

การประเมินความสัมพันธ์ของแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา

The Correlation Assessment of Phytoplankton and Water Quality in Chao Phraya River

จิตติมน ญาณพิช และ สุชาติ เหลืองประเสริฐ

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: titimonyan@hotmail.com, fengscl@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา ดำเนินการโดยเก็บตัวอย่างจากแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่เขื่อนเจ้าพระยาจนถึงปากแม่น้ำ จำนวน 14 สถานี ในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 ผลการศึกษาพบว่า สัดส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารในแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแพลงก์ตอนพืช มากที่สุดคือ 10 : 1 ซึ่งบ่งชี้ว่าแหล่งน้ำมีไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช เนื่องจากมีค่าต่ำกว่าสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชคือ 16 : 1 และพบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแพลงก์ตอนพืชสัมพันธ์กับ *Bacillariophyta* สามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดปริมาณความเข้มข้นของไนเตรท-ไนโตรเจนในแม่น้ำเจ้าพระยาได้ เนื่องจากไนเตรท-ไนโตรเจนมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับแพลงก์ตอนพืช *Bacillariophyta* ($r^2 = 0.916$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 95% ดังนั้น ผลการศึกษานี้สามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการติดตามเฝ้าระวังการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำดิบในกระบวนการผลิตน้ำประปา เพื่อเป็นข้อมูลในการศึกษาหาแนวทางการแก้ปัญหาการปนเปื้อนของปริมาณธาตุอาหารในแหล่งน้ำได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม เพื่อลดปัญหาการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันในอนาคต

คำสำคัญ :

แพลงก์ตอนพืช; แม่น้ำเจ้าพระยา; ความสัมพันธ์

Abstract

The study for the correlation of amount of phytoplankton and water quality in Chao Phraya River. Samples were collected from Chao Phraya Dam to Chao Phraya River mouth, 14 stations during August, 2017 to April, 2018. The results showed that the ratio of nutrient concentration in Chao Phraya River that effect the amount of phytoplankton is most 10 : 1

which indicate nitrogen is the limiting factor to phytoplankton growth in the river because the N/P ratio lower than optimal nutrient ratio for phytoplankton is 16 : 1. The changing of amount of Division Bacillariophyta could be used as an indicator to the concentration of nitrate in the river because nitrate was positively correlated to amount of Division Bacillariophyta ($r^2 = 0.916$) which statistically significant at 95%. Therefore, these results can be used as monitoring of phytoplankton distribution in raw water resources in the water supply system in order to use as the guidelines solve a contamination problem of nutrient concentration in the water resources correctly and appropriately to reduce the occurrence of eutrophication in the future.

Keywords :

phytoplankton; Chao Phraya River; correlation

1. บทนำ

แพลงก์ตอนพืชมีบทบาทที่สำคัญต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำ เนื่องจากเป็นผู้ผลิตชั้นปฐมภูมิของห่วงโซ่อาหาร เพราะสามารถสังเคราะห์แสงและสร้างอาหารเองได้ เนื่องจากเป็นพืชที่มีสารสีในเซลล์ทำให้สามารถดูดซับพลังงานแสงและใช้พลังงานแสงร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์และสร้างสารอินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรต [3] แล้วได้ผลพลอยได้เป็นออกซิเจน โดยคาร์โบไฮเดรตที่ได้จะเป็นสารตั้งต้นในการสร้างเซลล์ใหม่ ส่วนออกซิเจนที่เกิดขึ้นจะช่วยให้แหล่งน้ำมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงขึ้น [5] ซึ่งแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่จะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในแหล่งน้ำได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชที่พบในแหล่งน้ำขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำและสภาพแวดล้อม นอกจากนี้แพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่ยังสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำนั้น

ได้อีกด้วย เช่น การใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นตัวชี้วัดปริมาณธาตุอาหารจำพวกไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำ เป็นต้น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถอธิบายถึงคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำในช่วงเวลานั้นๆ ได้โดยการศึกษาจากชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชที่ตรวจพบ

การศึกษาค้นคว้าความสัมพันธ์ของแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson's Correlation Coefficient) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในการประเมินคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีด้วยปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่ตรวจพบ เนื่องจากแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแหล่งน้ำดิบที่สำคัญในกระบวนการผลิตน้ำประปา แต่ปัจจุบันแม่น้ำเจ้าพระยามีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลายที่เกิดจากอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการขยายตัวของชุมชนอย่างรวดเร็วจนกลายเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้ง ส่งผล

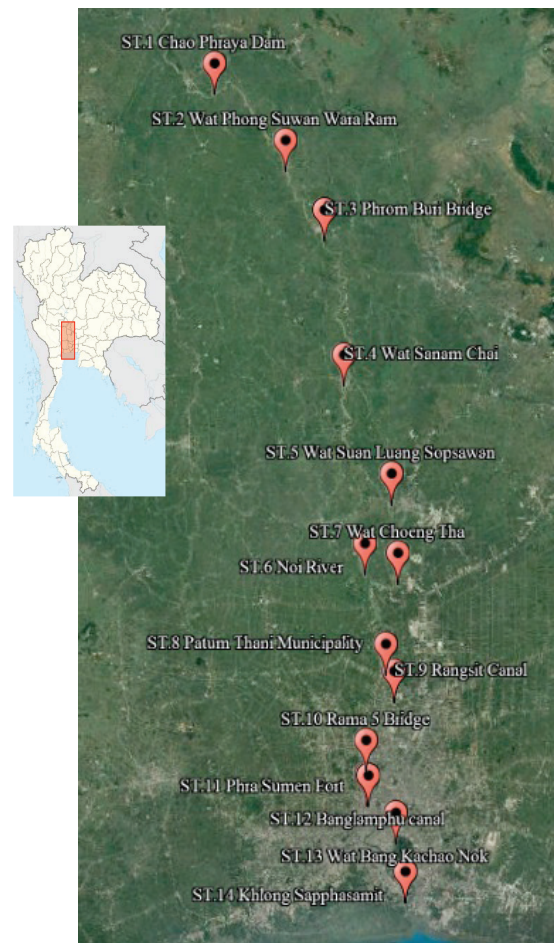
ให้คุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยานั้นเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำที่เกิดขึ้นย่อมส่งผลกระทบต่อความหลากหลายและปริมาณแพลงก์ตอนพืชด้วย ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำมาใช้ประเมินสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของระดับธาตุอาหารและคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่อาจไปกระตุ้นการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชจนส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่สำคัญในการติดตาม เฝ้าระวังการปนเปื้อนของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำดิบในกระบวนการผลิตน้ำประปา เพื่อที่จะได้ศึกษาหาแนวทางและวิธีการควบคุมคุณภาพน้ำได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 พื้นที่ศึกษาและช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง

ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาตั้งแต่ เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 โดยกำหนดสถานีเก็บตัวอย่างน้ำ 14 สถานี เพื่อให้ครอบคลุมทั้งแม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง โดยกำหนดให้สถานีเก็บตัวอย่างที่ 1-5 ตั้งอยู่ในพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณสถานีดังกล่าวจะเป็นแหล่งชุมชนและเกษตรกรรม ส่วนสถานีเก็บตัวอย่างที่ 6-9 ตั้งอยู่ในพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลาง การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณสถานีดังกล่าว

จะเป็นแหล่งชุมชน และสถานีเก็บตัวอย่างที่ 10-14 ตั้งอยู่ในพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณสถานีดังกล่าวจะเป็นแหล่งชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา

2.2 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างน้ำ Kemmerer Depth Sampler ปริมาตร 2 ล. ที่ระดับความลึก 0.50 ม. เนื่องจากอยู่ในช่วงความลึกที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช [2] ทำการรักษาสภาพปริมาณแพลงก์ตอนพืชด้วยสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่ทำให้เป็นกลาง ความเข้มข้นสุดท้าย 2% เพื่อนำมาศึกษาความหลากหลายและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในห้องปฏิบัติการ และทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพในภาคสนาม ได้แก่ อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) โดยใช้ Thermometer ค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH meter และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มก./ล.) โดยใช้วิธี Azide Modification Method จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดพลาสติก แช่น้ำแข็งแล้วนำกลับห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจวิเคราะห์หาค่าความขุ่นของน้ำ (NTU) โดยใช้ Turbidimeter แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มก./ล.) โดยใช้วิธี Distillation & Titration Method ไนเตรท-ไนโตรเจน (มก./ล.) โดยใช้วิธี Nitrate Electrode Method และออร์โธฟอสเฟต (มก./ล.) โดยใช้วิธี Ascorbic acid Method จากนั้นศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยใช้สไลด์นับแพลงก์ตอน (Sedgwick-Rafter Counting chamber) ขนาดความจุ 1 มิลลิลิตร นำจำนวนแพลงก์ตอนพืชที่ได้จากการนับมาคำนวณหาปริมาณแพลงก์ตอนพืชต่อหน่วยปริมาตรน้ำ (เซลล์/ลิตร) ตามวิธีของลัดดา วงศ์รัตน์ และ โสภณา บุญญาภิวัฒน์ [4] ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำโดยนำข้อมูลปริมาณแพลงก์ตอนพืชดิวิชันต่างๆ และคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดได้ทั้ง 14 สถานี ในแต่ละเดือน มาวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson's Correlation Coefficient) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

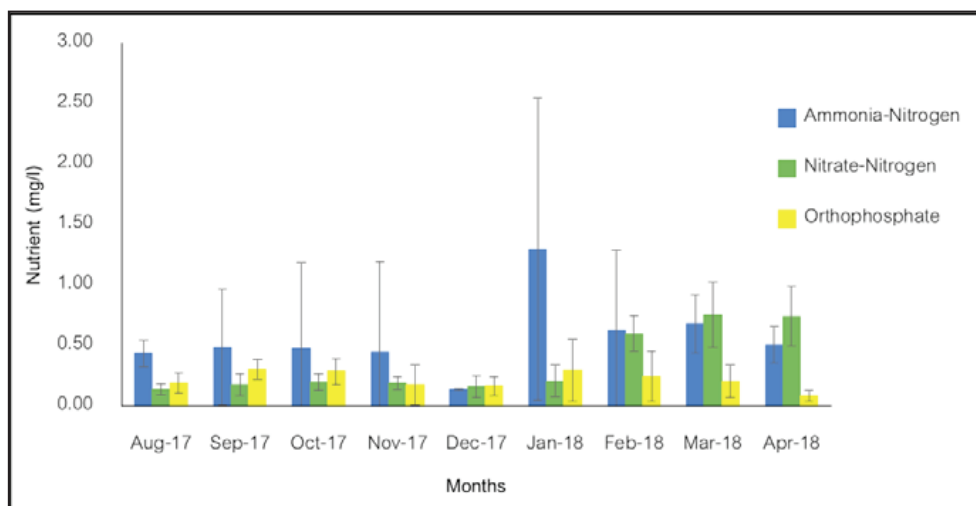


จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงระยะเวลา 9 เดือน พบว่า อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 27.00-32.50 °C ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำอยู่ในช่วง 5.00-7.00 ความขุ่นของน้ำอยู่ในช่วง 10.80-228.00 NTU ค่าออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 1.00-7.50 มก./ล. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน อยู่ในช่วง 0.14-4.80 มก./ล. ไนเตรท-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.03-1.38 มก./ล. และออร์โธฟอสเฟตอยู่ใน ช่วง 0.04-1.02 มก./ล.

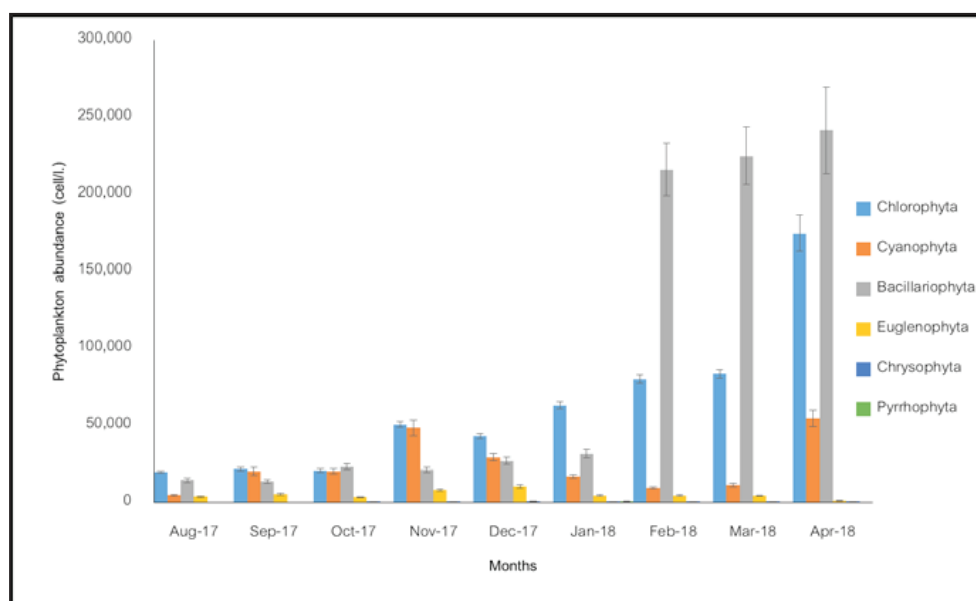
จากการศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงระยะเวลา 9 เดือน พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 6 ดิวิชัน 53 ชนิด ประกอบด้วย ดิวิชัน Chlorophyta 21 ชนิด พบปริมาณแพลงก์ตอนพืชอยู่ในช่วง 800-1,067,200 เซลล์/ล. รองลงมาคือ ดิวิชัน Bacillariophyta 17 ชนิด พบปริมาณแพลงก์ตอนพืชอยู่ในช่วง 800-2,044,000 เซลล์/ล. ดิวิชัน Cyanophyta 9 ชนิด พบปริมาณแพลงก์ตอนพืชอยู่ในช่วง 800-244,000 เซลล์/ล. ดิวิชัน Euglenophyta 4 ชนิด พบปริมาณแพลงก์ตอนพืชอยู่ในช่วง 800-32,000 เซลล์/ล. ดิวิชัน Chrysophyta 1 ชนิด พบปริมาณแพลงก์ตอนพืชอยู่ในช่วง 800-1,600 เซลล์/ล. และดิวิชัน Pyrrophyta 1 ชนิด พบปริมาณแพลงก์ตอนพืช 4,800 เซลล์/ล. (ภาพที่ 3) เมื่อนำข้อมูลความเข้มข้นของธาตุอาหารและแพลงก์ตอนพืชในแต่ละเดือนมาวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์พบว่าสัดส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารไนเตรท:ออร์โธฟอสเฟต (N/P Ratio) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำเจ้าพระยามากที่สุดคือ 10 : 1 ซึ่งพบในช่วงเดือนเมษายน ในขณะที่ Redfield (1958) [10] ระบุว่า N/P Ratio ในรูปที่ละลายน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชจะอยู่ที่ระดับ 16 : 1 ซึ่งหาก N/P Ratio P มีค่าต่ำกว่า 16 : 1 แสดงว่าปริมาณของ

ไนโตรเจนในแหล่งน้ำมีไม่เพียงพอ ขณะเดียวกันถ้า N/P Ratio มีค่าสูงกว่า 16 : 1 แสดงว่าปริมาณของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำมีไม่เพียงพอ [6] ดังนั้นจากสัดส่วน N/P ที่ตรวจวัดได้ สามารถบ่งชี้ได้ว่าบริเวณพื้นที่ศึกษาในแม่น้ำเจ้าพระยามีไนโตรเจนเป็น

ปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช เนื่องจาก N/P Ratio มีค่าต่ำกว่า 16 : 1 ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนมีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำ



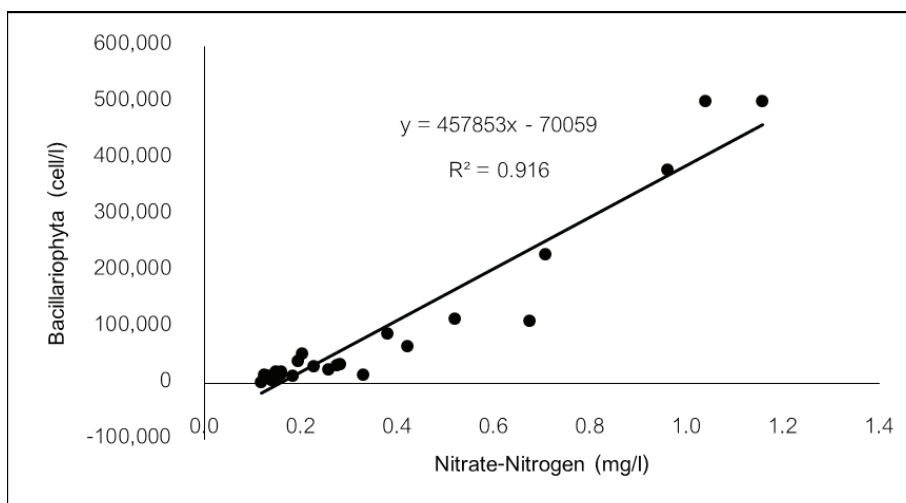
ภาพที่ 2 ปริมาณธาตุอาหารในแม่น้ำเจ้าพระยา



ภาพที่ 3 ปริมาณแพลงก์ตอนพืช (cell/l) ในแม่น้ำเจ้าพระยา

จากผลการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson's Correlation Coefficient) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืช ดิวิชันต่างๆ และคุณภาพน้ำในแต่ละเดือนพบว่า ไนเตรท-ไนโตรเจนมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับแพลงก์ตอนพืชดิวิชัน Bacillariophyta ($r^2 = 0.916$) โดยพบว่าเมื่อปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีความเข้มข้นมากกว่า 0.20 มก./ล. ปริมาณแพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Bacillariophyta จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่ง Khan et al. (1998) [9] รายงานว่าค่าไนเตรท-ไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับแพลงก์ตอนพืช *Skeletonema costatum* (Greville) ดิวิชัน Bacillariophyta ซึ่งเป็นชนิดแพลงก์ตอนพืชที่พบมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน พ.ศ. 2561 ของการศึกษาในครั้งนี้ ควรมีค่าอยู่ในช่วง 3-10 มก./ล. แต่ปริมาณแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่ามากกว่า 10 มก./ล. สอดคล้องกับ Kalkhoff et al. (2000) [8] ที่แนะนำให้ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนควรมีค่าต่ำกว่า 10 มก./ล. เพื่อลดการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช อย่างไรก็ตาม Fried et al. (2003) [7] รายงานว่า ทั้งไนเตรท-ไนโตรเจนและฟอสเฟตมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับแพลงก์ตอนพืช ซึ่งส่งผลทำให้คุณภาพน้ำลดลง

และมีแนวโน้มต่อการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันเนื่องจากปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้แพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วจนเกิดเป็นปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันได้ [11] เนื่องจากปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในแหล่งน้ำเกิดจากการเน่าเปื่อยของซากพืช ซากสัตว์ อุจจาระ น้ำเน่า ปุ๋ย น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีจากเกษตรกรรมเมื่อแบคทีเรียย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจนจากน้ำเสีย อุจจาระ และสารประกอบโปรตีน เปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย จากนั้นเป็นไนไตรท์ และสุดท้ายไปเป็นไนเตรท ซึ่งสามารถละลายได้ดีในน้ำ [1] อีกทั้งไนเตรทมีความเป็นพิษน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับแอมโมเนียและไนไตรท์ แต่เมื่อเกิดการสะสมถึงระดับหนึ่งจะมีผลต่อการขนส่งออกซิเจนและเป็นพิษต่อสัตว์น้ำเช่นเดียวกัน ซึ่งจากผลการศึกษาไนเตรท-ไนโตรเจนในแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.03-1.38 มก./ล. ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 10 มก./ล. จึงยังไม่ส่ง ผลอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ แต่หากเกิดสภาวะที่แพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Bacillariophyta ในแม่น้ำเจ้าพระยาเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว การลดปริมาณ ไนเตรท-ไนโตรเจนอาจเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำได้ (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืช ดิวิชัน Bacillariophyta และความเข้มข้นของไนเตรท

4. สรุปผลและเสนอแนะ



การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเพลงก่ตอนพืชกับคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา ในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 ผลการศึกษาพบว่า แม่น้ำเจ้าพระยามีไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโตของเพลงก่ตอนพืช เนื่องจาก N/P Ratio มีค่าต่ำกว่า 16 : 1 ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนมีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณเพลงก่ตอนพืชในแหล่งน้ำ เมื่อวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson's Correlation Coefficient) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ระหว่างเพลงก่ตอนพืชและคุณภาพน้ำพบว่า ไนเตรท-ไนโตรเจนมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับเพลงก่ตอนพืช ดิวิชัน Bacillariophyta ($r^2 = 0.916$) โดยพบว่าเมื่อปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่ามากกว่า 0.20 มก./ล. ปริมาณเพลงก่ตอนพืชดิวิชัน Bacillariophyta จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจากผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเพลงก่ตอนพืชในแหล่งน้ำและการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเพลงก่ตอนพืชดิวิชัน Bacillariophyta สามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดปริมาณความเข้มข้นของไนเตรท-ไนโตรเจนในแม่น้ำเจ้าพระยาได้ ดังนั้นสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการติดตาม เฝ้าระวัง การปนเปื้อนของเพลงก่ตอนพืชในแหล่งน้ำดิบในกระบวนการผลิตน้ำประปาและสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการควบคุมและหาแนวทางการแก้ปัญหาการปนเปื้อนของปริมาณธาตุอาหารในแหล่งน้ำได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม เพื่อลดปัญหาการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของเพลงก่ตอนพืชจนเกิดเป็นปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ



ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ เหลืองประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัย ตลอดจนการให้คำปรึกษา แนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในงานวิจัยครั้งนี้ จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โรงงานผลิตน้ำบางเขน ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการตรวจสอบการนับเซลล์สาหร่ายเพื่อทำการวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่างๆ

6. เอกสารอ้างอิง



[1] เทพวิฑูรย์ ทองศรี (2555). ผลกระทบของไนโตรเจนต่อสิ่งแวดล้อม. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ, 60(190): 2-14.

[2] ประเทือง เชาวน์กลาง (2534). คุณภาพน้ำทางการประมง. สำนักพิมพ์ฟิลิกส์เซนเตอร์: กรุงเทพมหานคร.

[3] ลัดดา วงศ์รัตน์ (2544). เพลงก่ตอนพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพมหานคร.

[4] ลัดดา วงศ์รัตน์ และโสภณา บุญญาภิวัฒน์ (2549). คู่มือวิธีการและวิเคราะห์เพลงก่ตอน. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพมหานคร.

[5] สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์ (2557). ระบบบำบัดน้ำเสีย Wastewater Treatment System. สำนักพิมพ์ท็อป: กรุงเทพมหานคร.

[6] สุวัฒน์ ธีธรรมา (2557). มลพิษทางทะเลและชายฝั่ง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย: ตรัง.

[7] Fried, S., B. Mackie, E. Nothwehr (2003). Nitrate and Phosphate Levels Positively Affect the Growth of Algae Species found in Perry Pond. Tillers, 4: 21-24.

[8] Kalkhoff, S.J., K.K. Barnes, K.D. Becher, M.E. Savoca, D.J. Schnobelen, E.M. Sadorf, S.D. Porter, and D.J. Sullivan (2000). Water Quality in the Eastern Iowa Basins, Iowa and Minnesota, 1996-98. U.S. Geological Survey: Virginia.

[9] Khan, S., M.M. Haque, O. Arakawa and Y. Onoue (1998). The Influence of Nitrogen and Phosphorus on the Growth of a Diatom *Skeletonema Costatum* (Greville) Cleve. Bangladesh Journal of Fisheries Research, 2(1): 23-29.

[10] Redfield A. C. (1958). The biological control of chemical factors in the environment. American Scientist, 46(3): 205-221.

[11] Tirado, R., A.J. Englande, L. Promakasikorn and V. Novotny (2008). Use of Agrochemicals in Thailand and Its Consequences for the Environment. Greenpeace Research Laboratories Technical Note 03/2008. University of Exeter: UK.