมีผลต่ออุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส และพื้นที่ ๆ มีป่าลดลงจะส่งผลให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น นอกจากนี้สถานีอื่น ๆ ยังได้รับผลกระทบของอุณหภูมิน้ำจากความเข้มข้นของแสงอาทิตย์ หรือกิจกรรมของมนุษย์ ทำให้อุณหภูมิน้ำสูงขึ้น

มาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินกำหนดค่าความเป็นกรด-ด่างต้องอยู่ในช่วง 5-9 (กรมควบคุมมลพิษ, 2557) โดยทั่วไปแล้วในแหล่งน้ำธรรมชาติมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วงดังกล่าว ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมหลายประการประกอบกันจากการศึกษา ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม 2565 อยู่ในช่วง 5.09-8.2 ฤดูหนาวและฤดูร้อนมีค่าความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียงกัน ในฤดูฝนพบค่าความเป็นกรด-ด่างมีความผันผวนค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในเดือนกรกฎาคมซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกในปริมาณมาก (กรมอุตุฯมหาวิทยาลัย, 2566) พบค่า pH ของน้ำต่ำที่สุดอยู่ในระดับ 6.0 ข้อมูลจาก Fondriest Environmental (2024) ระบุว่าค่า pH สามารถผันผวนตามปริมาณฝนได้ โดยฝนทั่วไปจะมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.6) หากฝนตกลงมาในแหล่งน้ำที่มีบัพเพอร์ไม่ดี ค่า pH ของน้ำอาจลดลงได้ ในขณะเดียวกันยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อความผันผวนของ pH เช่น ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ การสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ และการสลายตัว นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลง pH ของน้ำสามารถเพิ่มความสามารถในการละลายของฟอสฟอรัสและสารอาหารอื่น ๆ ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่พบระดับของออร์โธฟอสเฟต

สูงสุดในเดือนกรกฎาคม เมื่อเปรียบเทียบรายสถานีพบว่า pH สูงสุดที่สถานีต้นน้ำและมีแนวโน้มลดลงจนถึงสถานี P6 การเกิดมลภาวะจากการเกษตรและชุมชนสามารถเพิ่มหรือลดค่า pH ได้ ขึ้นอยู่กับสารเคมีที่เกี่ยวข้อง สารเคมีเหล่านี้อาจมาจากการไหลบ่าทางการเกษตรและการปล่อยน้ำเสียที่มีฟอสฟอรัสและผลิตภัณฑ์ที่ทำจากสบู่ (Fondriest Environmental, 2024) ซึ่งอาจทำให้แหล่งน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงค่า pH อย่างไรก็ตามค่าที่พบในการศึกษานี้ยังเป็นไปตามมาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด

ค่าการนำไฟฟ้า เป็นการวัดความสามารถของสารละลายในการนำกระแสไฟฟ้า ค่าการนำไฟฟ้าจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้ 1. ความเข้มข้นทั้งหมดของสารที่แตกตัวเป็นไอออนได้เมื่อละลายอยู่ในน้ำ 2. การเคลื่อนที่ของไอออนในน้ำ 3. จำนวนประจุของไอออนที่ละลายในน้ำ 4. อุณหภูมิของน้ำในขณะตรวจวัด (ธารารัตน์ ตั้งจิตร์ และคณะ, 2562) ค่าการนำไฟฟ้าที่ยอมรับได้ในแหล่งน้ำจืดมีค่าประมาณ 150 – 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ซึ่งเป็นค่านำไฟฟ้าที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสมดุลความหลากหลายทางชีวภาพและพืชน้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2566) จากผลการวิเคราะห์ตลอดระยะเวลาการศึกษา พบค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 102.3–301.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ เมื่อพิจารณาตามฤดูกาล พบการนำไฟฟ้าของน้ำมีแนวโน้มลดลงในฤดูฝนและมีค่าต่ำสุดในเดือนกรกฎาคมเช่นเดียวกับค่า pH ข้อมูลจาก Fondriest Environmental (2024) ระบุว่า ฝนสามารถลดค่าการนำไฟฟ้าของแหล่งน้ำได้ เนื่องจากจะทำให้ความเข้มข้นของแข็งละลายน้ำเจือจางลง เมื่อพิจารณาตามรายสถานีพบว่าค่าการนำไฟฟ้ามีความสอดคล้องกับ pH โดยสถานี P1 และ P2 มีค่าการนำไฟฟ้าค่อนข้างสูงกว่าสถานีอื่น เนื่องจากเป็นบริเวณต้นน้ำมีภูมิประเทศมีความลาดเอียง ซึ่งส่งผลต่ออัตราการไหลของน้ำและการชะแร่ธาตุในตะกอนดินละลายลงสู่แหล่งน้ำ นอกจากนี้การมีอยู่ของสารประกอบที่ละลายในอนินทรีย์ เช่น คลอไรด์ ไนเตรต ซัลเฟต และฟอสเฟตแอนไอออนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการนำไฟฟ้า (U.S. EPA, 2012) ในขณะเดียวกันพบค่าการนำไฟฟ้าต่ำสุดที่สถานี P6 ซึ่งสถานี P6 มักมีการผันผวนของระดับน้ำเนื่องจากมีลักษณะพื้นที่ต่ำและเป็นแหล่งรองรับน้ำจากลำน้ำแม่เหยียนและแม่ตุ้ม เมื่อตรวจสอบผลการวิเคราะห์ในสถานี P6 (ภาคผนวก ก ตาราง 11) พบว่าค่าการนำไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้ในระดับต่ำกว่ามาตรฐานนั้นเกิดในฤดูฝน ช่วงฤดูฝนที่ยาวนานอาจส่งผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงต่ำกว่ามาตรฐานดังที่กล่าวในข้างต้น

เมื่อพิจารณาถึงค่าความขุ่น พบค่าความขุ่นตลอดการศึกษาอยู่ในช่วง 0.32–480.67 NTU ในช่วงฤดูฝนพบค่าเฉลี่ยความขุ่นสูงกว่าฤดูกาลอื่น ๆ โดยเฉพาะเดือนพฤษภาคมและมิถุนายนซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกหนัก (กรมอุตุฯ มหิทยา, 2566) มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของสุขสันต์ สุภาวงศ์ และปิยะดา วชิระวงศกร (2554) ที่ศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินใน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามใน 2 ฤดูกาล พบความขุ่นของน้ำในช่วงฤดูฝนสูงกว่าฤดูแล้ง อย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับการศึกษาคุณภาพน้ำเขื่อนสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานีของวีณา รองจะโปะ, สิริภรณ์ โพธิวิชยานนท์ และรุจิรัตน์ กิจเลิศพรไพโรจน์ (2652) พบค่าความขุ่นใน ฤดูฝนสูงกว่าฤดูอื่น ๆ ทั้งนี้ในฤดูฝนทำให้เกิดการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการชะล้างผิวดิน ความขุ่นของน้ำที่สูงขึ้นอาจมาจากปัจจัยนี้ เมื่อพิจารณาความขุ่นรายสถานี พบว่าสถานี P1 มีค่าความขุ่นน้อยที่สุดและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในสถานีถัดมา สถานีที่มีค่าความขุ่น สูงสุดคือสถานี P6 ซึ่งเป็นจุดรวมน้ำ การมาบรรจบกันของลำน้ำแม่เหียนกับลำน้ำอื่น ทำให้มี การชะล้างตะกอนดินและสารละลายต่าง ๆ จึงเป็นปัจจัยที่ทำให้น้ำขุ่น นอกจากนี้ความขุ่นยังมี ผลต่อสาหร่าย โดยตะกอนแขวนลอยจะบดบังแสงที่เป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญต่อการเจริญของ สาหร่าย (รัฐภูมิ พรหมณะ, 2557) ซึ่งสอดคล้องกับความอุดมสมบูรณ์ของสาหร่ายที่พบ ปริมาณเซลล์ในระดับค่อนข้างต่ำในสถานี P6

DO และ BOD เป็นดัชนีสิ่งแวดล้อมที่เป็นตัวชี้วัดสำคัญสำหรับการประเมินระบบ นิเวศของแม่น้ำ (Kumar and Kumar, 2005; Zhong, et al., 2021) จากการศึกษาพบปริมาณ DO เฉลี่ยต่ำสุดในรอบปีคือเดือนมีนาคมซึ่งอยู่ในช่วงฤดูร้อน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Liu, He and Cai (2020) ที่ศึกษาการแปรผันตามฤดูกาลของ DO โดยระบุว่า ในช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิ ของน้ำผิวดินจะเพิ่มสูงขึ้นจากการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ ส่งผลต่อความสามารถใน การละลายตัวของออกซิเจนในแหล่งน้ำ ในขณะที่อุณหภูมิน้ำที่สูงขึ้นในฤดูร้อนจะส่งผล ให้ปริมาณน้ำลดลงและปริมาณสารอาหารมีความเข้มข้นมากขึ้น โดยเกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ ทำให้พืชน้ำและสาหร่ายเจริญเติบโตได้ดี ส่งผลให้ความต้องการออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มมาก ขึ้นและเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันตามมา นอกจากนี้ความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายน้ำ จะได้รับผลกระทบอย่างต่อเนื่องจากการแพร่กระจายและการเติมอากาศ การสังเคราะห์ด้วย แสง การหายใจ และการสลายตัว (Fondriest Environmental, 2024) ข้อความดังกล่าวมีความ สอดคล้องตามปฏิกิริยาลูกโซ่กับการศึกษานี้คือ ในเดือนมีนาคมพบอุณหภูมิน้ำสูงขึ้น ปริมาณ สารอาหารโดยเฉพาะแอมโมเนียมีปริมาณสูง พบการบลูมของสาหร่ายในเดือนมีนาคมและ ระดับออกซิเจนละลายน้ำต่ำ เมื่อพิจารณาตามรายสถานี พบปริมาณ DO เฉลี่ยสูงสุดในสถานี P1 ซึ่งเป็นบริเวณต้นน้ำมีลักษณะเป็นน้ำตก โดย U.S. EPA (2012) ระบุว่า น้ำในแหล่งที่มีการ ไหลเวียนจะมีความสามารถละลายออกซิเจนมากกว่าน้ำนิ่ง นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับระดับความ สูงและอุณหภูมิอีกด้วย ในขณะที่เดียวกันพบค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในสถานี P5 รองลงมาคือ P4 และ P6 (พื้นที่ชุมชน, พื้นที่เกษตรกรรม และจุดรวมน้ำ) ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชานนท์ วงศ์ลังกา, จุฑารัตน์ คำเงิน และสุชัญญา ทองเครือ (2565) ที่ศึกษาคุณภาพน้ำใน

คลองระบายน้ำจากการเกษตรและชุมชน การศึกษาพบปริมาณ DO ของพื้นที่ชุมชนต่ำกว่าพื้นที่เกษตรกรรม

การศึกษาปริมาณ BOD ตามช่วงของฤดูกาลพบว่าในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยของ BOD ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในเดือนพฤษภาคมและมิถุนายนซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกหนัก (กรมอุตุนิยมหาวิทยาลัย, 2566) ค่า BOD ที่ตรวจวัดได้สูงเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ที่ 4 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2566) นอกจากนี้ปริมาณ BOD ยังมีความสอดคล้องกับความชุ่มชื้นสูงสุดในช่วงนี้เช่นกัน ในช่วงฤดูฝนทำให้เกิดน้ำไหลบ่า ซึ่งจะมีการชะล้างตะกอน สารเคมี สารอินทรีย์ ฯลฯ รวมถึงแบคทีเรียลงสู่แหล่งน้ำ ในขณะที่เดียวกันความชุ่มชื้นจะยับยั้งการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชน้ำและสาหร่ายด้วยการปิดกั้นแสง และอาจทำให้พืชน้ำและสาหร่ายตายปริมาณออกซิเจนในน้ำก็จะลดลง (Fondriest Environmental, 2024) แบคทีเรียที่อยู่ในน้ำจะทำการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุเหล่านี้ ส่งผลให้ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ BOD ตามรายสถานี พบว่ามีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะสถานี P5 ซึ่งเป็นพื้นที่ชุมชนพบค่า BOD เฉลี่ยสูงที่สุดในขณะที่สถานี P3 P4 และ P6 พบค่าเฉลี่ยมากกว่า 2 มิลลิกรัม/ลิตร สอดคล้องกับการศึกษาคุณภาพน้ำในคลองบางใหญ่ จังหวัดภูเก็ตของสายธาร ทองพร้อม และจิรวรรณ เลนทัศน์ (2556) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระดับ BOD ในพื้นที่หลายแห่งมีค่าสูงกว่าสถานีต้นน้ำ โดยเฉพาะสถานีที่ไหลผ่านแหล่งชุมชนและสถานประกอบการต่าง ๆ ที่มีปล่อยน้ำทิ้งลงสู่คลองโดยไม่ผ่านการบำบัด นอกจากนี้ Verma and Singh (2013) กล่าวว่า แหล่งน้ำที่มีมลพิษปานกลางมีค่า BOD อยู่ระหว่าง 2 ถึง 8 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งสถานี P3 ถึง P6 มีค่า BOD ภายในช่วงที่กำหนด จึงจัดอยู่ในน้ำประเภทที่มีมลพิษปานกลาง จากภาพรวมสามารถสรุปได้ว่าปริมาณ DO และ BOD มีความสัมพันธ์แบบผกผันกันและมีค่าที่โดดเด่นในพื้นที่ชุมชนที่เต็มไปด้วยขยะอินทรีย์ โดยเฉพาะขยะในครัวเรือนจากกิจกรรมของประชากรและสิ่งปฏิกูลจากสัตว์เป็นแหล่งของมลพิษอินทรีย์ที่มีอิทธิพลมากที่สุดต่อความเข้มข้นของ DO และ BOD (Verma and Singh, 2013)

เมื่อพิจารณาถึงสารอาหารในน้ำ ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ยในรายเดือนมีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูร้อน อย่างไรก็ตามปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ยรายเดือนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบรายสถานี พบว่าสถานี P3 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.20 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาคือสถานี P5 เท่ากับ 0.19 มิลลิกรัม/ลิตร สถานี P3 เป็นพื้นที่บริเวณบ่อเลี้ยงปลา ซึ่งได้รับอิทธิพลจากการสะสมแอมโมเนียจากการขับถ่ายของปลาทำให้มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนสูง (Silva, et al., 2013) ในทำนองเดียวกันพื้นที่ชุมชน

จัดเป็นแหล่งกักกักน้ำดื่มที่สำคัญ การจัดการขยะที่ไม่เหมาะสม เช่น การทิ้งเศษอาหารลงแหล่งน้ำใกล้เคียง ซึ่งก่อให้เกิดเป็นขยะอินทรีย์ในแหล่งน้ำโดยมีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบจะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย ในขณะที่เดียวกันปริมาณของไนเตรทไนโตรเจนช่วงต้นของฤดูฝนมีปริมาณสูงกว่าฤดูหนาว (เดือนมกราคม-กุมภาพันธ์) และฤดูร้อน (เดือนมีนาคม-ต้นเดือนพฤษภาคม) เพียงเล็กน้อย จากนั้นมีแนวโน้มค่อย ๆ สูงขึ้นและเห็นได้อย่างชัดเจนในเดือนกันยายนและตุลาคม และสูงต่อเนื่องจนกระทั่งเข้าสู่ฤดูหนาวอีกครั้ง (พฤศจิกายน-ธันวาคม) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าฤดูฝนเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดในการทำเกษตร เนื่องจากเป็นช่วงที่ฝนตกและไม่มีปัญหาขาดแคลนน้ำ ปฏิเสธไม่ได้ว่าการเกษตรในปัจจุบันมีการพึ่งพาปุ๋ยเป็นหลัก โดย Stubbs (2016) ระบุว่าในพื้นที่เกษตรกรรม ปุ๋ยเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อพืช ซึ่งประกอบไปด้วยธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ดังนั้นการพบปริมาณไนเตรทไนโตรเจนสูงในช่วงหน้าฝนจึงเป็นเรื่องที่ไม่ได้เหนือความคาดหมาย นอกจากนี้การพบปริมาณไนเตรทไนโตรเจนสูงในช่วงฤดูหนาวปลายปี อาจเกิดจากการสะสมของสารอาหารในช่วงฤดูฝนเมื่อเข้าสู่ฤดูหนาวที่มีความแห้งแล้งของสภาพอากาศ ส่งผลให้ปริมาณน้ำลดลงและมีความเข้มข้นของสารอาหารที่สะสมไว้ในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยเกินความต้องการของพืช อาจทำให้สารอาหารเหล่านี้เกิดการตกค้างสู่แหล่งน้ำได้ดังที่พบในสถานี P4 ซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมีปริมาณไนเตรทไนโตรเจนสูงขึ้นมาสูงกว่าเท่าตัวของสถานี P3 ในขณะที่เดียวกันน้ำที่ไหลผ่านสถานี P5 พบปริมาณไนเตรทไนโตรเจนลดลงเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบปริมาณของไนเตรทไนโตรเจนที่สูงขึ้นในสถานี P6 อาจเป็นผลมาจากการรวมกันของแหล่งน้ำที่มีค่าไนเตรทไนโตรเจนสูงเช่นเดียวกันกับลำน้ำที่ศึกษา ซึ่งมีการไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรมและนาข้าว การศึกษาของ Gu and Yang (2022) ระบุว่าปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่า 60% ที่ใช้กับนาข้าวจะสูญเสียไปในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจน ไนเตรตไนโตรเจน และไนตรัสออกไซด์ แทนที่จะถูกดูดซับโดยต้นข้าว

นอกจากนี้ยังพบประเด็นที่น่าสนใจเกี่ยวกับการเชื่อมโยงระหว่างปริมาณแอมโมเนียและไนเตรทจากการเกิดวัฏจักรไนโตรเจนในระบบนิเวศแห่งนี้ กล่าวคือการพบปริมาณแอมโมเนียสูงสุดในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน อาจส่งผลต่อปริมาณไนเตรทที่มีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงเดือนกันยายนถึงธันวาคม หรือการพบปริมาณแอมโมเนียสูงในสถานี P3 และ P5 ส่งผลต่อปริมาณไนเตรทในสถานี P4 และ P6 โดยเกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) ที่แบคทีเรียนำแอมโมเนียไปใช้เป็นแหล่งพลังงานทำให้เกิดเป็นไนไตรต์และเปลี่ยนเป็นไนเตรตในเวลาต่อมา (เทพวิฑูรย์ ทองศรี, 2560) ในด้านพื้นที่การสะสมของ

แอมโมเนียจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนเตรทและถูกเคลื่อนย้ายไปในพื้นที่ ๆ ต่ำกว่าตามเส้นทางการไหลของน้ำ

เมื่อพิจารณาปริมาณออกซิฟอสเฟต พบว่ามีรูปแบบเดียวกันกับไนเตรทไนโตรเจน โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อแหล่งน้ำมีการไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรม ชุมชน และจุดรวมน้ำ (P4, P5 และ P6) ปุ๋ยที่มาจากเกษตรและสารประกอบจากฟอสฟอรัสที่มาจากผลิตภัณฑ์ผงซักฟอกในชุมชนเป็นสาเหตุหลักของการตรวจพบปริมาณออกซิฟอสเฟตในระดับสูง

ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์บ่งบอกถึงมวลชีวภาพของสาหร่ายและปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (Horn, 1992) โดยสามารถจัดจำแนกประเภทของแหล่งน้ำตามระดับคลอโรฟิลล์ เอ ได้ดังนี้ สถานี P1 และ P2 จัดเป็น Oligotrophic waters หมายถึง แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์น้อย ขณะที่สถานี P5 และ P6 จัดเป็น Mesotrophic waters หมายถึง แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และสถานี P3 และ P4 จัดเป็น Eutrophic waters หมายถึง แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์มาก สถานี P3 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูงสุด บ่งชี้ถึงแหล่งน้ำเต็มไปด้วยสารอาหารทำให้เกิดสาหร่ายบลูม (Istvánovics, 2009) นอกจากนี้ การบลูมของสาหร่ายในสถานี P3 ยังสอดคล้องกับปริมาณแอมโมเนียที่วิเคราะห์ได้สูงสุดที่สถานีนี้เช่นกัน ซึ่งแอมโมเนียเป็นหนึ่งในสารอาหารสำคัญจัดอยู่ในกลุ่มของไนโตรเจนที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย (Li, et al., 2012; Ni, et al., 2012)

ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เป็นดัชนีชี้วัดการเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ จากการศึกษาปริมาณของแบคทีเรียทั้งหมดและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีค่าเฉลี่ยในฤดูฝนสูงกว่าฤดูอื่น ๆ โดยเฉพาะเดือนกรกฎาคม ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของดวงฤดี ศุภติมัสโร (2556) ที่ศึกษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำสำคัญของจังหวัดอยุธยา พบว่า ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในฤดูฝน มีค่าสูงกว่าฤดูอื่น ๆ เนื่องจากเมื่อมีฝนตกจะเกิดการไหลบ่าหน้าดิน นอกจากจะนำอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารลงสู่แหล่งน้ำแล้ว ยังมีจุลินทรีย์ตามผิวดินที่ไหลบ่ามากับน้ำด้วย เมื่อเปรียบเทียบตามสถานี พบว่าปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรียสูงสุดอยู่ที่สถานี P5 มากถึง 46,000 และ 21,000 MPN/100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งเกินมาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดไว้สูงสุดที่ 20,000 และ 4,000 MPN/100 มิลลิลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2557) การพบปริมาณที่สูงนี้บ่งชี้ถึงการปนเปื้อนในแหล่งน้ำด้วยสิ่งปฏิกูล ของเสียจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยการระบายของเสียเหล่านี้ลงท่อระบายน้ำหรือแหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ได้มีการบำบัด (Sirianuntapiboon, 2020)

เมื่อประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) ในแง่ของฤดูกาลพบว่าฤดูหนาวคะแนนคุณภาพน้ำเฉลี่ยอยู่ในระดับพอใช้-ดี ฤดูร้อนจัดอยู่ในเกณฑ์พอใช้ และฤดูฝนในช่วงต้น (เดือนพฤษภาคม) คะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับเสื่อมโทรม ในขณะที่ช่วงกลางถึงปลายฤดูคะแนนคุณภาพน้ำอยู่ในช่วงพอใช้-ดี ผลการวิเคราะห์นี้ชี้ให้เห็นว่าฤดูกาลมีผลต่อคะแนนคุณภาพน้ำ อย่างไรก็ตาม ในแต่ละเดือนมีช่วงคะแนนคุณภาพน้ำที่ค่อนข้างกว้าง แสดงให้เห็นถึงปัจจัยทางพารามิเตอร์ที่นำมาคำนวณคะแนน และสถานีเก็บตัวอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งพารามิเตอร์โคลิฟอร์มแบคทีเรีย DO BOD และแอมโมเนียที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในสถานี P5 ที่เป็นพื้นที่ชุมชน ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้คะแนนคุณภาพน้ำต่ำ เมื่อพิจารณารายสถานี พบว่าคุณภาพน้ำเฉลี่ยของสถานี P1 (น้ำตกแม่เหิยน) จัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำดีมาก รองลงมาคือสถานี P2 (สวนลิ้นจี่) จัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำดี ถัดมาคือสถานี P3 (บ่อปลา) และสถานี P4 (พื้นที่เกษตรกรรม) จัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำพอใช้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของอรรมพร ประชานุรักษ์ และปรารธนา ประชานุรักษ์ (2562) ที่ประเมินคุณภาพน้ำคลองส่งน้ำเพื่อใช้ในการเกษตร โดยสถานีที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและเกษตรกรรมประเมินคุณภาพน้ำอยู่ในระดับดี-พอใช้ ถึงแม้ว่าสถานี P6 (จุดรวมน้ำอิง) จะมีคะแนนคุณภาพน้ำสูงกว่าสถานี P5 (พื้นที่ชุมชน) แต่คะแนนโดยรวมยังอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำ ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม สอดคล้องกับรายงานของสุรางคนา ตรังคานนท์ และคณะ (2566) ระบุว่า น้ำทิ้งจากการเกษตรและชุมชนส่งผลให้เกิดมลพิษทางน้ำ โดยค่า WQI ของแหล่งน้ำจะมีคะแนนที่ต่ำ และแหล่งน้ำอยู่ในคุณภาพเสื่อมโทรม จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าคะแนนคุณภาพน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญจากสถานี P1 จนถึงสถานี P5 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงในการใช้ที่ดินและกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การประมง เกษตรกรรม และชุมชนที่อยู่อาศัย ทำให้คุณภาพน้ำแยลง นอกจากนี้การที่คะแนนคุณภาพน้ำเพิ่มขึ้นในสถานี P6 อาจเกิดจากการรวมกันของลำน้ำสายอื่นที่มีคะแนนคุณภาพน้ำดีกว่าลำน้ำที่ศึกษา จึงทำให้คะแนนคุณภาพน้ำในสถานีนี้สูงขึ้น นอกจากนี้ลักษณะของแหล่งน้ำที่ได้จากการประเมินดัชนีคุณภาพน้ำ WQI ยังมีความสอดคล้องกับกระบวนการฟอกตัวของแหล่งน้ำ (Self-purification) ข้อมูลจากจักรพันธ์ โพธิพัฒน์ และภัทร ศรีสุวรรณ (2561) ระบุว่า การฟอกตัวของแหล่งน้ำจะมีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกับคุณภาพน้ำ แหล่งน้ำจะมีศักยภาพในการควบคุมระบบต่าง ๆ ให้มีความสมดุลและเกิดการหมุนเวียนของระบบนิเวศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งน้ำที่มีการไหลอยู่ตลอดเวลา เช่นเดียวกับการศึกษานี้ โดยสถานี P1 และ P2 แหล่งต้นน้ำเป็นเขตที่มีสภาพแหล่งน้ำปกติ (Clean zone) ถัดมาสถานี P3 P4 และ P5 (บ่อปลา, พื้นที่เกษตรกรรม และชุมชน) เป็นทั้งเขตที่มีการสลายตัว (Decomposition zone) และเขตที่มีการเน่าเสีย (Septic zone) ซึ่งเกิดจากการปล่อย

สารอินทรีย์ต่าง ๆ ลงสู่แหล่งน้ำ จุลินทรีย์จึงนำออกซิเจนที่ละลายน้ำไปใช้ ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) มีแนวโน้มลดลงและพบปริมาณ BOD เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษา DO และ BOD ในครั้งนี้ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของจักรพันธ์ โปธิพัฒน์ และภัทร ศรีสรवल (2563) ที่ระบุว่าพื้นที่เกษตรกรรมมีอิทธิพลต่อการฟอกตัวของแหล่งน้ำจากการพบ BOD ในปริมาณสูง บ่งบอกถึงความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ ในขณะที่สถานี P6 จุดรวมน้ำอิง พบคุณภาพน้ำดีขึ้น จัดเป็นเขตฟื้นตัว (Recovery zone) การรวมกันของแหล่งน้ำเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการฟอกตัวของแหล่งน้ำ โดยจะทำให้เกิดการเจือจางสารอินทรีย์ให้ลดลง ส่งผลให้ปริมาณแบคทีเรียลดจำนวนลงตามไปด้วย (พงค์ธร บรรณโคภิชฐ์, พรรณวดี ชำรงหวัง และปัทมา ทิพรส, 2550) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญจากสถานี P5 ไปยังสถานี P6 (ภาคผนวก ง ภาพ 44)

โดยสรุปการประเมินคุณภาพน้ำ WQI จากการศึกษานี้พบว่า การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลมีผลต่อคะแนนคุณภาพน้ำ อย่างไรก็ตามความแตกต่างเชิงพื้นที่และกิจกรรมในแต่ละพื้นที่เป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อคะแนนคุณภาพน้ำ ดังนั้นเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำจึงพบว่าพื้นที่ที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำมากกว่าฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงไป

3. ความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียว

3.1 องค์ประกอบของสาหร่ายสีเขียว องค์ประกอบของสาหร่ายในแหล่งน้ำขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางสิ่งแวดล้อมหลายปัจจัยทั้งพื้นที่ ฤดูกาล และสภาวะของแหล่งน้ำ นอกจากความหลากหลายชนิดแล้วปริมาณเซลล์ยังบ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำที่เต็มไปด้วยสารอาหาร จากการศึกษานี้พบสาหร่ายสีเขียว จินัสที่พบมากที่สุด คือ *Scenedesmus* sp., *Cosmarium* sp., *Closterium* sp., *Staurastrum* sp. และ *Pediastrum* sp. ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของปฐมพร มณีวรรณ และคณะ (2560) ได้ศึกษาความหลากหลายชนิดของสาหร่ายในแหล่งน้ำ ค่ายวีรวัฒน์โยธิน จังหวัดสุรินทร์ พบ *Scenedesmus* sp. และ *Cosmarium* sp. เป็นสาหร่ายชนิดเด่น เช่นเดียวกับการศึกษาของสิริพร ยศแสน และปริญญา มุลสิน (2558) พบ *Closterium* sp. เป็นสาหร่ายชนิดเด่นที่พบในห้วยสำราญ จังหวัดศรีสะเกษ ในขณะที่ธนศักดิ์ สอนพรม และคณะ (2560) ศึกษาความหลากหลายชนิดของสาหร่ายน้ำจืดในอ่างเก็บน้ำห้วยแก้ว จังหวัดสุรินทร์ พบ *Cosmarium* sp. และ *Staurastrum* sp. เป็นสาหร่ายชนิดเด่น นอกจากนี้ยังพบ *Pediastrum* sp. ในการศึกษาด้วย Minhas, et al. (2023) ได้ศึกษาและจำแนกสาหร่ายในเขตเมืองราวัลปินดี ประเทศปากีสถาน พบสาหร่ายชนิดเด่นคือ *Scenedesmus* sp. และ *Cosmarium* sp.

จากงานวิจัยข้างต้นชี้ให้เห็นว่า *Scenedesmus* sp., *Cosmarium* sp., *Closterium* sp., *Staurastrum* sp. และ *Pediastrum* sp. เป็นสาหร่ายที่พบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำจืด โดยอาจมีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำได้ดี

3.2 ความอุดมสมบูรณ์ของสาหร่าย เมื่อเปรียบเทียบความอุดมสมบูรณ์ของสาหร่ายตามฤดูกาล การศึกษาสาหร่ายของ Ngearnpat, et al. (2018) ที่กว๊านพะเยา จ.พะเยา แสดงให้เห็นว่าสาหร่ายมีความอุดมสมบูรณ์ในฤดูฝนมากกว่าฤดูหนาวซึ่งตรงกันข้ามจากการศึกษาใน โดยในช่วงฤดูหนาว (เดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์) มีปริมาณความอุดมสมบูรณ์ของสาหร่ายมากกว่าฤดูฝน (กลางเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม) จากรายงานของ Mayakun and Prathep (2005) ระบุว่า ในช่วงฤดูแล้งจะพบสาหร่ายในปริมาณมากซึ่งอาจเนื่องมาจากความเข้มของแสงที่เพิ่มขึ้นและการสะสมของสารอาหารในฤดูฝน สาหร่ายจึงสามารถสังเคราะห์แสงได้มากขึ้นและมีอัตราการเจริญเติบโตได้ดีในฤดูแล้ง ในขณะที่เดียวกัน El-Din, et al. (2015) ได้ศึกษาแพลงค์ตอนพืชในแม่น้ำไนล์ คลองอิสไมเลียและท่อระบายน้ำเบลบาเซ ในประเทศอียิปต์ พบปริมาณสาหร่ายในฤดูร้อนมากกว่าฤดูหนาว และพบปริมาณสาหร่ายในแม่น้ำไนล์และคลองอิสไมเลียมีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่ท่อระบายน้ำเบลบาเซมีความเข้มข้นเซลล์ต่ำที่สุด บ่งชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ศึกษาที่แตกต่างกัน บริบทของแหล่งน้ำ ลักษณะของแหล่งน้ำและฤดูกาล เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของสาหร่าย นอกจากนี้ความอุดมสมบูรณ์ของสาหร่ายในช่วงเดือนมกราคม กุมภาพันธ์และ มีนาคมมีความสอดคล้องกับปริมาณการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ซึ่งมีแนวโน้มของปริมาณเซลล์และปริมาณการตกค้างไปในทิศทางเดียวกัน งานวิจัยของ Verasoundarapandian, et al. (2022) และ Morais, et al. (2022) ระบุว่า สาหร่ายมีศักยภาพในการบำบัดสารมลพิษจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการเกษตรได้ สาหร่ายสามารถใช้มลพิษเป็นแหล่งพลังงาน โดยใช้กลไกการย่อยสลายทางชีวภาพ, การสะสมทางชีวภาพและการดูดซึมทางชีวภาพ นี่อาจเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ทำให้พบปริมาณเซลล์ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์และ มีนาคมสูงกว่าช่วงเดือนอื่น ๆ ในขณะที่เดือนมกราคม กุมภาพันธ์และ มีนาคมพบเซลล์สาหร่ายในปริมาณที่สูง แต่กลับพบว่าเดือนเมษายนและพฤษภาคมจำนวนเซลล์มีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็ว การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันของสาหร่ายทำให้เกิดผลกระทบอย่างต่อเนื่องในระบบนิเวศ เมื่อสาหร่ายเหล่านี้ตายลง ซากสาหร่ายจะจมลงสู่ท้องน้ำ แบคทีเรียจะทำการย่อยสลายซากเหล่านี้ โดยการดึงออกซิเจนจากแหล่งน้ำมาใช้ในปริมาณมาก ทำให้แหล่งน้ำเกิดภาวะขาดออกซิเจน (คัตคณัฐ ชื่นวงศ์อรุณ และณภัทร ดนัย, 2563) ซึ่งมีความสอดคล้องกับปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ของเดือนพฤษภาคมที่พบว่ามีปริมาณเฉลี่ยสูงสุด

การศึกษาในเชิงพื้นที่แสดงความอุดมสมบูรณ์ของสาหร่ายที่พบมากที่สุดที่สถานี P3 แหล่งน้ำที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะมีปริมาณแอมโมเนียสูงกว่าแหล่งน้ำทั่วไป เกิดจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำและการย่อยสลายของอาหารสัตว์ที่เหลือจากการบริโภค โดยแอมโมเนียจัดเป็นสารอินทรีย์ไนโตรเจนที่จำเป็นต่อการเจริญของสาหร่าย (วราทิพย์ ดลสุจิต, 2566) นอกจากนี้ความอุดมสมบูรณ์ของสาหร่ายยังสอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอและปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้สูงสุดที่สถานีนี้เช่นกัน

3.3 ดัชนีความหลากหลาย (H') และความสม่ำเสมอ (J') ดัชนีความหลากหลาย (H') และความสม่ำเสมอ (J') ของสาหร่ายสูงสุดที่สถานี P3 มีสอดคล้องกับความอุดมสมบูรณ์ของเซลล์ เมื่อแบ่งตามฤดูกาลพบว่าดัชนีความหลากหลาย (H') และความสม่ำเสมอ (J') สูงสุดในฤดูร้อน ฤดูหนาว และฤดูฝน ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khuantairong and Traichaiyaporn (2008) ที่ศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชตามฤดูกาลในทะเลสาบคอยเต่า จังหวัดเชียงใหม่ โดยระบุว่า จำนวนชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในระดับสูง ซึ่งจะสูงในฤดูหนาว ฤดูร้อนและต่ำในฤดูฝน สารอาหารที่ถูกชะล้างสู่แหล่งน้ำร่วมกับปริมาณน้ำที่ลดลงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่นของแหล่งน้ำในฤดูร้อน (Sidabutar, Srimariana and Wouthuyzen, 2020; Su, et al., 2022)

4. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการตกค้างของไซเปอร์เมทริน คุณภาพน้ำและสาหร่าย

ปริมาณการตกค้างของไซเปอร์เมทริน คุณภาพน้ำและสาหร่ายถูกนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยวิธี Canonical Correspondence Analysis (CCA) และ Pearson's Correlation Coefficient ผลการวิเคราะห์ CCA จำแนกความสัมพันธ์ได้ทั้งหมด 3 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 พบความสัมพันธ์ของสถานี P3 (บ่อปลา) กับปริมาณการตกค้างของไซเปอร์เมทริน พารามิเตอร์คุณภาพน้ำ ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ, การนำไฟฟ้า, pH, DO และแอมโมเนียไนโตรเจน และยังมีความสัมพันธ์กับสาหร่าย 5 สปีชีส์ คือ *Pediastrum tetras* var. *tetraodon* *Pediastrum simplex* var. *echinulatum*, *Pediastrum duplex* var. *gracillimum*, *Scenedesmus acuminatus* และ *Scenedesmus quadricauda* นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ Pearson's correlation coefficient แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญของ pH, การนำไฟฟ้า และ DO การศึกษาของ Silva, et al. (2013) ระบุว่า การขับถ่ายของปลาในบ่อปลาทำให้เกิดการสะสมของแอมโมเนียในปริมาณสูง ซึ่งแอมโมเนียเป็นสารอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดต่อการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของสาหร่าย ส่งผลให้พบความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ในปริมาณที่สูง ในทางตรงกันข้ามการเพิ่มขึ้นของชีวมวลสาหร่ายจะส่งผลต่อปริมาณ DO

ในแหล่งน้ำ นอกจากนี้ปริมาณ DO ที่ลดลงยังสอดคล้องกับค่า pH และการนำไฟฟ้าที่มีแนวโน้มลดลงในสถานี P3 อย่างมีนัยสำคัญ จากรายงานของ Jankovská (2001) ระบุว่า *Pediastrum tetras*, *Pediastrum simplex* และ *Pediastrum duplex* เป็นสปีชีส์ที่มีความโดดเด่นในแหล่งน้ำจืดของพื้นที่ในเขตร้อน อีกทั้งยังมีความสามารถทนทานต่อระบบนิเวศสูงในขณะเดียวกัน Phinyo, Pekkoh and Peerapompisal (2017) รายงานว่า สาหร่าย *Scenedesmus* sp. เป็นสาหร่ายที่มักพบในแหล่งน้ำจืด โดยเฉพาะในน้ำที่มีคุณภาพน้ำปานกลางถึงสกปรก ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาที่ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ WQI แสดงให้เห็นว่าสถานี P3 คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์พอใช้ การพบความสัมพันธ์ระหว่างการตกค้างของไซเปอร์เมทรินและสาหร่ายในทิศทางบวกเป็นเรื่องที่เหนือความคาดหมายเนื่องจากหลายงานวิจัยระบุว่า สารกำจัดศัตรูพืชมีความเป็นพิษต่อเซลล์ของสาหร่าย (Xi, et al., 2019; Ou, et al., 2022; Su, et al., 2022) ในทางตรงกันข้ามกลับมีรายงานว่า สารกำจัดศัตรูพืชส่งเสริมการเจริญเติบโตของสาหร่ายโดยถูกนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานของเซลล์สาหร่ายเช่นกัน (Nie, Sun and Zhou, 2020; Morais, et al., 2022)

กลุ่มที่ 2 สถานี P5 (คลองผ่านชุมชนบ้านใหม่) มีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ 2 ชนิด ได้แก่ โคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟิคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และสาหร่าย 2 สปีชีส์ คือ *Scenedesmus acuminatus* และ *Scenedesmus longispina* var. *asymmetricus* นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ Pearson's correlation coefficient ยังแสดงความสัมพันธ์ของโคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟิคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในทิศทางบวก การขยายตัวของชุมชนและปศุสัตว์ที่มีการเลี้ยงระบบเปิด เป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ การศึกษาคุณภาพน้ำของกิตติชัย ดวงมาลัย และคณะ (2564) บ่งชี้ว่าพื้นที่ ๆ มีการจัดการน้ำเสียอย่างเป็นระบบจะสามารถลดปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟิคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้ นอกจากนี้ มัณฑกา วีระพงศ์, สุภาวดี งามสูตร และดำรงศัพันธ์ ใจห้าววีระพงศ์ (2023) ระบุว่า *Scenedesmus* sp. เป็นสาหร่ายสกุลหลักที่มักพบในแหล่งน้ำที่อยู่ในระดับปานกลาง-แย่ ซึ่งจะมีสารอาหารในปริมาณสูง สอดคล้องกับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ WQI พบคุณภาพของสถานี P5 อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม และยังสอดคล้องกับปริมาณสารอาหารได้แก่ แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟตที่พบในระดับที่ค่อนข้างสูงเช่นกัน

กลุ่มที่ 3 สถานี P6 (จุดรวมน้ำอิง) มีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ 3 ชนิด ได้แก่ ไนเตรทไนโตรเจน ออร์โธฟอสเฟตและความขุ่น และมีความสัมพันธ์กับสาหร่าย 1 สปีชีส์ คือ และ *Pediastrum duplex* var. *duplex* ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำจาก CCA สอดคล้องกับ Pearson's correlation coefficient คือ ไนเตรทไนโตรเจนมีความสัมพันธ์กับ

ออกซิฟอสเฟต และออกซิฟอสเฟตมีความสัมพันธ์กับความขุ่น งานวิจัยของ Villa, Fölster and Kyllmar (2019) ระบุว่าของแข็งแขวนลอยเป็นตัวพาสำคัญของสารมลพิษ เช่น ฟอสฟอรัส การไหลมารวมกันของแหล่งน้ำทำให้เกิดการชะดินโคลน ตะกอน หรือสารอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ลงสู่แหล่งน้ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระแสน้ำและปริมาณน้ำ ในขณะที่เดียวกันการพบปริมาณไนเตรท ไนโตรเจนและออกซิฟอสเฟตในระดับสูง อาจเป็นผลมาจากลำน้ำอื่นมีไหลผ่านพื้นที่การเกษตร และนาข้าว ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยกลุ่มไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงแล้วไหลมารวมกับลำน้ำแม่เหี้ยน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สถานี P6 มีปริมาณของไนเตรทไนโตรเจนและออกซิฟอสเฟตสูง นอกจากนี้ การพบสาหร่าย *Pediastrum duplex* var. *duplex* ในสถานีนี้ Jankovská (2001) และทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์ (ม.ป.ป.) ระบุว่า *Pediastrum duplex* เป็นสปีชีส์ที่พบได้ทั่วโลก มักพบอยู่ในแหล่งน้ำประเภท Oligotrophic–Mesotrophic waters และเป็นสาหร่ายที่มีความทนทานต่อระบบนิเวศสูง ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาที่ โดยสถานี P6 ถูกระบุสถานะของแหล่งน้ำจากการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เป็น Mesotrophic water

ปริมาณการตกค้างของไซเปอร์เมทริน คุณภาพน้ำและสาหร่ายถูกนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยวิธี Canonical Correspondence Analysis (CCA) และ Pearson's Correlation Coefficient เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของวิธีวิเคราะห์ อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ CCA แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของปริมาณการตกค้างของไซเปอร์เมทริน คุณภาพน้ำและสาหร่าย ในขณะที่ Pearson's Correlation Coefficient พบความสัมพันธ์เฉพาะสาหร่ายกับคุณภาพน้ำ และไม่พบความสัมพันธ์ร่วมกับไซเปอร์เมทริน การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทั้ง 2 วิธีให้ผลที่แตกต่างกัน จึงไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่า การตกค้างของไซเปอร์เมทรินมีความสัมพันธ์ต่อคุณภาพน้ำและสาหร่ายจริงหรือไม่ อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ Pearson's Correlation Coefficient ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำทั้ง 12 พารามิเตอร์แสดงความสัมพันธ์ที่มีรูปแบบคล้ายคลึงกับ CCA จึงสามารถนำมาใช้สนับสนุนผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์จาก CCA ได้

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เพิ่มเติมระหว่างการตกค้างของไซเปอร์เมทริน คุณภาพน้ำและสาหร่ายโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากรายเดือน วิเคราะห์โดยวิธีการ CCA (ภาคผนวก ง ภาพ 43) ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่น่าสนใจระหว่างการตกค้างของไซเปอร์เมทริน ปริมาณสารอาหารทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ไนเตรท แอมโมเนีย และออกซิฟอสเฟต และสาหร่าย *Pediastrum tetras* var. *tetraodon* ในเดือนมีนาคม ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการทดลองที่พบปริมาณการตกค้างของไซเปอร์เมทรินสูงสุดในเดือนมีนาคม การพบความสัมพันธ์ร่วมกับสารอาหารอาจเกิดจากเดือนมีนาคมพบค่าเฉลี่ยของสารอาหารทั้ง 3 ชนิดค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังพบว่าโครงสร้างสารประกอบของไซเปอร์เมทริน

($C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$) มีส่วนประกอบของไนเตรท (NO_3) สิ่งนี้อาจเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สนับสนุนความสัมพันธ์ดังกล่าว Whurman (1972) (อ้างโดย พงศ์ธร บรรณโคภิชู, พรรณวดี อารังหวัง และปัทมา ทิพรส, 2550) ให้ข้อมูลว่า การฟอกตัวเองของน้ำตามธรรมชาติ (natural purification water) เกิดจากกลไกทางธรรมชาติที่จะลดปริมาณของเสียหรือสิ่งปนเปื้อนในแหล่งน้ำจนเข้าสู่สภาวะปกติของลำน้ำ โดยเกิดจาก 4 กระบวนการ ได้แก่ 1) การย่อยสลายของจุลินทรีย์ 2) การลดจำนวนจุลินทรีย์โดยแสงอาทิตย์ 3) การเจือจางสารอินทรีย์ของน้ำจากการรวมกับแหล่งน้ำอื่น ๆ 4) องค์ประกอบด้านชีวภาพเป็นปัจจัยควบคุมประชากรของแหล่งน้ำ จากข้อมูลดังกล่าวเมื่อพิจารณาตลอดทั้งลำน้ำที่ทำการเก็บตัวอย่างจึงมีความเป็นไปได้ว่าระบบนิเวศของลำน้ำดังกล่าวมีศักยภาพในการทำหน้าที่นิเวศบริการโดยอาจเกิดการฟอกตัวของแหล่งน้ำจากการย่อยสลายไซเปอร์เมทรินโดยจุลินทรีย์ ในขณะเดียวกันสาหร่ายอาจนำสารอาหารที่ได้ไปใช้โดยเกิดกระบวนการสะสมทางชีวภาพและการดูดซึมทางชีวภาพ (Morais, et al., 2022) อาทิ บริเวณต้นน้ำสู่ปลายน้ำที่มีการถ่ายเทน้ำและสารซึ่งเป็นสภาวะที่มีออกซิเจน (Aerobic condition) ไนโตรเจนและฟอสเฟตจะถูกตรึงเข้าสู่เซลล์จุลินทรีย์เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ DNA ให้เกิดการสร้างเซลล์ใหม่ และเมื่ออยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน (Anaerobic condition) ไนโตรเจนจะถูกตรึงเข้าสู่เซลล์น้อยกว่าสภาวะมีออกซิเจนและส่งผลให้เกิดการตรึงฟอสฟอรัสลดลง จึงทำให้เกิดการสะสมอโรฟอสเฟตในลำน้ำตามจุดต่าง ๆ แตกต่างกันไป

สรุปผล

สารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในน้ำทางการเกษตรเป็นหนึ่งในปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ โดยเฉพาะสาหร่าย ซึ่งเป็นผู้ผลิตหลักในห่วงโซ่อาหาร การศึกษาการตกค้างของไซเปอร์เมทรินแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของระดับการตกค้างในช่วงเวลาการใช้สาร ระดับความสูงของพื้นที่และการใช้ประโยชน์ที่ดิน การปนเปื้อนของสารไซเปอร์เมทรินในแหล่งน้ำพบการตกค้างมากที่สุดในเดือนมีนาคมในสถานี P4 ซึ่งสอดคล้องกับช่วงเวลาที่เกษตรกรฉีดพ่นไซเปอร์เมทรินในปริมาณสูงสุด

การศึกษาคุณภาพน้ำด้านเคมี ภายภาคและชีวภาพ แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของฤดูกาลที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ โดยฤดูฝนส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างมีความผันผวนสูง กลับกันค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำและระดับความขุ่นของน้ำมีค่าสูงในฤดูกาลนี้ นอกจากนี้ฤดูฝนยังส่งผลทั้งในทางตรงและทางอ้อมต่อพารามิเตอร์เหล่านี้ ได้แก่ ปริมาณ BOD ออโรฟอสเฟตและไนเตรทไนโตรเจน รวมถึงปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟิโคลโคลิฟอร์ม

ให้มีค่าสูงกว่าฤดูกาลอื่น ๆ ในขณะที่เดียวกันฤดูร้อนทำให้อุณหภูมิน้ำสูงขึ้นและปริมาณน้ำลดลง ส่งผลทางอ้อมต่อปริมาณสารอาหาร โดยเฉพาะแอมโมเนียไนโตรเจนให้มีความเข้มข้นมากขึ้น พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันของสาหร่าย นอกจากนี้การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันยังทำให้ปริมาณ DO ลดลงด้วย การศึกษาคุณภาพน้ำในเชิงพื้นที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยรวมพบว่าสถานี P1 มีคุณภาพน้ำที่ดี และมีแนวโน้มของคุณภาพน้ำแยลงจนถึงแหล่งชุมชน ซึ่งพบพารามิเตอร์ที่มีความโดดเด่นและส่งผลต่อคุณภาพน้ำ ดังนี้ สถานี P3 ที่มีการทำบ่อเลี้ยงปลาแสดงถึงปริมาณของแอมโมเนียที่สูงกว่าพื้นที่อื่น และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่วัดได้ยังบ่งบอกถึงระดับสารอาหารของแหล่งน้ำ ซึ่งพบว่าอยู่ในระดับ Eutrophic waters ในขณะเดียวกันปริมาณออกซิฟอสเฟตและไนเตรทไนโตรเจนเฉลี่ยสูงขึ้นในพื้นที่เกษตรกรรม (P4) ในแหล่งชุมชน (P5) พบปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟิโคลโคลิฟอร์มสูงกว่าสถานีอื่นอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้ยังพบปริมาณ DO ต่ำและ BOD อยู่ในระดับสูง ซึ่งให้เห็นว่าพื้นที่ชุมชนควรมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) คะแนนคุณภาพน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญจากสถานีต้นน้ำ P1 จนถึงสถานี P5 และเพิ่มขึ้นในสถานี P6 โดยสรุปว่าน้ำในลำธารที่ไหลผ่านสวนลื่นจี้อยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำที่ดี อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการไหลผ่านพื้นที่ ๆ มีการทำกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทำการประมง เกษตรกรรมหรือผ่านชุมชนที่มีการอยู่อาศัยอย่างหนาแน่น จะทำให้คุณภาพน้ำแยลงอย่างชัดเจน นอกจากนี้การที่คะแนนคุณภาพน้ำเพิ่มขึ้นในสถานี P6 อาจเกิดจากการรวมกันของลำน้ำสายอื่นที่มีคะแนนคุณภาพน้ำดีกว่าลำน้ำที่ศึกษาจึงทำให้คะแนนคุณภาพน้ำในสถานีนี้สูงขึ้น

จากการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียว พบสาหร่ายทั้งหมด 198 สปีชีส์ โดยจิ้นส์ที่พบมากที่สุด คือ *Scenedesmus* sp. คิดเป็น 18.69% รองลงมาคือ *Cosmarium* sp. (18.18%), *Closterium* sp. (13.13%) *Staurastrum* sp. (7.58%) และ *Pediastrum* sp. (5.56%) สปีชีส์ที่มีความโดดเด่นในการกระจายตัวสูงสุดคือ *Pediastrum duplex* var. *duplex* ในขณะที่ *Pediastrum tetras* var. *tetraodon* มีความโดดเด่นด้านความอุดมสมบูรณ์ ปริมาณเซลล์เฉลี่ยสูงสุดอยู่ในช่วงฤดูร้อนที่สถานี P3 ซึ่งมีความสอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และยังสอดคล้องกับดัชนีความหลากหลาย (H') และความสม่ำเสมอ (J') ที่พบสูงสุดเช่นกัน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยวิธี Canonical Correspondence Analysis (CCA) แสดงให้เห็นว่า การตกค้างของไซเปอร์เมทรินมีความสัมพันธ์ต่อสาหร่าย *Pediastrum tetras* var. *tetraodon* *Pediastrum simplex* var. *echinulatum*, *Pediastrum duplex* var. *gracillimum*, *Scenedesmus*

acuminatus และ *Scenedesmus quadricauda* และพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ, การนำไฟฟ้า, pH, DO และแอมโมเนียไนโตรเจนที่สถานี P3 ในขณะที่เดียวกันการวิเคราะห์ Pearson's Correlation Coefficient พบความสัมพันธ์เฉพาะสาหร่ายกับคุณภาพน้ำ นอกจากนี้ Pearson's Correlation Coefficient ยังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำทั้ง 12 พารามิเตอร์ที่มีรูปแบบคล้ายคลึงกับ CCA จึงสามารถนำมาใช้สนับสนุนความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์ CCA ได้

ข้อเสนอแนะ

1. จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการตกค้างของไซเปอร์เมทริน คุณภาพน้ำ และสาหร่าย โดยวิธี Canonical Correspondence Analysis (CCA) และ Pearson's Correlation Coefficient ทั้ง 2 วิธีให้ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นการวิจัยในครั้งต่อไปควรเพิ่มการวิจัยส่วนของความเป็นพิษของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่อสาหร่ายในห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้ข้อมูลดังกล่าวสรุปผลว่าการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชส่งผลต่อคุณภาพน้ำและสาหร่ายจริงหรือไม่
2. การศึกษาความหลากหลายของสาหร่าย เนื่องจากลักษณะของพื้นที่ศึกษามีความแตกต่างกันทั้งความสูงของพื้นที่ และระบบนิเวศโดยรอบ จึงควรครอบคลุมไปถึงสาหร่ายกลุ่มอื่น ๆ นอกเหนือจากสาหร่ายสีเขียวเพียงกลุ่มเดียว

บรรณานุกรม

- กิตติชัย ดวงมาลัย, ปานตะวัน อภิรักษ์มนตรี, อรอนงค์ ผิวนิล, อลงกรณ์ อินทร์รักษา และอรทัย เชื้อวงษ์. (2564). การขยายขนาดชุมชนที่มีผลต่อคุณภาพน้ำในแม่น้ำเพชรบุรี. **The Public Health Journal of Burapha University**, 16(2), 1–16.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2557). **คู่มือการดำเนินการติดตามตรวจสอบคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน**. สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม 2564, จาก <http://iwis.pcd.go.th/officer/document/download/9/9.pdf>
- กรมควบคุมมลพิษ. (2563). **คุณภาพน้ำและมลพิษน้ำ**. สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2564, จาก <https://www.pcd.go.th/faqs/>
- กรมควบคุมมลพิษ. (2566). **คู่มือการเก็บตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อติดตามตรวจสอบความสมบูรณ์ของระบบนิเวศลุ่มน้ำ**. สืบค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2567, จาก https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2022/12/pcdnew-2022-12-23_07-55-42_430664.pdf
- กรมควบคุมโรค. (2553). **คู่มือเกษตรกรปลอดโรค สำหรับเกษตรกรและอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน**. ม.ป.ท.: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด
- กรมควบคุมโรค. (2557). **ผลกระทบต่อสุขภาพจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช**. สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2564, จาก <http://envocc.ddc.moph.go.th/contents/view/106>
- กรมชลประทาน. (2550). **คู่มือการปฏิบัติงานการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. สืบค้นเมื่อ 24 พฤศจิกายน 2563, จาก http://kmcenter.rid.go.th/kcresearch/MANUAL/water_analysis.pdf.
- กรมชลประทาน. (2561). **รายงานความคิดเห็นของโครงการ ฯ เกี่ยวกับวิธีการตรวจวัดคุณภาพน้ำ**. สืบค้นเมื่อ 11 เมษายน 2567, จาก <http://qwater.rid.go.th/report/file61/exam61/PDF/EQUIPPROB.pdf>
- การประปานครหลวง. (2557). **การนำไฟฟ้า (Conductivity) คืออะไรและมีความสำคัญอย่างไร**. สืบค้นเมื่อ 23 ตุลาคม 2563, จาก <https://web.mwa.co.th>.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2565). **สภาวะอากาศประเทศไทย เดือนมีนาคม 2565**. สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2566, จาก <https://www.tmd.go.th/media/climate->

monthly/%E0%B8%A1%E0%B8%99%E0%B8%B2%E0%B8%84%E0%B8%A1-25655.pdf

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2566). **ปริมาณฝนรายเดือนและรายปีของประเทศไทย พ.ศ. 2565**

เปรียบเทียบกับค่าปกติ (พ.ศ.2534-2563). สืบค้นเมื่อ 21 มีนาคม 2567, จาก <http://climate.tmd.go.th/gge/R-dev22.pdf>

คัตติณัฐ ชื่นวงศ์อรุณ และณภัทร ดนัย. (2563). **ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน**

(Eutrophication). สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2567, จาก <https://ngthai.com/science/30735/eutrophication/>

โพธิพัฒน์ และภัทร ศรีสรवल. (2561). **รายงานวิจัยการฟอกตัวของน้ำต่อคุณภาพน้ำตกในเขตอุทยานแห่งชาติของจังหวัดจันทบุรี**. จันทบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

โพธิพัฒน์ และภัทร ศรีสรवल. (2563). **คุณภาพน้ำและการฟอกตัวของธารน้ำจากอุทยานแห่งชาติในจังหวัดจันทบุรี**. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 25(2), 524-535.

ชานนท์ วงศ์ลังกา, จุฑารัตน์ คำเงิน และสุชัญญา ทองเครือ. (1-3 มีนาคม 2565). การศึกษาคุณภาพน้ำในคลองระบายน้ำจากการเกษตรและชุมชนในพื้นที่ตำบลแม่สุก อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 61**. (หน้า 1199-1206). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์. (ม.ป.ป.). **ความหลากหลายทางชีวภาพของ *Pediastrum* spp. ในแหล่งน้ำของประเทศไทยและคุณค่าทางโภชนาการ**. วิทยานิพนธ์ วท.ด. (จุลชีววิทยาประยุกต์), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

เทพวิฑูรย์ ทองศรี. (2560). ผลกระทบต่อไนโตรเจนต่อสิ่งแวดล้อม. **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ**, 190, 12-14.

ธารารัตน์ ตั้งจิตตร, วิภาดา หงษ์ทะนี, นงลักษณ์ ตั้งไพศาลกุล, ปทุมพร มานาม และธวัชชัย โลกะนัง. (2562). **ค่าการนำไฟฟ้ากับการประยุกต์ใช้งานในภาคอุตสาหกรรม**.

METROLOGY info, 21(w1), 1-5.

ชนศักดิ์ สอนพรม, ชีรศักดิ์ เพิ่มพร, สยาม ระโส และคุณภัทร ศรีศิลป์. (2560). **ความหลากหลายชนิดของสาหร่ายน้ำจืดในอ่างเก็บน้ำห้วยแก้ว อำเภอรัตนบุรี จังหวัดสุรินทร์**. *วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาร*, 39(2), 59-74.

นฤมล ตปนียะกุล และวาสนา คงสุข. (2563). **โคลิฟอร์มแบคทีเรีย**. สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2566, จาก <https://rldc.anamai.moph.go.th/th/km01/191930>

- เนติ เงินแพทย์. (2562). **คู่มือปฏิบัติการสาหร่ายวิทยา**. พะเยา: คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา.
- ปฐมพร มณีวรรณ, สุพัตรา บุญหนัก, คุณภัทร ประงเกียรติ และสยาม ระโส. (2560). ความหลากหลายชนิดของสาหร่ายยี่ดเกาะพีชน้ำ ติวี่ชั้นคลอโรไฟต้า ในแหล่งน้ำ ณ กองพันทหารราบที่ 3 กรมทหารราบที่ 23 ค่ายวีรวัฒน์โยธิน จังหวัดสุรินทร์. *Koch Cha Sarn Journal of Science*, 39(1), 83–97.
- พงศ์ธร บรรณโคภิชฐ์, พรรณวดี อ่างหวัง และปัทมา ทิพรส. (2550). **การฟอกตัวของน้ำธรรมชาติ บริเวณลุ่มน้ำคี่รีวง จังหวัดนครศรีธรรมราช**. สืบค้นเมื่อ 12 เมษายน 2567, จาก http://www.frc.forest.ku.ac.th/frcdatabase/bulletin/ws_document/R115002.pdf
- ไพฑูริย์ หมายมันสมสุข. (2553). **การวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม
- มันสิน ตันทูลเวศม์. (2555). **บีโอดี**. สืบค้นเมื่อ 7 ธันวาคม 2563, จาก <http://sane68.com/artemis/?p=823>
- มันทกา วีระพงศ์, สุภาวดี รามสูตร และดำรงพันธ์ ใจห้าววีระพงศ์. (2023). ความหลากหลายของสาหร่ายและดัชนีคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำสายหลัก จังหวัดนครศรีธรรมราช. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า**, 41(1), 70–80.
- ยุวดี พิรพรพิศาล. (2546). **สาหร่ายน้ำจืดในประเทศไทย**. (พิมพ์ครั้งที่ 2) เชียงใหม่: โชตนาพรินท์
- ยุวดี พิรพรพิศาล. (2559). **การใช้สาหร่ายเป็นดัชนีคุณภาพบ่งชี้คุณภาพน้ำ**. เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- รัฐภูมิ พรหมณะ. (2557). **Phycology**. พะเยา: สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา
- รัศมี แสงศิริมงคลยิ่ง, มลิสรา เวชยานนท์, ปภัสรา คุณเลิศ, และพรชนก ชโลปกรณ์. (2558). การศึกษาการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชสู่สิ่งแวดล้อมในวิทยาลัยชัยบาดาลพัฒนา. **วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร**, 10(2), 22–37.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. (2542). **แพลงก์ตอนพืช**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- วราทิตย์ ดลสุจิต, วรณพร แซ่เตี๋ย และไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ์. (2566). การเพาะเลี้ยง

- สาหร่ายเตา (*Spirogyra* sp.) ในโรงเรือนร่วมกับการใช้น้ำเลี้ยงปลาชนิด. **วารสาร วิทยาศาสตร์บูรพา**, 28(1), 570–587 .
- วิมลมาศ สดาร์ตัน. (2550). **คู่มือการปฏิบัติงานการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เรื่องการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางแบคทีเรีย**. สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2567, จาก http://kmcenter.rid.go.th/kcresearch/MANUAL/water_analysis.pdf
- วีณา ร่องจะโปะ, สิริภรณ์ โพธิวิษยานนท์ และรุจิรัตน์ กิจเลิศพรไพโรจน์. (2652). **การศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพในบริเวณพื้นที่ปกปักทรัพยากร อพ.สธ. – กฟผ. เขื่อนสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี**. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ศรัญญา ยิ้มย่อง. (2561). **ดัชนีชี้วัดคุณภาพเพื่อบ่งชี้คุณภาพของระบบนิเวศน้ำจืด**. **วารสาร วิทยาศาสตร์ มข.**, 46, 408–417.
- ศิริเพ็ญ ตรีชัยพร. (2543). **การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- สายธาร ทองพร้อม และจิราวรรณ เล่นทัศน์. (2556). **ผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำในคลองบางใหญ่ จังหวัดภูเก็ต**. **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ**, 16(3), 111–119.
- สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2563). **ข้อมูลพื้นฐานของจังหวัดพะเยา 2563**. สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2564, จาก <https://www.opsmoac.go.th/phayao-dwl-files-422791791189>
- สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ. (2564). **Dubai Municipality พบผลไม้ไทย สารพิษตกค้างเกินมาตรฐาน**. สืบค้นเมื่อ 21 พฤศจิกายน 2564, จาก https://www.ditp.go.th/contents_attach/752277/752277.pdf
- สิริพร ยศแสน และปริญญา มุลสิน. (2558). **การใช้เพลงก่ต่อนพืชชนิดเด่นในการบ่งชี้คุณภาพน้ำในห้วยสำราญ จังหวัดศรีสะเกษ**. **วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.**, 38(3), 295–309.
- สุขสันต์ สุภาวงศ์ และปิยะดา วชิระวงศกร. (2554). **คุณภาพน้ำผิวดินในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (สวนทะเลแก้ว) จังหวัดพิษณุโลก**. **Life Sciences and Environment Journal**, 12(1), 72–85.
- สุชาลินี อั้งสูงเนิน. (2558). **ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช**. **EAU Heritage Journal Science and Technology**, 9(1), 50–63.
- สุรางคณา ตรังคานนท์, วิชัยรัตน์ แก้วเจือ, นูรนาเดีย เส้นหมื่น, พรชิตา ชูอินทร์, ธนียา เกาศล

- และณัฐชา ไรยสุวรรณ. (24–26 พฤษภาคม 2566). การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำ: กรณีศึกษาคลองสามกองและคลองสำโรง จังหวัดสงขลา. ใน **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28** (หน้า 1–7). ภูเก็ต: สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.
- เสาวนีย์ เสมาทอง, กัลยา ซาพวง, มาลินี กิตกัาธร, สมชาย อิศระวานิชย์ และยงยุทธ สุขเกษม. (2548). สถิติการใช้สารเคมีทางการเกษตรในพื้นที่เกษตรกรรม บริเวณแม่น้ำประแสร์ จังหวัดระยอง. **Journal of Health Research**, 19(2), 133–144.
- อรรชพร ประชาอนุรักษ์ และปรารธนา ประชาอนุรักษ์. (2562). การประเมินคุณภาพน้ำคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวาในจังหวัดนครนายก. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**, 14(2), 98–109.
- อังสนา ฉั่วสุวรรณ และสังวาลย์ ราชธรรมมา. (2549). **ผลกระทบของแอมโมเนียต่อสัตว์น้ำ**. สืบค้นเมื่อ 7 ธันวาคม 2563, จาก http://www.dss.go.th/images/st-article/cp_10_2549_ammonia.pdf
- อาหารที่มีสารพิษตกค้าง. (18 กันยายน 2560). **ราชกิจจานุเบกษา**. 134(พิเศษ 228 ง). หน้า 8–10.
- อุไรรัตน์ รัตน์วิจิตร, วิทย์ ชารชลาณุกิจ, เกษม จันท์แก้ว และอรอนงค์ ผิวนิล. (2562). ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่ง จังหวัดเพชรบุรี. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**, 24, 203–215.
- APHA, AWWA and WAF. (1998). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington DC: American Public Health Association.
- Asselborn, V., Fernández, C., Zalocar., Y. and Parodi., E. R. (2015). Effects of chlorpyrifos on the growth and ultrastructure of green algae, *Ankistrodesmus gracilis*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 120, 334–341.
- Bruun, K. (2012). **Algae can function as indicators of water pollution**. Retrieved January 20, 2021, from <https://www.walpa.org/waterline/june-2012/algae-can-function-as-indicators-of-water-pollution/>
- Cleveland water. (2019). **Understanding Turbidity and Why it Matters**. Retrieved March 20, 2022, from <https://www.clevelandwater.com/news/understanding-turbidity-and-why-it-matters>

- Hannah, C., and Flint, E. A. (1986). **Flora of New Zealand: Freshwater Algae, Chlorophyta, Desmids with Ecological Comments on their Habitats, Volume 1.** Wellington New Zealand: V.R. Ward Govt.
- Diop, A., Diop, Y. M., Sarr, S. O., Ndiaye, B., Gueye, R., Thiam, K., et al. (2019). Pesticide Contamination of Soil and Groundwater in the Vulnerable Agricultural Zone of the Niayes (Dakar, Senegal). **Analytical Chemistry Letters**, 9(2), 168–181.
- elm25. (n.d.). **APES: Stream Self-Cleaning**. Retrieved April 12, 2024, from <https://quizlet.com/264922728/apes-stream-self-cleaning-diagram/>
- Fijałkowska, R. K., Dragon, K., Drozdzyński, D. and Gorski, J. (2022). Seasonal variation of pesticides in surface water and drinking water wells in the annual cycle in western Poland, and potential health risk assessment. **Scientific Reports**, 12(1), 3317.
- Fondriest Environmental. (2024). **Conductivity, Salinity & Total Dissolved Solids**. Retrieved March 16, 2024, from <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/#cond1>
- Fondriest Environmental. (2024). **Dissolved Oxygen**. Retrieved March 16, 2024, from <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/dissolved-oxygen/#9>
- Fondriest Environmental. (2024). **pH of Water**. Retrieved March 21, 2024, from <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/ph/>
- Gizinska, J. and Sojka, M. (2023). How Climate Change Affects River and Lake Water Temperature in Central-West Poland—A Case Study of the Warta River Catchment. **Atmosphere**, 14(2), 330.
- Gu, J., and Yang, J. (2022). Nitrogen (N) transformation in paddy rice field: Its effect on N uptake and relation to improved N management. **Crop Environ**, 1(1), 7–14.
- Haron, S. (2012). Pesticide Residue Levels in The Surface Water of The Irrigation Canals in The Muda Irrigation Scheme Kedah, Malaysia. **International Journal of Basic & Applied Sciences**, 12(6), 85–90.
- Horn, W. (1992). The control of eutrophication of lakes and reservoirs. **Internationale**

- Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie**, 77(1), 165–166.
- Hu, W., Xie, W., Chen, S., Zhang, N., Zou, Y., Dong, X., et al. (2014). Separation of Cis- and Trans-Cypermethrin by Reversed-Phase High-Performance Liquid Chromatography. **Journal of Chromatographic Science**, 53(4), 612–618.
- Huang, Y., Shen, Y., Zhang, S., Li, Y., Sun, Z., Feng, M., et al. (2022). Characteristics of Phytoplankton Community Structure and Indication to Water Quality in the Lake in Agricultural Areas. **Frontiers in Environmental Science**, 10, 1–14.
- Huang, Y., Xiao, L., Li, F., Xiao, M., Lin, D., Long, X., et al. (2018). Microbial Degradation of Pesticide Residues and an Emphasis on the Degradation of Cypermethrin and 3-phenoxy Benzoic Acid: A Review. **Molecules**, 23(9), 2313.
- Istvánovics, V. (2009). Eutrophication of Lakes and Reservoirs. In Gene, E. L. (Ed.), **Encyclopedia of Inland Waters**, (pp. 157–165). Oxford: Elsevier.
- Jankovská, V. (2001). **Review of the Green Algal Genus Pediastrum; Implication for Pollen-analytical Research**. Berlin: Stuttgart.
- Jayasiri, M. M., Yadav, S., Dayawansa, N. D. K., Propper, C. R., Kumar, V. and Singleton, G. R. (2022). Spatio-temporal analysis of water quality for pesticides and other agricultural pollutants in Deduru Oya river basin of Sri Lanka. **Journal of Cleaner Production**, 330, 129897.
- Jergentz, S., Mugni, H., Bonetto, C. and Schulz, R. (2005). Assessment of insecticide contamination in runoff and stream water of small agricultural streams in the main soybean area of Argentina. **Chemosphere**, 61(6), 817–826.
- Kevern, N. R., King, D. L. and Ring, R. (2004). **Lake Classification System–Part1**. Retrieved October 10, 2021, from <https://www.scribd.com/document/37227622/Lake-Classification-Systems>
- Khuantrairong, T., and Traichaiyaporn, S. (2008). Diversity and Seasonal Succession of the Phytoplankton Community in Doi Tao Lake, Chiang Mai Province, Northern Thailand. **Tropical Natural History**, 8(2), 143–156.
- Kumar, R. and Kumar, A. (2005). Water Analysis Biochemical Oxygen Demand. In Worsfold, P., Townshend, A., Poole, C. (Eds.), **Encyclopedia of Analytical Science**, (2nd ed., pp. 315–324). N.P.: Elsevier.

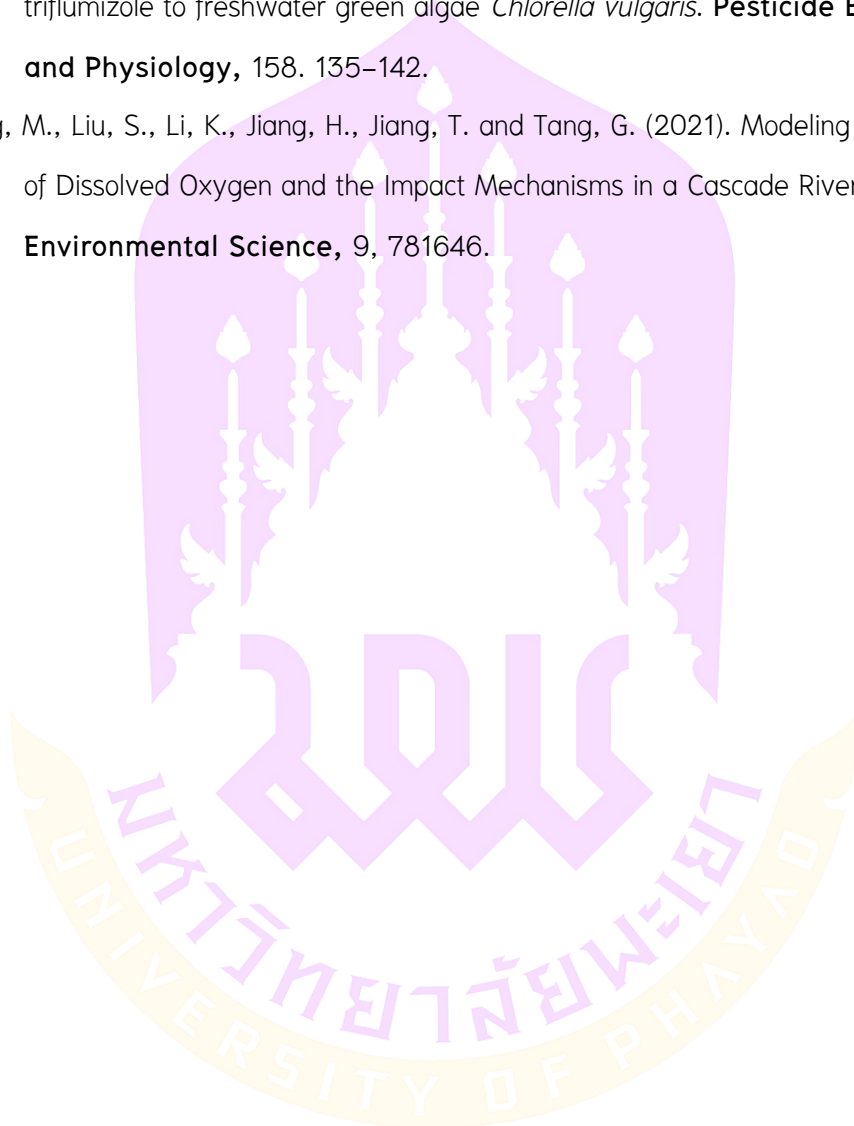
- Li, J., Glibert, P. M., Alexander, J. A. and Molina, M. E. (2012). Growth and competition of several harmful dinoflagellates under different nutrient and light conditions. **Harmful Algae**, 13, 112–125.
- Lindsey, R. and Scott, M. (2010). **What are Phytoplankton?** Retrieved October 14, 2022, from <https://earthobservatory.nasa.gov/features/Phytoplankton>
- Liu, G., He, W. and Cai, S. (2020). Seasonal Variation of Dissolved Oxygen in the Southeast of the Pearl River Estuary. **Water**, 12(9), 2475.
- Liu, L., Zhu, B. and Wang, G. X. (2015). Azoxystrobin-induced excessive reactive oxygen species (ROS) production and inhibition of photosynthesis in the unicellular green algae *Chlorella vulgaris*. **Environmental Science and Pollution Research**, 22, 7766–7775.
- Mayakun, J. and Prathep, A. (2005). Seasonal variations in diversity and abundance of macroalgae at Samui Island, Surat Thani Province, Thailand. **Songklanakarinn Journal of Science and Technology**, 27(Suppl.3), 653–663.
- Malla, M. A., Gupta, S., Dubey, A., Kumar, A. and Yadav, S. (2021). Contamination of groundwater resources by pesticides. In Ahmad, A., Siddiqui, S. I., Singh, P. (Eds), **Contamination of Water Health Risk Assessment and Treatment Strategies** (pp. 99–107). Cambridge: Academic Press.
- Mihaylova, V. V., Todorov, B. R., Lyubomirova, V. V. and Djingova, R. G. (2021). Determination of imidacloprid, cypermethrin and chlorpyrifos ethyl in water samples using high-performance liquid chromatography. **Bulgarian Chemical Communications**, 53(1), 55–60.
- Minhas, L. A., Mumtaz, A. S., Kaleem, M., Waqar, R., and Annum, J. (2023). A Prospective Study on Morphological Identification and Characterization of Freshwater Green Algae Based on the Microscopic Technique in District Rawalpindi. **Pakistan Journal of Agricultural Research**, 36(1), 20–35.
- Morais, M. G., Zaparoli, M., Lucas, B. F. and Costa, J. A. V. (2022). Microalgae for bioremediation of pesticides: Overview, challenges, and future trends. In Ahmad, A., Banat, F., Taher, H. (Eds.), **Algal Biotechnology** (pp. 63–78). N.P.: Elsevier.
- Navarrete, I. A., Tee, K. A. M., Unson, J. R. S. and Hallare, A. V. (2018). Organochlorine

- pesticide residues in surface water and groundwater along Pampanga River, Philippines. **Environmental Monitoring and Assessment**, 190, 289.
- Ngearmpat, N., Klayluk, B., Kumla, A., Ngamtad, S. and Issakul, K. (2018). Phytoplankton Composition and Water Quality of Kwan Phayao Reservoir, Thailand, during Rainy and Cold Dry Seasons. **Journal of Food Health and Bioenvironmental Science**, 11(2), 46–55.
- Nguyen, G. T. and Nhien, H. T. (2020). Phytoplankton–Water Quality Relationship in Water Bodies in the Mekong Delta, Vietnam. **Applied Environmental Research**, 42(2), 1–12.
- Ni, W., Zhang, J., Ding, T., Stevenson, R. J. and Zhu, Y. (2012). Environmental factors regulating cyanobacteria dominance and microcystin production in a subtropical lake within the Taihu watershed, China. **Journal of Zhejiang University SCIENCE A**, 13(4), 311–322.
- Nie, J., Sun, Y., Zhou, Y., Kumar, M., Usman, M., Li, J., et al. (2020). Bioremediation of water containing pesticides by microalgae: Mechanisms, methods, and prospects for future research. **Science of The Total Environment**, 707, 136080.
- Ou, Y., Yan, Z., Shi, G., Yu, Z., Cai, Y. and Ma, R. (2022). Enantioselective toxicity, degradation and transformation of the chiral insecticide fipronil in two algae culture. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 235, 113424.
- Phinyo, K., Pekkoh, J., and Peerapornpisal, Y. (2017). Distribution and ecological habitat of *Scenedesmus* and related genera in some freshwater resources of Northern and North–Eastern Thailand. **BIODIVERSITAS**, 18(3), 1092–1099.
- Pimentel, D. (1995). Amounts of pesticides reaching target pests: Environmental impacts and ethics. **Journal of Agricultural and Environmental Ethics**, 8, 17–29.
- El–Din, S. M. B., Hamed, A. H. S., Ibrahim, A.N., Shatta, A. M. and Abo–Sedera, S. A. (2015). Phytoplankton in Irrigation and Draining Water Canals of East Nile Delta of Egypt. **G.J.B.A.H.S.**, 4(2), 56–60.
- Salman, J. M., Abdul–Adel, E. and AlKaim, A. F. (2016). Effect of pesticide Glyphosate on some biochemical features in cyanophyta algae *Oscillatoria limnetic*. **International Journal of PharmTech Research**, 9(8), 355–365.

- Sangchan, W., Bannwarth, M., Ingwersen, J., Hugenschmidt, C., Schwadorf, K., Thavornnyutikarn, P., et al. (2014). Monitoring and risk assessment of pesticides in a tropical river of an agricultural watershed in northern Thailand. **Environ Monit Assess**, 186(2), 1083–1099.
- Sidabutar, T., Srimariana, E. S. and Wouthuyzen, S. (2020). The potential role of eutrophication, tidal and climatic on the rise of algal bloom phenomenon in Jakarta Bay. **IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci**, 429(1), 012021.
- Silva, F. J. R., Lima, F. R. S., Vale, D. A. and Sá, M. V. C. (2013). High levels of total ammonia nitrogen as NH_4^+ are stressful and harmful to the growth of Nile tilapia juveniles. **Acta Scientiarum**, 35(4), 475–481.
- Sirianuntapiboon, S. (2020). Domestic Wastewater. **Vocational Education Central Region Journal**, 4(1), 1–10.
- Srivastav, A. L. (2020). Chemical fertilizers and pesticides: role in groundwater contamination. In Prasad, M. N. V. (Ed.), **Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation Pesticides and Chemical Fertilizers** (pp. 143–159). Oxford: Butterworth–Heinemann.
- Staley, Z. R., Harwood, V. J. and Rohr, J. R. (2015). A synthesis of the effects of pesticides on microbial persistence in aquatic ecosystems. **Critical Reviews in Toxicology**, 45(10), 813–836.
- Stubbs, M. (2016). **Nutrients in agricultural production: A water quality overview**. Retrieved February 25, 2023, from <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R43919>
- Su, Q., Zheng, J., Xi, J., Yang, J., Wang, L. and Xiong, D. (2022). Evaluation of the acute toxic response induced by triazophos to the non-target green algae *Chlorella pyrenoidosa*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 182, 105036.
- Su, Y., Hu, M., Wang, Y., Zhang, H., He, C., Wang, Y., et al. (2022). Identifying key drivers of harmful algal blooms in a tributary of the Three Gorges Reservoir between different seasons: Causality based on data-driven methods. **Environmental Pollution**, 297, 118759.
- Sun, X., Liu, M., Meng, J., Wang, L., Chen, X., Peng, S., et al. (2022). Residue level,

- occurrence characteristics and ecological risk of pesticides in typical farmland–river interlaced area of Baiyang Lake upstream, China. **Scientific Reports**, 12(1), 12049.
- The National Pesticide Information Center. (1988). **Cypermethrin**. Retrieved February 25, 2024, from <http://npic.orst.edu/factsheets/cypermethrin.pdf>
- The Department of Natural Resources and Environment Tasmania (2016). **Cypermethrin (alpha-cypermethrin)**. Retrieved February 26, 2024, from https://nre.tas.gov.au/Documents/Information%20Sheet%20-%20Cypermethrin_Feb2014.pdf
- U.S. Environmental Protection Agency. (2021). **Great Lakes Phytoplankton Monitoring**. Retrieved October 10, 2021, from <https://www.epa.gov/great-lakes-monitoring/great-lakes-phytoplankton-monitoring>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2012). **Conductivity**. Retrieved April 12, 2023, from <https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/vms59.html>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2012). **Dissolved Oxygen and Biochemical Oxygen Demand**. Retrieved March 21, 2024, from <https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/vms52.html>
- U.S. Geological Survey. (2018). **Turbidity and Water**. Retrieved April 12, 2023, from <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/turbidity-and-water#overview>
- Verasoundarapandian, G., Lim, Z. S., Radziff, S. B. M., Taufik, S. H., Puasa, N. A., Shaharuddin, N. A., et al. (2022). Remediation of Pesticides by Microalgae as Feasible Approach in Agriculture: Bibliometric Strategies. **Agronomy**, 12(1), 117.
- Verma, N. and Singh, A. K. (2012). Development of Biological Oxygen Demand Biosensor for Monitoring the Fermentation Industry Effluent. **ISRN Biotechnology**, 2013, 236062.
- Villa, A., Fölster, J. and Kyllmar, K. (2019). Determining suspended solids and total phosphorus from turbidity: comparison of high–frequency sampling with conventional monitoring methods. **Environ Monit Assess**, 191, 605.
- Vryzas, Z., Vassiliou, G., Alexoudis, C. and Papadopoulou–Mourkidou, E. (2009). Spatial and temporal distribution of pesticide residues in surface waters in northeastern Greece. **Water Res**, 43(1), 1–10.

- Wanderley, R. L. N., Domingues, L. M., Joly, C. A. and Rocha, H. R. (2019). Relationship between land surface temperature and fraction of anthropized area in the Atlantic forest region, Brazil. **PLoS One**, 14(2), 0225443.
- Xi, J., Shao, J., Wang, W., Wang, X., Yang, H., Zhang, X., et al. (2019). Acute toxicity of triflumizole to freshwater green algae *Chlorella vulgaris*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 158. 135–142.
- Zhong, M., Liu, S., Li, K., Jiang, H., Jiang, T. and Tang, G. (2021). Modeling Spatial Patterns of Dissolved Oxygen and the Impact Mechanisms in a Cascade River. **Frontiers in Environmental Science**, 9, 781646.





ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ข้อมูลคุณภาพน้ำทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมี

ตาราง 9 อุณหภูมิน้ำ

เดือน	สถานี						เฉลี่ย
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
ม.ค.	20.5	20.1	21.7	22.6	23.1	23.7	22.0
ก.พ.	21.1	22.5	22.5	22.2	22.6	24.0	22.5
มี.ค.	24.2	25.6	26.4	27.0	26.1	27.8	26.2
เม.ย.	26.1	26.5	27.4	27.4	26.4	27.5	26.9
พ.ค.	23.8	24.6	26.2	27.2	26.5	27.6	26.0
มิ.ย.	24.5	26.2	28.3	28.6	27.7	28.8	27.4
ก.ค.	25.1	24.9	26.7	26.3	27.2	29.8	26.7
ส.ค.	26.0	24.4	26.6	29.3	28.4	28.7	27.2
ก.ย.	24.2	24.9	26.4	28.1	27.9	29.8	26.9
ต.ค.	24.7	26.3	27.8	28.4	27.8	28.3	27.2
พ.ย.	23.4	21.6	25.3	23.0	23.0	24.5	23.5
ธ.ค.	21.4	22.2	24.0	23.9	21.9	24.8	23.0

ตาราง 10 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

เดือน	สถานี						เฉลี่ย
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
ม.ค.	7.65	7.16	6.99	6.21	6.54	6.44	
ก.พ.	7.82	7.29	6.82	5.90	6.56	6.27	
มี.ค.	7.61	7.15	6.59	6.14	6.24	6.77	
เม.ย.	8.19	7.56	7.11	6.67	6.65	6.84	
พ.ค.	8.16	7.59	7.29	6.86	7.29	6.95	
มิ.ย.	8.17	7.86	7.40	6.83	7.03	7.12	
ก.ค.	6.80	6.68	6.42	5.09	5.71	5.30	
ส.ค.	7.88	7.74	7.27	7.07	6.66	6.50	
ก.ย.	7.66	7.15	6.56	6.44	5.63	5.83	
ต.ค.	7.80	7.53	7.42	7.05	6.96	7.61	
พ.ย.	6.75	6.59	7.13	7.52	6.54	6.84	
ธ.ค.	6.89	7.59	7.28	7.18	6.57	6.49	
เฉลี่ย	7.61	7.32	7.03	6.58	6.53	6.58	

ตาราง 11 ค่าการนำไฟฟ้า

เดือน	สถานี					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ม.ค.	301.2	295.0	231.3	159.4	188.0	178.1
ก.พ.	291.9	272.3	236.6	161.9	214.5	159.1
มี.ค.	286.4	277.5	237.8	159.6	187.5	163.7
เม.ย.	291.8	246.4	240.9	204.3	252.2	168.5
พ.ค.	292.2	292.6	242.0	195.6	232.0	145.4
มิ.ย.	288.6	274.1	227.8	176.0	133.4	140.1
ก.ค.	199.7	186.2	184.3	122.3	150.2	102.3
ส.ค.	199.2	196.2	192.5	151.2	192.8	114.0
ก.ย.	255.4	226.5	174.3	133.0	141.0	121.1
ต.ค.	293.0	229.5	209.1	163.1	209.2	128.8
พ.ย.	223.2	242.9	203.2	189.5	176.4	153.0
ธ.ค.	235.4	233.5	205.9	179.4	166.9	142.7
เฉลี่ย	263.2	247.7	215.5	166.3	187.0	143.1

ตาราง 12 ความชื้นของน้ำ

เดือน	สถานี					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ม.ค.	1.17	2.70	13.07	7.23	10.64	25.57
ก.พ.	1.58	2.03	13.88	8.41	15.30	45.10
มี.ค.	1.14	0.84	12.20	8.83	13.88	47.43
เม.ย.	0.57	2.91	18.03	20.2	8.60	83.40
พ.ค.	1.05	1.01	8.82	19.70	9.66	476.00
มิ.ย.	0.69	1.21	23.8	6.26	40.40	480.67
ก.ค.	4.81	7.72	12.56	56.13	43.17	78.43
ส.ค.	5.11	6.5	14.37	25.32	49.83	86.14
ก.ย.	6.57	6.38	9.41	23.40	34.50	13.36
ต.ค.	6.49	6.14	10.26	25.37	31.34	29.09
พ.ย.	0.82	0.32	1.88	5.37	5.66	19.73
ธ.ค.	0.70	0.87	5.08	34.97	13.38	97.97
เฉลี่ย	2.56	3.20	11.95	20.10	23.03	123.57

ตาราง 13 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO)

เดือน	สถานี					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ม.ค.	8.40	8.10	5.98	4.63	4.40	5.46
ก.พ.	7.79	7.67	6.07	3.31	2.94	5.83
มี.ค.	7.04	6.59	5.18	2.37	1.73	3.33
เม.ย.	8.18	6.38	4.71	2.63	5.62	3.95
พ.ค.	7.04	6.40	5.25	2.18	3.84	2.75
มิ.ย.	7.38	6.30	5.17	2.44	1.87	4.94
ก.ค.	7.79	7.24	5.95	5.70	4.72	4.42
ส.ค.	7.36	7.17	6.21	5.95	3.78	4.22
ก.ย.	7.06	6.10	6.16	3.58	4.20	3.02
ต.ค.	7.11	6.38	5.88	3.02	2.13	3.08
พ.ย.	7.74	6.75	5.63	3.05	2.87	3.99
ธ.ค.	7.69	7.33	6.86	6.10	3.75	5.40
เฉลี่ย	7.55	6.87	5.56	3.75	3.49	4.20

ตาราง 14 ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD)

เดือน	สถานี					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ม.ค.	1.54	1.58	2.11	2.10	2.11	2.46
ก.พ.	1.29	1.29	1.47	1.66	3.13	1.66
มี.ค.	1.09	1.67	2.82	1.59	3.78	2.42
เม.ย.	1.04	1.25	2.08	3.33	1.87	2.50
พ.ค.	1.60	2.18	2.43	2.82	3.20	4.16
มิ.ย.	0.98	1.01	4.03	1.79	4.42	2.46
ก.ค.	1.10	1.29	2.02	1.59	2.70	2.64
ส.ค.	1.28	1.47	2.05	2.30	3.01	2.24
ก.ย.	1.18	1.23	2.02	2.07	2.69	2.30
ต.ค.	1.18	1.51	2.02	2.30	3.36	2.97
พ.ย.	1.17	1.70	2.11	2.70	2.06	2.76
ธ.ค.	1.55	1.82	2.40	2.82	3.20	2.75
เฉลี่ย	1.25	1.50	2.30	2.26	2.96	2.61

ตาราง 15 ปริมาณแอมโมเนีย

เดือน	สถานี					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ม.ค.	0.00	0.05	0.51	0.02	0.09	0.09
ก.พ.	0.00	0.00	0.25	0.00	0.07	0.04
มี.ค.	0.00	0.02	0.47	0.01	0.60	0.10
เม.ย.	0.02	0.00	0.33	0.03	0.52	0.19
พ.ค.	0.02	0.03	0.11	0.15	0.09	0.16
มิ.ย.	0.00	0.01	0.18	0.11	0.09	0.05
ก.ค.	0.00	0.00	0.03	0.07	0.06	0.38
ส.ค.	0.00	0.02	0.16	0.10	0.15	0.09
ก.ย.	0.00	0.02	0.04	0.14	0.04	0.04
ต.ค.	0.00	0.01	0.10	0.20	0.25	0.14
พ.ย.	0.00	0.00	0.10	0.06	0.13	0.14
ธ.ค.	0.08	0.07	0.15	0.24	0.20	0.31
เฉลี่ย	0.01	0.02	0.20	0.09	0.19	0.14

ตาราง 16 ปริมาณออกซิฟอสเฟต

เดือน	สถานี					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ม.ค.	0.06	0.04	0.02	0.02	0.04	0.01
ก.พ.	0.10	0.11	0.14	0.08	0.47	0.37
มี.ค.	0.19	0.10	0.22	0.29	0.16	0.12
เม.ย.	0.08	0.10	0.09	0.14	0.10	0.27
พ.ค.	0.09	0.13	0.21	0.09	0.13	0.09
มิ.ย.	0.10	0.16	0.19	0.13	0.36	0.20
ก.ค.	0.19	0.20	0.27	0.58	0.61	0.68
ส.ค.	0.08	0.12	0.09	0.07	0.21	0.16
ก.ย.	0.10	0.08	0.08	0.34	0.29	0.18
ต.ค.	0.10	0.05	0.08	0.07	0.05	0.13
พ.ย.	0.29	0.15	0.16	0.17	0.33	0.42
ธ.ค.	0.13	0.17	0.14	0.46	0.16	0.93
เฉลี่ย	0.13	0.12	0.14	0.20	0.24	0.30

ตาราง 17 ปริมาณไนเตรท

เดือน	สถานี					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ม.ค.	0.30	0.70	0.80	0.40	0.73	1.13
ก.พ.	0.30	0.30	0.97	0.83	1.50	0.83
มี.ค.	0.40	0.60	1.20	0.60	0.90	0.73
เม.ย.	0.27	0.50	1.20	1.00	0.97	2.03
พ.ค.	0.40	0.40	0.77	1.10	0.80	2.60
มิ.ย.	0.33	0.30	1.20	0.60	1.57	1.73
ก.ค.	0.60	0.47	0.70	2.00	1.40	1.93
ส.ค.	0.50	0.80	1.17	0.80	1.50	1.00
ก.ย.	0.97	0.67	1.27	6.63	5.77	3.57
ต.ค.	2.47	2.70	2.80	3.03	2.03	3.93
พ.ย.	1.67	0.83	1.77	2.63	4.17	5.67
ธ.ค.	1.57	0.70	2.37	8.50	3.87	8.37
เฉลี่ย	0.81	0.75	1.35	2.34	2.10	2.79

ตาราง 18 ปริมาณคลอไรไฟลล์ เอ

เดือน	สถานี					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ม.ค.	4.46	5.78	14.71	6.86	9.68	11.66
ก.พ.	3.37	4.87	5.65	4.30	11.95	8.40
มี.ค.	3.50	1.62	94.66	7.94	12.53	18.13
เม.ย.	1.86	7.13	86.39	38.91	7.90	20.48
พ.ค.	3.31	5.35	80.54	13.49	28.61	36.42
มิ.ย.	3.27	2.68	116.41	8.52	20.29	4.49
ก.ค.	1.86	1.94	3.41	47.71	9.88	4.81
ส.ค.	2.28	17.42	44.37	39.39	25.28	6.70
ก.ย.	1.86	1.52	6.39	24.72	5.01	6.82
ต.ค.	1.32	1.66	35.28	12.00	6.09	7.46
พ.ย.	1.16	8.38	3.80	6.76	8.83	16.41
ธ.ค.	4.53	2.05	6.36	65.31	2.44	13.66
เฉลี่ย	2.73	5.03	41.50	22.99	12.37	12.95

ตาราง 19 ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

เดือน	สถานี					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ม.ค.	360	1,900	4,300	1,100	29,000	720
ก.พ.	300	360	300	910	15,000	730
มี.ค.	360	730	720	2,000	29,000	2,800
เม.ย.	360	730	730	2,800	21,000	2,700
พ.ค.	300	300	11,00	1,500	15,000	7,500
มิ.ย.	300	360	12,000	1,500	29,000	21,000
ก.ค.	910	910	1,400	24,000	46,000	24,000
ส.ค.	300	360	3,500	2,000	29,000	28,00
ก.ย.	300	300	910	1,500	21,000	28,00
ต.ค.	300	300	1,100	360	7500	1,500
พ.ย.	300	300	730	1,100	7500	910
ธ.ค.	300	300	360	1,400	9300	1,500
เฉลี่ย	366	571	2,263	3,348	21,525	5,747

ตาราง 20 ปริมาณฟิคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

เดือน	สถานี					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ม.ค.	300	300	910	720	3,500	360
ก.พ.	300	360	300	300	2,000	360
มี.ค.	300	300	360	730	2,800	1,100
เม.ย.	300	300	360	730	2,700	360
พ.ค.	300	300	730	730	2,000	1,100
มิ.ย.	300	300	1,500	730	2,000	1,100
ก.ค.	300	360	910	2,300	21,000	9,300
ส.ค.	300	300	1,500	910	2,000	2,100
ก.ย.	300	300	360	730	9,300	1,500
ต.ค.	300	300	360	360	1,500	910
พ.ย.	300	300	360	730	2,000	910
ธ.ค.	300	300	360	360	2,100	360
เฉลี่ย	300	310	688	778	4,408	1,622

ตาราง 21 ดัชนีคุณภาพน้ำ (Water Quality Index : WQI)

เดือน	สถานี					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ม.ค.	90	86	56	67	47	64
ก.พ.	91	91	80	76	39	82
มี.ค.	90	84	58	65	43	54
เม.ย.	93	88	63	46	54	61
พ.ค.	86	72	64	44	48	34
มิ.ย.	92	89	45	63	47	46
ก.ค.	91	89	77	57	54	50
ส.ค.	90	89	68	63	35	58
ก.ย.	90	87	81	71	56	53
ต.ค.	90	85	68	58	32	50
พ.ย.	92	85	68	54	44	57
ธ.ค.	86	84	69	60	46	58
เฉลี่ย	90	86	66	60	45	56



ภาคผนวก ข มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

มาตรา 32 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 บัญญัติให้คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กำหนดมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นเป้าหมายในการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมนี้จะต้องอาศัยหลักวิชาการและหลักการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน โดยจะต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐกิจสังคมและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง (กรมควบคุมมลพิษ, 2557)

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำที่มาจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

1. การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน
2. การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน
3. การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำที่มาจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

1. การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
2. การอนุรักษ์สัตว์น้ำ
3. การประมง
4. การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำที่มาจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

1. การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
2. การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำที่มาจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

1. การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรค ตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน
2. การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำที่มาจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

ตาราง 22 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	คุณภาพน้ำ	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำ ตามการใช้ประโยชน์				
				ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	ประเภทที่ 3	ประเภทที่ 4	ประเภทที่ 5
1	สี กลิ่นและรส (Colour, Odour and Taste)	-	-	ช'	ช'	ช'	ช'	-
2	อุณหภูมิ (Temperature)	° ช	-	ช'	ช'	ช'	ช'	-
3	ความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	-	ช	5-9	5-9	5-9	-
4	ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO)%	มก./ล.	P20	ช	6.0	4.0	2.0	-
5	บีโอดี (BOD)	มก./ล.	P80	ช	1.5	2.0	4.0	-
6	แบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	เอ็ม.พี.เอ็ม./100 มล.	P80	ช	5,000	20,000	-	-
7	แบคทีเรียในสกุลฟีคอลลีโคไลฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	เอ็ม.พี.เอ็ม./100 มล.	P80	ช	1,000	4,000	-	-
8	ไนโตรเจน (NO ₃) ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล.	ช	5.0	5.0	5.0	5.0
9	แอมโมเนีย (NH ₃) ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล.	ช	0.5	0.5	0.5	0.5
10	ฟีนอล (Phenols)		มก./ล.	ช	0.005	0.005	0.005	0.005
11	ทองแดง (Cu)		มก./ล.	ช	0.1	0.1	0.1	-
12	นิกเกิล (Ni)		มก./ล.	ช	0.1	0.1	0.1	-
13	แมงกานีส (Mn)		มก./ล.	ช	1.0	1.0	1.0	-
14	สังกะสี (Zn)		มก./ล.	ช	1.0	1.0	1.0	-
15	แคดเมียม (Cd)		มก./ล.	ช	0.005*	0.005*	0.005*	-
					0.05**	0.05**	0.05**	-

ตาราง 22 (ต่อ)

ลำดับ	คุณภาพน้ำ	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำ ตามการใช้ประโยชน์				
				ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	ประเภทที่ 3	ประเภทที่ 4	ประเภทที่ 5
16	โคเบียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Cr Hexavalent)		มก./ล.	๓	0.05	0.05	0.05	-
17	ตะกั่ว (Pb)		มก./ล.	๓	0.05	0.05	0.05	-
18	ปรอททั้งหมด (Total Hg)		มก./ล.	๓	0.002	0.002	0.002	-
19	สารหนู (As)		มก./ล.	๓	0.01	0.01	0.01	-
20	ไซยาไนด์ (Cyanide)		มก./ล.	๓	0.005	0.005	0.005	-
21	กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) -คาร์รังสีแอลฟา (Alpha) -คาร์รังสีเบตา (Beta)		เบคเอร์ล/ล. เบคเอร์ล/ล.	๓	0.1 1.0	0.1 1.0	0.1 1.0	-
22	สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ชนิดคลอรีน (Total Organochlorine Pesticides)		มก./ล.	๓	0.05	0.05	0.05	-
23	ดีดีที (DDT)		ไมโครกรัม/ล.	๓	1.0	1.0	1.0	-
24	บีเอซีชนิดแอลฟา (Alpha-BSC)		ไมโครกรัม/ล.	๓	0.2	0.2	0.2	-
25	ดีลดริน (Dieldrin)		ไมโครกรัม/ล.	๓	0.2	0.2	0.2	-
26	อัลดริน (Aldrin)		ไมโครกรัม/ล.	๓	0.1	0.1	0.1	-

ตาราง 22 (ต่อ)

ลำดับ	คุณภาพน้ำ	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
				ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	ประเภทที่ 3	ประเภทที่ 4	ประเภทที่ 5
27	เฮปตาคลออร์ และเฮปตาคลออร์ อีพอกไซด์ (Heptachlor & Heptachlor epoxide)		ไมโครกรัม/ล.	๕	0.2	0.2	0.2	-
28	เอนดริน (Endrin)		ไมโครกรัม/ล.	๕	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจรอบที่กำหนด			

หมายเหตุ: ๕

๕' เป็นไปตามธรรมชาติ

* คุณสมบัติของน้ำจะต่อไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO₃ ไม่นเกิน 100 มิลลิกรัม/ลิตร

๐ ช น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO₃ เกิน 100 มิลลิกรัม/ลิตร

๐ ช หน่วยเป็น องศาเซลเซียส

P20 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจรอบอย่างต่อเนื่อง

P80 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจรอบอย่างต่อเนื่อง

มก./ล. หน่วยเป็น มิลลิกรัม/ลิตร

MPN หน่วยเป็น เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

การประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (กรมชลประทาน, 2561)

ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (General Water Quality Index) ใช้ในการบอกระดับคุณภาพน้ำในเกณฑ์ดีมาก ดี พอใช้ เลื่อนมโทรม และเลื่อนมโทรมมาก เป็นวิธีการใช้ในการเผยแพร่ให้ความรู้ทางด้านคุณภาพน้ำแก่สาธารณชนทราบ ซึ่งใช้อยู่ในสหรัฐอเมริกา และเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการจัดทำรายงานเสนอต่อสภาผู้แทนราษฎรของสหรัฐอเมริกา มีหลักการในการกำหนดพารามิเตอร์ ดังนี้

1. พารามิเตอร์ ควรมีการกำหนดค่าในมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน
2. พารามิเตอร์ สามารถใช้ในการประเมินประเภทแหล่งน้ำผิวดิน
3. ถ้าพารามิเตอร์ไม่สามารถใช้ในการประเมินประเภทแหล่งน้ำผิวดินได้ พารามิเตอร์นั้นสามารถประเมินสถานการณ์มลพิษทางน้ำได้
4. ถ้าพารามิเตอร์ไม่สามารถใช้ในการประเมินประเภทแหล่งน้ำผิวดินได้ พารามิเตอร์นั้นต้องมีความเสี่ยงหรือมีแนวโน้มที่จะเป็นปัญหามากขึ้น

จากหลักการดังกล่าวข้างต้น จึงได้พิจารณา กำหนด 5 พารามิเตอร์ ที่มีค่าอยู่ในมาตรฐาน คุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน ได้แก่ ค่าออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen: DO), ค่าความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand: BOD), ค่าการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria: TCB), ค่าการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria: FCB) และค่าของสารอาหารแอมโมเนีย สำหรับหลักการคำนวณจะใช้สูตรสมการของทั้ง 5 พารามิเตอร์ดังนี้

ตาราง 23 สูตรสมการการคิดคะแนนค่า DO

ค่า DO	สูตรสมการในการคิดคะแนน
0.0 – 4.0 mg/l	คะแนน = $15.25 * (\text{ค่า DO}) + 0.1667$
4.1 – 6.0 mg/l	คะแนน = $5 * (\text{ค่า DO}) + 41$
6.1 – 8.4 mg/l	คะแนน = $12.083 * (\text{ค่า DO}) - 1.5$
8.5 – 8.9 mg/l	คะแนน = $-78 * (\text{ค่า DO}) + 755.2$
9.0 – 11.2 mg/l	คะแนน = $-13.043 * (\text{ค่า DO}) + 177.09$
11.3 – (≥ 15.3) mg/l	คะแนน = $-7.561 * (\text{ค่า DO}) + 115.68$

ตาราง 24 สูตรสมการการคิดคะแนนค่า BOD

ค่า BOD	สูตรสมการในการคิดคะแนน
0.0 – 1.5 mg/l	คะแนน = $-19.333(\text{ค่า BOD}) + 100$
1.6 – 2.0 mg/l	คะแนน = $-20(\text{ค่า BOD}) + 101$
2.1 – 4.0 mg/l	คะแนน = $-15(\text{ค่า BOD}) + 91$
4.1 – (≥ 8.8) mg/l	คะแนน = $-6.4583^*(\text{ค่า BOD}) + 56.833$

ตาราง 25 สูตรสมการการคิดคะแนนค่า TCB

ค่า TCB	สูตรสมการในการคิดคะแนน
0.0 – 5,000	คะแนน = $-0.0058^*(\text{ค่า TCB}) + 100$
5,001 – 20,000	คะแนน = $-0.0007^*(\text{ค่า TCB}) + 74.333$
20,001 – 160,000	คะแนน = $-0.0002^*(\text{ค่า TCB}) + 65.286$
>160,000	คะแนน = $-0.000008-06^*(\text{ค่า TCB}) + 32.292$

ตาราง 26 สูตรสมการการคิดคะแนนค่า FCB

ค่า FCB	สูตรสมการในการคิดคะแนน
0.0 – 1,000	คะแนน = $-0.029^*(\text{ค่า FCB}) + 100$
1,001 – 4,000	คะแนน = $-0.0033^*(\text{ค่า FCB}) + 74.333$
4,001 – 90,000	คะแนน = $-0.0003^*(\text{ค่า FCB}) + 62.395$
>90,000	คะแนน = $-0.00001-05^*(\text{ค่า FCB}) + 32.208$

ตาราง 27 สูตรสมการการคิดคะแนนค่าแอมโมเนีย

ค่าแอมโมเนีย	สูตรสมการในการคิดคะแนน
0.0 – 0.22	คะแนน = $-131.82^*(\text{ค่าแอมโมเนีย}) + 100$
0.23 – 0.50	คะแนน = $-35.714^*(\text{ค่าแอมโมเนีย}) + 78.857$
0.51 – 1.83	คะแนน = $-22.556^*(\text{ค่าแอมโมเนีย}) + 72.278$
>1.83	คะแนน = $-6.1024^*(\text{ค่าแอมโมเนีย}) + 42.167$

การรวมคะแนนของแต่ละพารามิเตอร์ให้เป็นคะแนนเดียวในแต่ละการตรวจวัด

ค่า WQI (คะแนนรวม) = ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้ง 5 พารามิเตอร์ - ค่าคะแนนพิเศษ*
 (ค่าคะแนนพิเศษ คือ เป็นค่าที่ใช้ในการปรับค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้ง 5 พารามิเตอร์ ให้สอดคล้องกับประเภทแหล่งน้ำผิวดิน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ถ้าเกณฑ์คุณภาพน้ำไม่ต่างกัน คะแนนพิเศษ คือ 0

ถ้าต่างกัน 1 ระดับ คะแนนพิเศษ คือ 10

ถ้าต่างกัน 2 ระดับ คะแนนพิเศษ คือ 15

ถ้าต่างกัน 3 ระดับ คะแนนพิเศษ คือ 20

นำคะแนนพิเศษไปลบกับ ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้ง 5 พารามิเตอร์ จะได้คะแนนรวมของจุดตรวจวัดนั้น โดยมีสมการคือ

(คะแนนรวม) = ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้ง 5 พารามิเตอร์ - ค่าคะแนนพิเศษ



ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ณ ห้องปฏิบัติการ

1. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen, DO) โดยใช้วิธี Azide Modification of Iodometric method (APHA, AWWA and WAF, 1998) โดยมีวิธีการดังนี้

1.1 เติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟต 1 มิลลิลิตรและอัลคาไล-ไฮไดรด์-เอไซด์รีเอเจนต์ 1 มิลลิลิตร ลงในขวดปิโอดีที่มีน้ำตัวอย่าง โดยให้ปลายปิเปตต์แตะอยู่ข้างปากขวดเหนือผิวของตัวอย่างน้ำเพียงเล็กน้อย (ถ้าปลายปิเปตต์จุ่มลงในตัวอย่างน้ำหรือเปื้อนตัวอย่างน้ำให้ล้างปลายปิเปตต์ที่จุ่มด้วยน้ำกลั่นก่อนหรือทำการเปลี่ยนปิเปตต์ใหม่) ปิดจุกขวดระวังอย่างให้มีฟองอากาศผสมเข้ากันโดยคว่ำขวดขึ้นลงอย่างน้อย 15 ครั้ง

1.2 ตั้งทิ้งไว้จนตกตะกอนจนได้ปริมาณน้ำใส $\frac{1}{2}$ ของขวด

1.3 เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร โดยให้กรดค่อยๆ ไหลลงไปข้าง ๆ คอขวด ปิดจุกผสมให้เข้ากันโดยคว่ำขวดขึ้นลงจนกระทั่งตะกอนละลายหมด

1.4 ถ้าใช้ขวดปิโอดีที่มีความจุขนาด 300 มิลลิลิตร จะใช้ตัวอย่างน้ำจากขวดในข้อ 1.3 เท่ากับ 201 มิลลิลิตร เพื่อนำไปไตเตรท ปริมาตรตัวอย่างนี้มีค่าเท่ากับปริมาตรตัวอย่างน้ำเริ่มต้น 200 มิลลิลิตร เนื่องจากสูญเสียตัวอย่างน้ำจากขวดปิโอดี โดยการแทนที่ของสารละลายเคมีที่เติมลงไปทั้งสิ้น 2 มิลลิลิตร ดังนั้นปริมาตรตัวอย่างที่ไตเตรทจึงควรเท่ากับ

$$200 \times 300 / (300 - 3) = 201 \text{ มิลลิลิตร}$$

1.5 ไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 โมลต่อลิตร จนกระทั่งสารละลายมีสีเหลืองอ่อน เติมน้ำแบ่ง 2 ถึง 3 หยดจะได้สีน้ำเงินเข้ม ไตเตรทต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงินจางหายไป อ่านปริมาตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้

1.6 การคำนวณ ถ้าใช้ตัวอย่างน้ำในการไตเตรท 200 มิลลิลิตร สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 โมลต่อลิตรปริมาตร 1 มิลลิลิตร จะมีค่าสมมูลพอดีกับ 1 มิลลิกรัม/ลิตรของออกซิเจนละลายน้ำ

2. ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand, BOD) โดยใช้วิธี Azide Modification of Iodometric method (APHA, AWWA and WAF, 1998)

วิธีการเช่นเดียวกับการหาปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ แต่ตัวอย่างน้ำที่ใช้ต้องนำไปบ่มในตู้บ่ม ที่อุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน จึงจะนำมาวิเคราะห์ (DO_5) การคำนวณหาปริมาณ BOD คำนวณได้ดังนี้

$$BOD = DO_0 - DO_5$$

DO_0 = ปริมาณออกซิเจนที่ไตเตรทในวันแรก

DO_5 = ปริมาณออกซิเจนที่ไต่เตทรทในวันที่ 5

มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร เช่นเดียวกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

3. การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท การหาวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทโดยวิธี HACH Method มีวิธีการดังนี้

3.1 เตรียมตัวอย่างน้ำ 10 มิลลิลิตรใส่ใน Flask

3.2 เติม Nitra ver 5 reagent powder pillow เขย่า 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที

3.3 เปิดเครื่อง HACH Spectrophotometer กด PRGM7 จากนั้นใส่ Password 54 แล้วกด Enter เครื่องจะมาอยู่ในโหมดการวิเคราะห์ไนเตรท

3.4 นำตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์โดยใส่ในหลอด Cuvette โดยใช้ตัวอย่างน้ำเป็น Blank

3.5 บันทึกค่าที่ขึ้นจากหน้าจอมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร

4. การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟต การหาวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟตโดยวิธี HACH Method มีวิธีการดังนี้

4.1 เตรียมตัวอย่างน้ำ 10 มิลลิลิตรใส่ใน Flask

4.2 เติม Phos ver 3 reagent powder pillow เขย่า 15 วินาที ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที

4.3 เปิดเครื่อง HACH Spectrophotometer กด PRGM7 จากนั้นใส่ Password 79 แล้วกด Enter เครื่องจะมาอยู่ในโหมดการวิเคราะห์ฟอสเฟต

4.4 นำตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์โดยใส่ในหลอด Cuvette โดยใช้ตัวอย่างน้ำเป็น Blank

4.5 บันทึกค่าที่ขึ้นจากหน้าจอมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร

5. การวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียม การหาวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมโดยวิธี HACH Method มีวิธีการดังนี้

5.1 เตรียมตัวอย่างน้ำ 10 มิลลิลิตรใส่ใน Flask

5.2 เติม Ammonia salicylate reagent powder pillow เขย่า 15 วินาที ตั้งทิ้งไว้ 3 นาที แล้วเติม Ammonia Cyanurate reagent powder pillow เขย่า 1 นาทีตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

5.3 เปิดเครื่อง HACH Spectrophotometer กด PRGM7 จากนั้นใส่ Password 64 แล้วกด Enter เครื่องจะมาอยู่ในโหมดการวิเคราะห์แอมโมเนียม

5.4 นำตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์โดยใส่ในหลอด Cuvette โดยใช้ตัวอย่างน้ำเป็น Blank

5.5 บันทึกค่าที่ขึ้นจากหน้าจอมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร

6. ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN/100 มิลลิลิตร) (วิมลมาศ สตาร์ตัน, 2550)

วิธี MPN เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณของโคลิฟอร์ม โดยอาศัยความสามารถในการย่อยสารอาหารให้เกิดแก๊สในหลอดทดลอง เมื่อนำมาบ่มเชื้อไว้ตามเวลาและอุณหภูมิที่

กำหนด จำนวนของหลอดทดลองที่ให้ผล Positive นำไปอ่านค่า MPN Index ซึ่งจะเป็นการประมาณทางสถิติถึงปริมาณของโคลิฟอร์มที่น้ำจะตรวจพบได้ในน้ำโดยมีหน่วยเป็น MPN/100 ml.

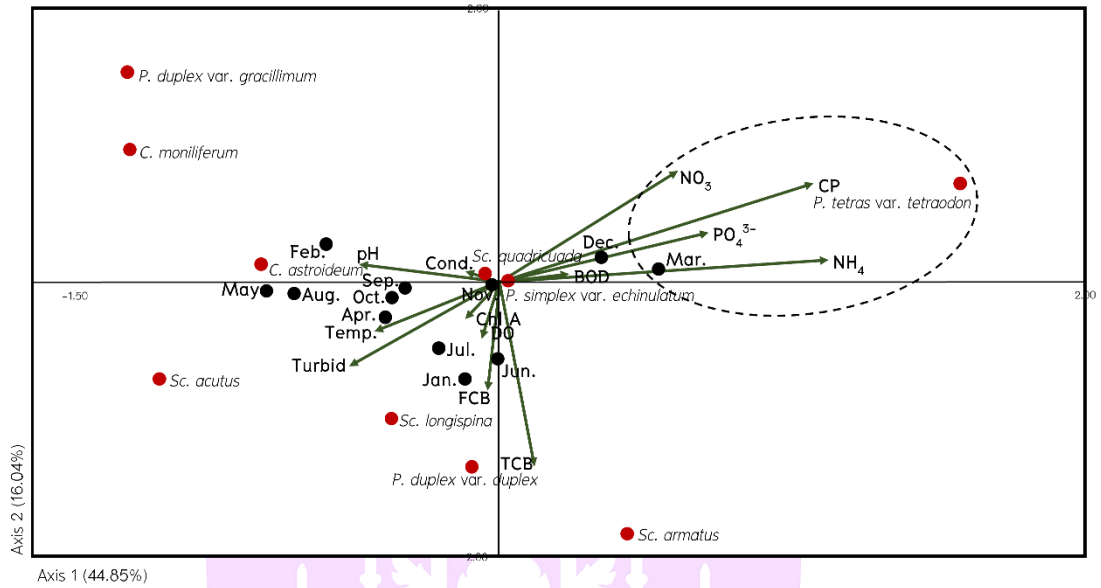
การตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียโดยวิธี MPN มี 3 ขั้นตอนได้แก่ การตรวจสอบขั้นแรก(Presumptive Tests) การตรวจสอบขั้นยืนยัน (Confirmed Tests) และการตรวจสอบขั้นสมบูรณ์ (Completed Tests) โดยทั่วไปการปฏิบัติงานด้านการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางแบคทีเรีย โดยอาศัยโคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นตัวบ่งชี้ มักนิยมปฏิบัติกันเฉพาะขั้นตอนแรกและขั้นตอนยืนยันเท่านั้น โดยนำผลที่อ่านได้จากขั้นตอนยืนยันมาอ่านค่า MPN Index แล้วนำค่าของ MPN ที่อ่านได้มาคำนวณหาปริมาณของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียโดยมีหน่วยเป็น MPN/100 ml.



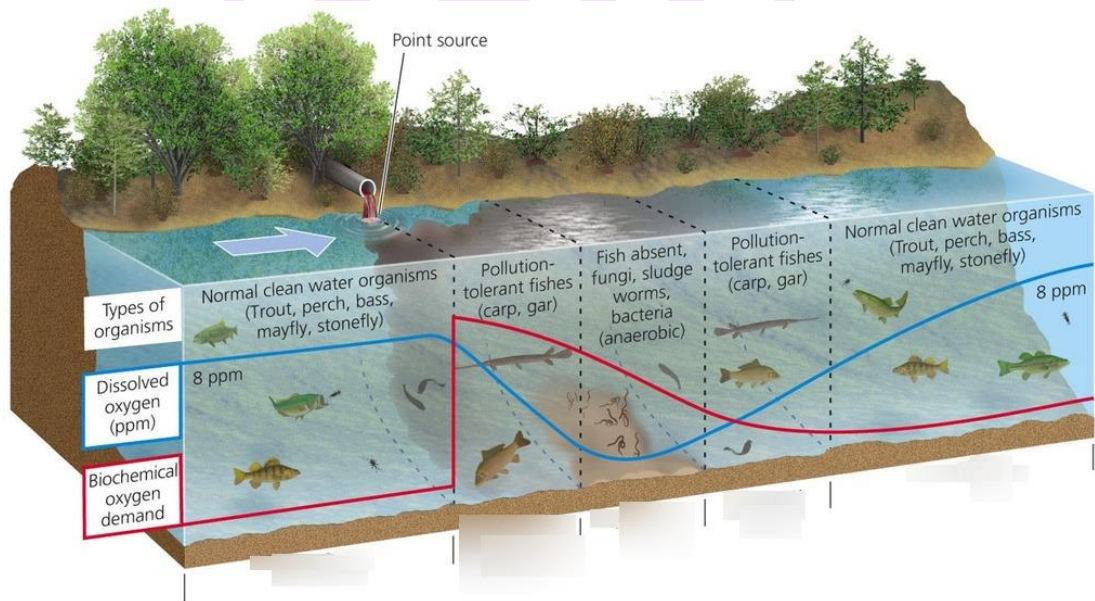
ตาราง 28 ดัชนี MPN และค่าความเชื่อมั่นที่ 95% สำหรับผลบวกและผลลบสำหรับ
ตัวอย่าง 3 หลอด ต่อระดับความเจือจาง 0.10, 0.01 และ 0.001 มิลลิลิตร

Pos. tubes			MPN/g	Conf. lim		Pos. tubes			MPN/g	Conf. lim	
0.10	0.01	0.001		Low	High	0.10	0.01	0.001		Low	High
0	0	0	<3.0	-	9.5	2	2	0	21	4.5	42
0	0	1	3.0	0.15	9.6	2	2	1	28	8.7	94
0	1	0	3.0	0.15	11	2	2	2	35	8.7	94
0	1	1	6.1	1.2	18	2	3	0	29	8.7	94
0	2	0	6.2	1.2	18	2	3	1	36	8.7	94
0	3	0	9.4	3.6	38	3	0	0	23	4.6	94
1	0	0	3.6	0.17	18	3	0	1	38	8.7	110
1	0	1	7.2	1.3	18	3	0	2	64	17	180
1	0	2	11	3.6	38	3	1	0	43	9	180
1	1	0	7.4	1.3	20	3	1	1	75	17	200
1	1	1	11	3.6	38	3	1	2	120	37	420
1	2	0	11	3.6	42	3	1	3	160	40	420
1	2	1	15	4.5	42	3	2	0	93	18	420
1	3	0	16	4.5	42	3	2	1	150	37	420
2	0	0	9.2	1.4	38	3	2	2	210	40	430
2	0	1	14	3.6	42	3	2	3	290	90	1,000
2	0	2	20	4.5	42	3	3	0	240	42	1,000
2	1	0	15	3.7	42	3	3	1	460	90	2,000
2	1	1	20	4.5	42	3	3	2	1100	180	4,100
2	1	2	27	8.7	97	3	3	3	>1,100	420	--

ภาคผนวก ง ภาพประกอบ



ภาพ 43 ความสัมพันธ์ Canonical correspondence analysis (CCA) ระหว่างไซเปอร် เมทรินคุณภาพน้ำและสาหร่ายสีเขียว วิเคราะห์รายเดือน



ภาพ 44 การเปลี่ยนแปลง DO และ BOD ในแต่ละขอบเขตการฟอกตัวของน้ำ

ที่มา: elm25, n.d.



ประวัติผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยพะเยา

UNIVERSITY OF PHAYAO

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	จิราภา วงศ์ศา
วัน เดือน ปี เกิด	22 ตุลาคม 2542
สถานที่เกิด	เพชรบูรณ์
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2563, วท.บ. (จุลชีววิทยา), มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา
ที่อยู่ปัจจุบัน	232 ม.7 ต.ชอนไพร อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์
ผลงานตีพิมพ์	จิราภา วงศ์ศา, เนติ เงินแพทย์, สุมล นิลรัตน์นิศากร และกฤตชญา อิศกุล. (3-5 ธันวาคม 2565). ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำและความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวในลำน้ำแม่เหี้ยน อ.เมือง จ.พะเยา. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 19 (หน้า 2223-2233). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. Wongsa, J., Liamchang, R., Ngearnpat, N. and Issakul, K. (2023). Cypermethrin insecticide residue, water quality and phytoplankton diversity in the lychee plantation catchment area. AIMS Environmental Science, 10(5), 609-627.