

การผันแปรและความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืช บริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน

Variation and Relationship between Water Qualities and Phytoplankton along the Coast of the Upper Gulf of Thailand

ฐิติมา นิยมศิลป์ชัย^{1*}, นฤมล กรคนิตนันท์¹, รชยา สายสหัส², โสภา สมบูรณ์³, จิระเดช เฉลิมวุฒิ⁴

¹สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กรุงเทพมหานคร 10210

²ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนล่าง สงขลา 90100

³ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนกลาง ชุมพร 86000

⁴ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบนฝั่งตะวันตก สมุทรสาคร 74000

Thitima Niyomsilpchai^{1*}, Narumol Kornkanitnan¹, Rachaya Saisahat²,
Sopa Somboon³, Jiradetch Chalermwut⁴

¹Marine and Coastal Resources Research and Development Institute, Bangkok 10210

²Marine and Coastal Resources Research Center, The Lower Gulf of Thailand, Songkhla 90100

³Marine and Coastal Resources Research Center, The Central Gulf of Thailand, Chumphon 86000

⁴Marine and Coastal Resources Research Center, The Upper Gulf of Thailand (West Coast),
Samut Sakhon 74000

Received 25 December 2022; Received in revised 28 February 2023; Accepted 8 March 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช การผันแปรและความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน โดยเก็บตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน จำนวน 6 สถานี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2560 ถึงเดือนกันยายน 2561 ทุก 2 เดือน รวม 6 ครั้ง พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 75 สกุล แพลงก์ตอนพืช Class Bacillariophyceae เป็นกลุ่มเด่นตลอดทั้งปี รองลงมาคือ Class Dinophyceae ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 3,421-2,427,088 Cell/L แพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และไดโนแฟลกเจลเลต มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นใน 6 สถานี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียว และไดโนแฟลกเจลเลต มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นระหว่างสองฤดูกาลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับปริมาณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชแต่ละกลุ่ม พบว่าแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียวมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียว

*ผู้รับผิดชอบบทความ: titima_022@yahoo.com

doi: 10.14456/tstj.2023.17

กับปริมาณ ไนโตรเจน แอมโมเนีย และฟอสเฟต ($r=0.56, 0.61$ และ 0.57 ตามลำดับ) และมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับค่าความเป็นกรด-ด่าง ($r=0.70$) และพบว่าแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับค่าความเป็นกรด-ด่าง และออกซิเจนละลายน้ำ ($r=0.53$ และ 0.49 ตามลำดับ) และมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกับปริมาณซิลิเกต ($r=0.50$)

คำสำคัญ: แพลงก์ตอนพืช; คุณภาพน้ำ; อ่าวไทยตอนบน

Abstract

This study aims to investigate the composition of phytoplankton, variation, and the relationship between water qualities and phytoplankton. Seawater samples were collected bimonthly from 6 stations along the coastal area of the upper gulf of Thailand during November 2017 to September 2018 a total of 6 times. A total of 75 genera of phytoplankton were found in this study. The Bacillariophyceae was found as the dominant group throughout the year, followed by Dinophyceae. The density of phytoplankton varied between 3,421-2,427,088 cells/L. The average density of the Blue-green algae and Dinoflagellate was significantly different among 6 stations ($p < 0.05$). Additionally, the average density of the Green algae and Dinoflagellate between the two seasons was also significantly different ($p < 0.05$). From the analysis of the relationship between water qualities and the density of each group of phytoplankton, it was found that the Green algae had a positive correlation with nitrate, ammonium, and phosphate ($r=0.56, 0.61$, and 0.57 , respectively). It also had a negative correlation with pH ($r=0.70$). On the other hand, Dinoflagellates had a positive correlation with pH and dissolved oxygen ($r=0.53$ and 0.49 , respectively) and a negative correlation with silicate ($r=0.50$).

Keywords: Phytoplankton; Water quality; The Upper Gulf of Thailand

1. บทนำ

อ่าวไทยตอนบนมีลักษณะเป็นอ่าวกึ่งปิด ได้รับอิทธิพลของน้ำจืดจากแม่น้ำสายหลัก 4 สาย ได้แก่ แม่น้ำแม่กลอง เจ้าพระยา ท่าจีน และบางปะกง เป็นแหล่งรองรับน้ำเสียและมลสารจำนวนมากที่ไหลผ่านพื้นที่อุตสาหกรรม และชุมชนเมืองขนาดใหญ่ก่อนลงสู่ชายฝั่งทะเล คุณภาพน้ำอ่าวไทยตอนบนจึงค่อนข้างเสื่อมโทรมเป็นบริเวณที่พบปัญหาอย่างต่อเนื่องเรื่อยมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551-2560 [1] [2] [3] โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณชายฝั่งใกล้ปากแม่น้ำ เนื่องจากมีความเข้มข้นของธาตุอาหารสูงซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตเบื้องต้นใน

อ่าวไทย อันได้แก่แพลงก์ตอนพืช [4, 5] พบว่าตั้งแต่ปลายปี พ.ศ. 2557 จนถึงกลางปี พ.ศ. 2559 เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (red tide) ที่บริเวณอ่าวไทยตอนบนบ่อยครั้ง โดยปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีเกิดจากการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืชจนทำให้สีของน้ำทะเลเปลี่ยนไป [1] ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งบางกรณีเป็นเหตุให้สัตว์น้ำตายเป็นจำนวนมากเนื่องจากคุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรมลง เช่น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลงต่ำมากขณะเกิดการย่อยสลาย หรือแพลงก์ตอนพืชปล่อยสารขับหลั่งที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำออกมาประมาณมาก เช่น แอมโมเนีย

และบางกรณียังเข้าไปอุดตันในเหงือกหรืออวัยวะและเปลี่ยนออกซิเจนของสัตว์น้ำ [5] โดยแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิด/กลุ่ม มีรูปแบบการดำรงชีพที่แตกต่างกัน มีวงจรชีวิตสั้นอีกทั้งยังตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว จึงสามารถใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำและความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศในเบื้องต้นได้ [6, 7, 8] โดยการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัย เช่น การเคลื่อนที่ของมวลน้ำ ความเข้มของแสง ความเค็ม และสารอาหารต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีส่วนก่อให้เกิดความแตกต่างขององค์ประกอบชนิดและการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืช [9, 10] ดังนั้น การศึกษาปัจจัยคุณภาพน้ำควบคู่กับการศึกษาผลผลิตขั้นต้นซึ่งคือแพลงก์ตอนพืช จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการประเมินศักยภาพ และเพื่อติดตามถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมบริเวณพื้นที่อ่าวไทยตอนบน อันเป็นแหล่งทรัพยากรที่สำคัญทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม โดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชระดับสกุล (Genus) ที่พบในแต่ละระดับชั้น (Class) รวมทั้งการผันแปรเชิงพื้นที่และฤดูกาล ควบคู่กับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำบางประการกับแพลงก์ตอนพืช บริเวณพื้นที่ชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประกอบการวางแผนบริหารจัดการในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยั่งยืนต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 พื้นที่ศึกษา

ชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน บริเวณปากแม่น้ำหลัก 4 สาย และบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากแหล่งอาศัยของชุมชนชายฝั่ง รวมทั้งสิ้น 6 สถานี ได้แก่ 1) ปากแม่น้ำแม่กลอง 2) ปากแม่น้ำท่าจีน 3) ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน 4) ปากแม่น้ำเจ้าพระยา 5) ชายฝั่งทะเลคลองด่าน และ 6) ปากแม่น้ำบางปะกง (Figure 1)

2.2 ระยะเวลาศึกษา

เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ถึงกันยายน พ.ศ. 2561 โดยทำการเก็บตัวอย่างทุก 2 เดือน (รวมทั้งสิ้น 6 ครั้ง) โดยช่วงเดือนที่เป็นตัวแทนการศึกษาในช่วงฤดูแล้ง ได้แก่ พฤศจิกายน มกราคม และมีนาคม ส่วนเดือนที่เป็นตัวแทนของช่วงฤดูฝน ได้แก่ พฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน ทั้งนี้ เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตอิทธิพลของมรสุม คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จึงทำให้มีฤดูกาลที่เด่นชัด 2 ฤดู คือ ฤดูฝน (Wet) กับฤดูแล้ง (Dry) โดยฤดูฝนได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคม ถึงกลางเดือนตุลาคม ส่วนฤดูแล้งได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เริ่มประมาณกลางเดือนตุลาคม ถึงกลางเดือนพฤษภาคม [11] [12] [13]

2.3 การศึกษาองค์ประกอบความหลากหลายและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช

2.3.1 การเก็บตัวอย่างภาคสนาม เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ระดับความลึก 0.5 เมตร เนื่องจากเป็นช่วงความลึกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช [14] ด้วยกระบอกเก็บน้ำแบบ Kemmerer ปริมาตร 20 ลิตร และกรองผ่านถุงกรองขนาดตา 20 ไมโครเมตร เพื่อรวบรวมตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช และนำมารักษาสภาพตัวอย่างด้วยฟอร์มาลินที่เป็นกลาง โดยให้ความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับร้อยละ 2-4

2.3.2 การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ จำแนกตัวอย่างในระดับสกุลและนับจำนวนด้วย Sedgwick-Rafter Counting Chamber ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง โดยแต่ละตัวอย่างทำการสุ่มนับ 2 ครั้ง โดยใช้เอกสารอ้างอิงของ Round และคณะ [15] Hasle และ Syvertsen [16] Tomas [17] และ Ladda [6]

2.3.3 การวิเคราะห์ความสม่ำเสมอของแพลงก์ตอนพืช โดยใช้ดัชนี Evenness index และความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช โดยใช้ดัชนี Shannon-Wiener diversity index [18]

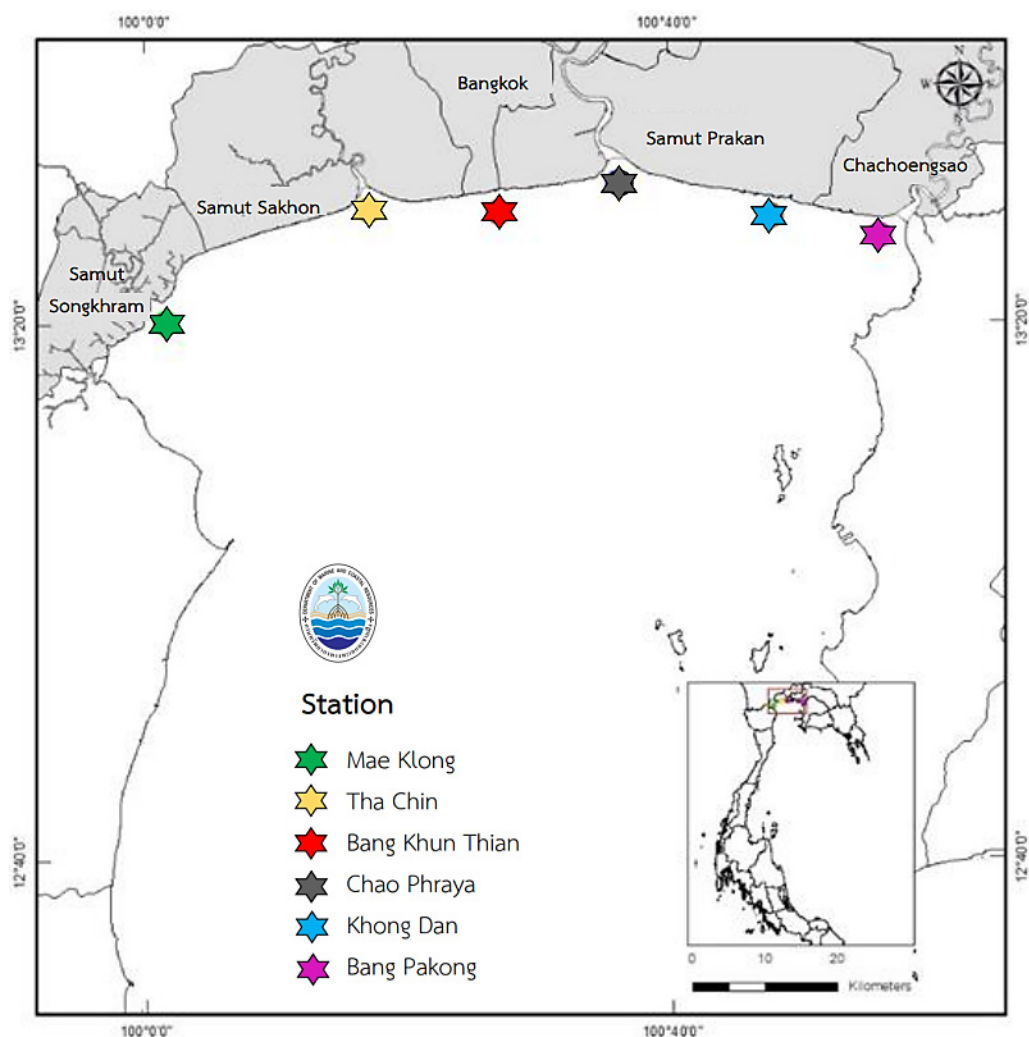


Figure 1 Sampling stations along the coast of the Upper Gulf of Thailand.

2.4 การศึกษาปัจจัยคุณภาพน้ำ

2.4.1 การตรวจวัดตัวอย่างภาคสนาม ตรวจวัดคุณภาพน้ำเบื้องต้นที่ระดับความลึก 0.5 เมตร ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่องมือตรวจวัดภาคสนามยี่ห้อ YSI รุ่น Pro 1030

2.4.2 การเก็บตัวอย่างน้ำทะเลเพื่อนำกลับไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ระดับความลึก 0.5 เมตร ด้วยกระบอกเก็บน้ำแบบ Kemmerer กรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรอง GF/C รักษาสภาพ

ตัวอย่างน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำกลับมาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ไนเตรต แอมโมเนีย ฟอสเฟต ซิลิเกต และสารแขวนลอยทั้งหมด โดยนำมาวิเคราะห์ทันทีเมื่อถึงห้องปฏิบัติการ (Table 1)

2.5 การวิเคราะห์สถิติ

2.5.1 แปลงข้อมูล (Data Transformation) ค่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชที่พบในแต่ละกลุ่ม และค่าปัจจัยคุณภาพน้ำ โดยใช้วิธีการทางสถิติ (Statistical Methods) เพื่อให้ข้อมูลมีการแจกแจงแบบ

Table 1 Methods and equipments used for water qualities analysis.

Parameters	Equipment	Methods of analysis
Dissolved oxygen (mg/L)	-	Azide modification method by (according to the method of APHA AWWA and WEF (1992) [20])
Total suspended solid (mg/L)	-	GF/C filtration (according to the method of APHA AWWA and WEF (1992)) [21]
Nitrite ($\mu\text{g at-N/L}$)	Spectrophotometer Brand: Perkins Elmer, Model: Lambda 35	Diazotization (according to the method of Strickland and Parsons (1972)) [20]
Nitrate ($\mu\text{g at-N/L}$)	Spectrophotometer Brand: Perkins Elmer, Model: Lambda 35	Cadmium reduction method + Diazotization (according to the method of Strickland and Parsons (1972)) [20]
Ammonia ($\mu\text{g at-N/L}$)	Spectrophotometer Brand: Perkins Elmer, Model: Lambda 35	Phenol-hypochlorite (according to the method of Grasshoff et al. (1999)) [22]
Phosphate ($\mu\text{g at-P/L}$)	Spectrophotometer Brand: Perkins Elmer, Model: Lambda 35	Ascorbic acid method (according to the method of Strickland and Parsons (1972)) [20]
Silicate ($\mu\text{g at-Si/L}$)	Spectrophotometer Brand: Perkins Elmer, Model: Lambda 35	Silicomolybdate (according to the method of Strickland and Parsons (1972)) [20]

ปกติ หรือทำให้ความแปรปรวนมีค่าเท่ากัน โดยวิธีใช้ลอการิทึม (Logarithmic Transformation) [19]

2.5.2 ทดสอบความแตกต่างของค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชที่พบในแต่ละสถานี/ฤดูกาล และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพน้ำที่พบในแต่ละสถานี/ฤดูกาล ด้วยวิธี ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) จากนั้นวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงซ้อน (multiple comparisons) เพื่อทดสอบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยดังกล่าว ว่ามีพื้นที่ใด

บ้างที่แตกต่างกัน ด้วยวิธีของฟิชเชอร์ (Fisher's least significant difference: LSD)

2.5.3 วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดกับค่าปัจจัยคุณภาพน้ำ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation) ชนิด Two-tailed analysis ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 และแปลผลค่าระดับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามหลักเกณฑ์ของ Best [23] (Table 2)

Table 2 Criteria for interpreting the correlation coefficient according to Best [23]

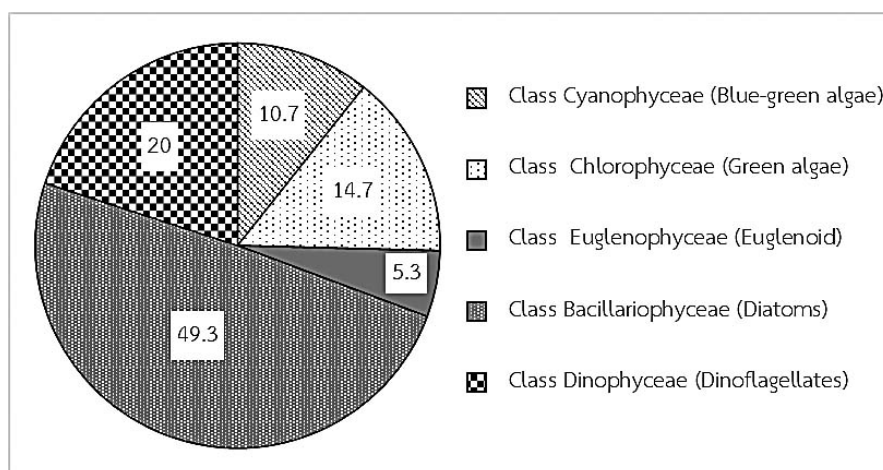
Correlation coefficient	Relationship level
0 - 0.20	Very low relationship
0.21 - 0.50	Low relationship
0.51 - 0.80	Moderate relationship
0.81 - 1.00	High relationship

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 องค์ประกอบระดับสกุลของแพลงก์ตอนพืชแต่ละกลุ่ม บริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน

พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 75 สกุล จาก 5 กลุ่ม โดยแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอม (Class Bacillariophyceae) มีความหลากหลายสกุลมากที่สุด พบทั้งสิ้น 37 สกุล (คิดเป็นร้อยละ 49.3) รองลงมาคือ กลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต (Class Dinophyceae) พบทั้งสิ้น 15 สกุล (ร้อยละ 20.0) กลุ่มสาหร่ายสีเขียว (Class Chlorophyceae) พบทั้งสิ้น 11 สกุล (ร้อยละ 14.7) กลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Class Cyanophyceae) พบทั้งสิ้น 8 สกุล (ร้อยละ 10.7) และกลุ่มยูกลีโนยด์ (Class Euglenophyceae) พบทั้งสิ้น 4 สกุล (ร้อยละ 5.3) ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยทั่วไปองค์ประกอบหลักของแพลงก์ตอนพืชทะเลที่พบ คือ กลุ่มไดอะตอม รองลงมาคือกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต และกลุ่มอื่นๆ [24] ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ และ ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Ichika และคณะ [25] Siriporn และคณะ [26] Sathienpong และคณะ [27] Benjamas และคณะ [28] Bussaya [29] และ Urairat และคณะ [30]

โดยสกุลที่ตรวจพบได้ตลอดทั้งปี ในทุกสถานที่ทำการศึกษานี้ มีทั้งสิ้น 21 สกุล ได้แก่ กลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน จำนวน 1 สกุล คือ *Oscillatoria* กลุ่มไดอะตอม จำนวน 15 สกุล ได้แก่

**Figure 2** Composition (%) of phytoplankton along the coast of the Upper Gulf of Thailand.

Skeletonema, *Thalassiosira*, *Aulacoseira*, *Coscinodiscus*, *Proboscia*, *Rhizosolenia*, *Eucampia*, *Chaetoceros*, *Ditylum*, *Odontella*, *Thalassionema*, *Navicula*, *Pleurosigma*, *Pseudo-nitzschia* และ *Entomoneis* และกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต จำนวน 5 สกุล ได้แก่ *Prorocentrum*, *Dinophysis*, *Ceratium*, *Pyrophacus* และ *Protoperdinium*

3.2 การผันแปรเชิงพื้นที่ของแพลงก์ตอนพืช

ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความหลากหลาย (Shannon-Wiener diversity index) และความสม่ำเสมอของแพลงก์ตอนพืช (Evenness index) พบว่าปากแม่น้ำแม่กลอง มีค่าดัชนีความหลากหลายสูงสุด มีค่าเท่ากับ 2.00 รองลงมา ได้แก่ ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน ปากแม่น้ำบางปะกง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และชายฝั่งทะเลคลองด่าน มีค่าเท่ากับ 1.93, 1.49, 1.48, 1.14 และ 0.64 ตามลำดับ สำหรับผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสม่ำเสมอ พบว่า ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน มีค่าดัชนีความสม่ำเสมอสูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.53 รองลงมา ได้แก่ ปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำบางปะกง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และชายฝั่งทะเลคลองด่าน มีค่าเท่ากับ 0.51, 0.38, 0.37, 0.31 และ 0.17 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชทั้ง 6 สถานี พบว่า ปากแม่น้ำแม่กลองและชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน มีความหลากหลายไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้ สภาพทั่วไปบริเวณปากแม่น้ำแม่กลองได้รับอิทธิพลจากการขึ้นลงของน้ำทะเลอยู่ตลอดเวลา โดยความเค็มมีความผันแปรอย่างมาก เป็นบริเวณที่มีศักยภาพการผลิตทางระบบนิเวศสูง ทั้งผู้ผลิตขั้นต้นและผู้บริโภคในลำดับต่างๆ บริเวณดังกล่าวเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนและแหล่งอาหารที่สำคัญทางเศรษฐกิจหลายชนิด [26] สำหรับสภาพทั่วไปของชายฝั่งทะเลบางขุนเทียนเป็นระบบนิเวศน้ำกร่อยพื้นที่ริมชายฝั่งเป็นพะเลเลี้ยงสัตว์น้ำ ป่าชายเลน แหล่งชุมชน อุตสาหกรรม รวมถึงแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศ [31] ซึ่งจากการศึกษาพบแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นที่มีความหนาแน่นสูงในทั้งสองบริเวณที่

สอดคล้องกัน ได้แก่ *Pseudo-nitzschia* (เดือนพฤศจิกายน และมกราคม) *Chaetoceros* (เดือนมีนาคม) และ *Thalassiosira* (เดือนกรกฎาคม) โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ Siriporn [32] นอกจากนี้ ยังพบว่ามีอีก 2 สถานี ที่มีค่าความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชไม่แตกต่างกันมาก ได้แก่ ปากแม่น้ำท่าจีน และปากแม่น้ำบางปะกง จากการพิจารณาสภาพพื้นที่บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน และปากแม่น้ำบางปะกง พบว่าเป็นพื้นที่ปากแม่น้ำที่มีลักษณะการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ใกล้เคียงกัน เป็นบริเวณที่มีแหล่งกำเนิดมลพิษมาจากในพื้นที่ลุ่มน้ำส่วนใหญ่ ได้แก่ แหล่งทำการประมง อุตสาหกรรม และชุมชน จากการศึกษาพบแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นที่มีความหนาแน่นสูงในทั้งสองบริเวณที่สอดคล้องกัน ได้แก่ *Thalassiosira* (เดือนพฤศจิกายน มกราคม และมีนาคม) *Skeletonema* (เดือนเมษายน) และ *Oscillatoria* (เดือนกันยายน) จากการศึกษาของ Raymont [33] พบว่า แพลงก์ตอนพืชสกุล *Skeletonema* และ *Thalassiosira* เป็นอาหารธรรมชาติของสัตว์น้ำตั้งแต่ระยะวัยอ่อนจนถึงตัวเต็มวัย ซึ่งจะถูกแพลงก์ตอนสัตว์หรือสัตว์น้ำกินโดยตรง จากนั้นแพลงก์ตอนสัตว์ก็จะถูกกินโดยผู้บริโภคอันดับต่อไป และจากการศึกษาคู่ประกอบหลักของอาหารในกระเพาะของปลากระบอกของ Prapaporn [34] พบไดอะตอมสกุล *Thalassiosira*, *Skeletonema* และ *Chaetoceros* เป็นองค์ประกอบหลักของอาหารในกระเพาะ นอกจากนี้ Kessaya [35] ยังพบว่าแพลงก์ตอนพืชสกุล *Thalassiosira* เป็นอาหารหลักของกุ้ง 7 ชนิด บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ได้แก่ กุ้งโอคัก (*Metapenaeus affinis*) กุ้งหัวมัน (*Metapenaeus brevicornis*) กุ้งตะกาด (*Metapenaeus ensis*) กุ้งปล้อง (*Parapenaeopsis hungerfordi*) กุ้งแชบ๊วย (*Panaeus merguensis*) และกุ้งเคย 2 ชนิด (*Acetes indicus* และ *A. vulgaris*) นอกจากนี้ ยังมักพบว่าบริเวณที่มีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์สูงจะพบไดอะตอมสกุล *Thalassiosira* มีความชุกชุมสูง Ladda [6] อย่างไร

ก็ตามเมื่อพิจารณาข้อมูลของค่าดัชนีความหลากหลายและความสม่ำเสมอประกอบร่วมกันแล้ว พบว่ามีแนวโน้มผันแปรในทิศทางเดียวกันเกือบทุกสถานี กล่าวคือ บริเวณที่พบมีค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพสูงมักพบค่าดัชนีความสม่ำเสมอซึ่งบ่งบอกถึงค่าการกระจายตัวของแฟลงก์ตอนพืชในแต่ละสกุลสูงด้วยเช่นกัน

ความหนาแน่นรวมของแฟลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน มีความผันแปรอยู่ระหว่าง 3,421-2,427,088 Cell/L โดยสถานีชายฝั่งทะเลคลองด่าน มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมของแฟลงก์ตอนพืชในรอบปีสูงสุด มีค่าเท่ากับ $578,323 \pm 322,237$ Cell/L รองลงมาได้แก่ สถานีปากแม่น้ำบางปะกง $466,468 \pm 660,489$ Cell/L สถานีปากแม่น้ำท่าจีน $284,823 \pm 362,869$ Cell/L สถานีปากแม่น้ำเจ้าพระยา $219,742 \pm 322,237$ Cell/L สถานีชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน $203,100 \pm 202,164$ Cell/L และสถานีปากแม่น้ำแม่กลอง $15,083 \pm 14,752$ Cell/L ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของกลุ่มแฟลงก์ตอนพืชในแต่ละสถานี พบว่าแฟลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมมีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสูง โดยพบมากกว่าร้อยละ 55 ในเกือบทุกสถานีที่ทำการศึกษา ยกเว้นที่สถานีปากแม่น้ำท่าจีน ซึ่งพบแฟลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสูงกว่า (Figure 3)

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของแฟลงก์ตอนพืชแต่ละกลุ่ม พบว่าแฟลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue-green algae) และกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต (Dinoflagellates) มีความหนาแน่นที่แตกต่างกันในระดับพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากนั้น เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยวิธีของฟิชเชอร์ (Fisher's least significant difference: LSD) พบว่า ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของแฟลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue-green algae) ที่สถานีปากแม่น้ำแม่กลองและปากแม่น้ำบางปะกง มีความแตกต่างกับสถานีปากแม่น้ำท่าจีน ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และ

ชายฝั่งทะเลคลองด่าน ซึ่งเมื่อพิจารณาในภาพรวมตลอดระยะเวลาการศึกษาพบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* เป็นสกุลที่มีความหนาแน่นสูงสุดในทุกสถานีที่ทำการศึกษา และ *Oscillatoria* ยังเป็นสกุลที่พบมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยในแต่ละสถานีสอดคล้องกับการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของฟิชเชอร์ โดยพบว่าความหนาแน่นเฉลี่ยในรอบปีของ *Oscillatoria* ที่สถานีปากแม่น้ำแม่กลองกับปากแม่น้ำบางปะกงไม่สูงมากนัก มีค่าเท่ากับ 404 ± 485 Cell/L และ $2,198 \pm 3,004$ Cell/L ตามลำดับ ส่วนค่าความหนาแน่นเฉลี่ยในรอบปีของ *Oscillatoria* ที่สถานีปากแม่น้ำท่าจีน ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และชายฝั่งทะเลคลองด่าน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับที่สถานีปากแม่น้ำแม่กลองและปากแม่น้ำบางปะกงแล้ว พบว่ามีค่าสูงกว่า โดยมีค่าเท่ากับ $168,032 \pm 373,871$ Cell/L $799,166 \pm 175,153$ Cell/L $12,233 \pm 20,009$ Cell/L และ $8,261 \pm 12,805$ Cell/L ตามลำดับ ทั้งนี้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Woraya [36] ที่พบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Oscillatoria* เป็นสกุลที่พบเด่นตลอดระยะเวลาการศึกษา และ Tidaporn [37] ที่กล่าวว่า *Oscillatoria* เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิดเดียวที่สามารถพบได้ตลอดทุกฤดูกาล ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจาก *Oscillatoria* มีการปรับตัวสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้ดีกว่าแฟลงก์ตอนพืชชนิดอื่นในกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน โดยในแหล่งน้ำที่มีสภาพค่อนข้างเสื่อมโทรมมักพบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* เจริญเติบโตเป็นกลุ่มเด่น [38]

นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยวิธีของฟิชเชอร์ (Fisher's least significant difference: LSD) ยังพบว่า ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของแฟลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต (Dinoflagellate) ที่สถานีปากแม่น้ำแม่กลอง มีความแตกต่างกับที่สถานีปากแม่น้ำท่าจีน ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน และชายฝั่งทะเลคลองด่าน และยังพบว่า ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของแฟลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต ที่สถานีปากแม่น้ำ

Table 3 Shannon-Weiner diversity index of phytoplankton along the coast of the Upper Gulf of Thailand.

Stations	Diversity index	Evenness	Number of genus	Number of phytoplankton (cells/L)		
				Minimum	Maximum	Mean $\pm$ SD
Mae Klong	2.00	0.51	49	3,421	42,307	15,081 $\pm$ 14,752
Tha Chin	1.48	0.37	53	15,524	1,001,378	284,823 $\pm$ 362,869
Bang Khun Thian	1.93	0.53	39	16,300	592,175	203,100 $\pm$ 202,164
Chao Phraya	1.14	0.31	40	17,609	864,541	219,742 $\pm$ 322,237
Khlong Dan	0.64	0.17	45	28,762	2,427,088	578,323 $\pm$ 934,780
Bang Pakong	1.49	0.38	49	20,305	1,534,163	466,468 $\pm$ 660,489

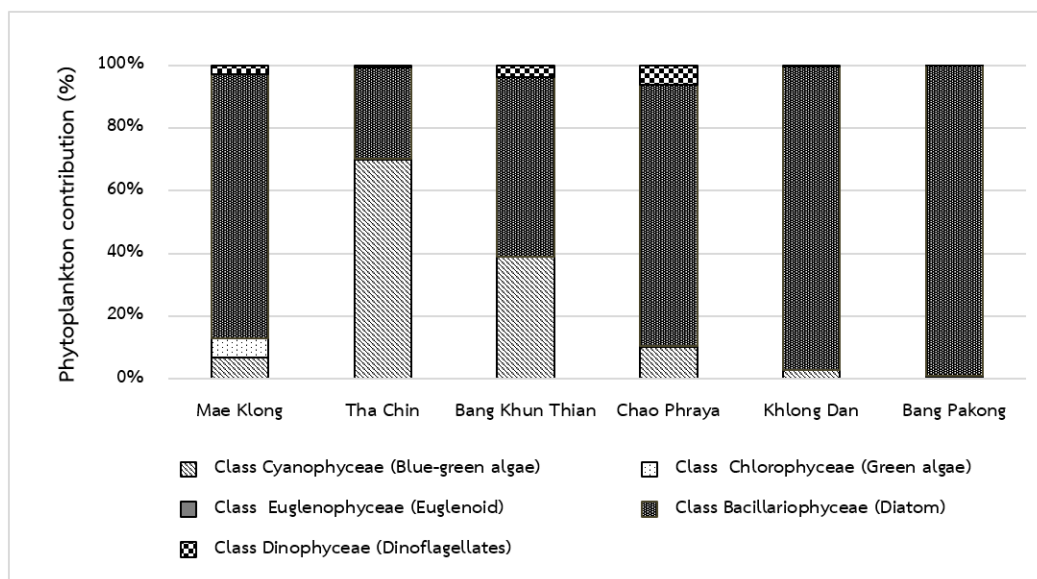


Figure 3 Percentage contribution of phytoplankton groups in seasons in the coast of the Upper Gulf of Thailand.

เจ้าพระยา มีความแตกต่างกับที่สถานีชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน อีกด้วยโดยที่สถานีปากแม่น้ำเจ้าพระยามีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตตลอดระยะเวลาการศึกษาสูงกว่าสถานีอื่น โดยมีค่าเท่ากับ $13,536 \pm 32,640$ Cell/L ส่วนสถานีปากแม่น้ำแม่กลอง มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการศึกษาต่ำกว่าสถานีอื่น คือเท่ากับ 262 ± 377 Cell/L โดยพบว่าไดโนแฟลกเจลเลต สกุล *Proto-peridinium* และ *Ceratium* เป็นสกุลเด่นที่พบมีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงตลอดระยะเวลาการศึกษาในทุกสถานี โดยมีค่าเท่ากับ 540 ± 430 Cell/L และ $1,323 \pm 4,910$ Cell/L ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในแต่ละพื้นที่ ไม่พบรูปแบบการผันแปรของสกุล *Proto-peridinium* และ *Ceratium* ที่ชัดเจน ทั้งนี้ อาจกล่าวได้ว่าการผันแปรของค่าความหนาแน่นเฉลี่ยรวมของแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตที่พบในแต่ละพื้นที่นั้นเกี่ยวข้องกับแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตในหลายสกุลร่วมกัน อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาหัวข้อดังกล่าวเพียงแสดงให้เห็นถึงลักษณะความแตกต่างของการเปรียบเทียบความหนาแน่นเฉลี่ยรายพื้นที่ที่เป็นไปตามผลการทดสอบของพืชเซอร์เฉพาะในส่วนของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียว

แกมน้ำเงินและกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตในแต่ละพื้นที่เพียงเท่านั้น ดังนั้น การที่จะระบุหรือสรุปถึงเหตุปัจจัยความเชื่อมโยงต่าง ๆ ทางระบบนิเวศ ยังจำเป็นต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบอื่น ๆ ในภาพรวมหลายปัจจัยร่วมด้วยอีกเช่นกัน

3.3 การผันแปรเชิงฤดูกาลของแพลงก์ตอนพืช

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยรวมของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด ที่พบในแต่ละช่วงฤดูกาล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยพบว่ามีแพลงก์ตอนพืช 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มสาหร่ายสีเขียว (Green algae) และกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต (Dinoflagellates) มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียว (Green algae) มีความหนาแน่นในช่วงฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้ง เฉลี่ยเท่ากับ $1,147 \pm 1,313$ Cell/L และ 156 ± 243 Cell/L ตามลำดับ และแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต (Dinoflagellates) มีความหนาแน่นในช่วงฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝน เฉลี่ยเท่ากับ $6,652 \pm 10,054$ Cell/L และ $2,589 \pm 4,480$ Cell/L ตามลำดับ (Figure 4)

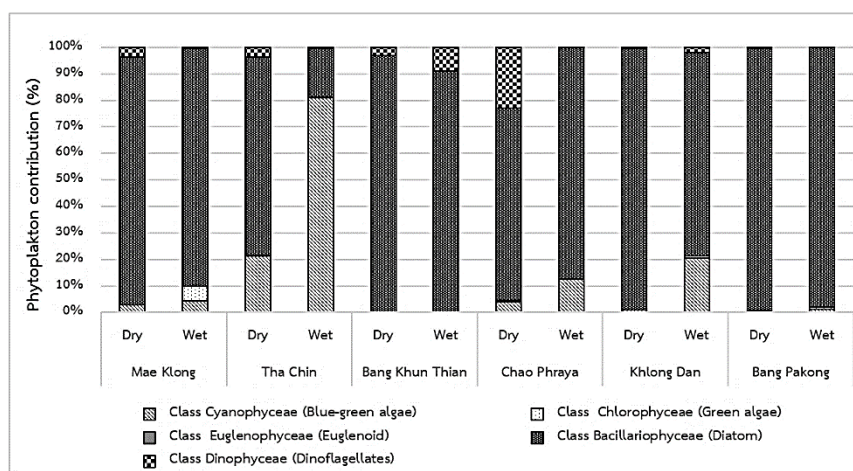


Figure 4 Percentage contribution of phytoplankton groups between dry and wet seasons in the coast of the Upper Gulf of Thailand.

อย่างไรก็ตาม ไม่พบการสะสมของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียวสกุลไดโอสกุลหนึ่งในแต่ละฤดูกาลอย่างเด่นชัด โดยพบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Ceratium* หนาแน่นสูงในช่วงฤดูแล้ง (เดือนมกราคม) ที่สถานีปากแม่น้ำท่าจีน และปากแม่น้ำเจ้าพระยา มีค่า 5,115 Cell/L และ 76,020 Cell/L ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wansiri และคณะ [39] ในปี พ.ศ. 2559 ที่มักพบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต *Ceratium furca* มีความหนาแน่นสูงที่บริเวณปากแม่น้ำท่าจีนในช่วงฤดูแล้ง และการศึกษาครั้งนี้ยังพบการสะสมของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมในสองช่วงฤดูกาล ได้แก่ สกุล *Skeletonema* (ช่วงฤดูฝน) ที่สถานีปากแม่น้ำเจ้าพระยา (กรกฎาคม 742,783 Cell/L) ชายฝั่งทะเลคลองด่าน (กรกฎาคม 252,053 Cell/L) และปากแม่น้ำบางปะกง (พฤษภาคม 1,010,053 Cell/L) และสกุล *Chaetoceros* (ช่วงฤดูแล้ง) ที่สถานีชายฝั่งทะเลคลองด่าน (มีนาคม 2,370,372 Cell/L) และปากแม่น้ำบางปะกง (พฤศจิกายน 1,072,942 Cell/L) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ruamsab [40] ที่พบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอม *Skeletonema costatum* และ *Chaetoceros* spp. เป็นสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีที่บริเวณอ่าวไทยตอนบน โดยในช่วงต้นฤดูแล้งมักพบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีมีสาเหตุมาจาก *Chaetoceros* spp. เกิดที่สถานีปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง ส่วนช่วงฤดูฝน มักพบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีมีสาเหตุมาจาก *Skeletonema costatum* เกิดที่สถานีปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง แต่ขัดแย้งกับการศึกษาของ Thitimom and Suchart ปี ค.ศ. 2018 [41] ที่พบแพลงก์ตอนพืชสกุล *Skeletonema* มีความหนาแน่นสูงในช่วงเดือนฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์-เมษายน)

3.4 การผันแปรเชิงพื้นที่ของปัจจัยคุณภาพน้ำ

ผลการศึกษาคูณภาพน้ำ 8 ปัจจัย ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลาย ปริมาณสารแขวนลอย

ทั้งหมด ไนโตรเจน ไนเตรต แอมโมเนีย ฟอสเฟต และซิลิเกต มีดังนี้ ความเป็นกรด-ด่าง มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 7.58-8.13 เนื่องจากบริเวณปากแม่น้ำและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน ได้รับอิทธิพลของน้ำจืดจากแผ่นดินและเป็นแหล่งรองรับปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูฝน ทำให้ค่าความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงกว้าง (0-32.9 psu) [31] ส่งผลต่อการผันแปรของค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำทะเล โดยพบว่าค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง ในรอบปีสูงสุดที่สถานีชายฝั่งทะเลคลองด่าน และต่ำสุดที่สถานีปากแม่น้ำท่าจีน ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่าง ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตบางประเภท เช่นสาหร่ายขนาดใหญ่ หรือไดอะตอมสามารถใช้ประโยชน์จากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มมากขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ [42] [43] ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ ที่พบว่าสถานีชายฝั่งทะเลคลองด่านมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชในรอบปีสูงสุด และที่สถานีปากแม่น้ำท่าจีน มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชในรอบปีต่ำที่สุด ออกซิเจนละลายมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 3.28-6.28 mg/L โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในรอบปีที่สถานีชายฝั่งทะเลคลองด่าน และต่ำสุดที่สถานีปากแม่น้ำท่าจีน ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 16.58-59.77 mg/L โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในรอบปีที่สถานีปากแม่น้ำเจ้าพระยา และต่ำสุดที่สถานีปากแม่น้ำแม่กลอง ไนโตรเจนมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 1.10-9.68 µg at-N/L โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในรอบปีที่สถานีปากแม่น้ำเจ้าพระยา และต่ำสุดที่บริเวณสถานีปากแม่น้ำแม่กลอง ไนเตรตมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 0.72-13.87 µg at-N/L โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในรอบปีที่สถานีปากแม่น้ำเจ้าพระยา และต่ำสุดที่สถานีปากแม่น้ำท่าจีน แอมโมเนียมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 2.49-35.20 µg at-N/L โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในรอบปีที่สถานีปากแม่น้ำท่าจีน และต่ำสุดที่สถานีปากแม่น้ำบางปะกง ฟอสเฟตมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 1.15-5.25 µg at-P/L โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในรอบปีที่สถานีปากแม่น้ำท่าจีน และต่ำสุดที่สถานีชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน และซิลิเกตมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 63.15-

149.83 $\mu\text{g at-Si/L}$ โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในรอบปีที่สถานีปากแม่น้ำเจ้าพระยา และต่ำสุดที่สถานีชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน (Table 4)

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพน้ำ พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลาย ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ไนเตรท แอมโมเนีย และฟอสเฟต ในแต่ละสถานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่า **ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง** ที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา แตกต่างกับชายฝั่งทะเลบางขุนเทียนและชายฝั่งทะเลคลองด่าน ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ บ่งบอกถึงปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในน้ำ น้ำทะเลทั่วไปจะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 7.9-8.3 น้ำกร่อยมีค่าอยู่ระหว่าง 6.0-9.0 โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่ามากหรือน้อยขึ้น

อยู่กับลักษณะของพื้นดินและหิน ปริมาณน้ำฝน ตลอดจนการใช้ที่ดินบริเวณแหล่งน้ำ รวมถึงอิทธิพลของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น จุลินทรีย์ และแพลงก์ตอนพืช ซึ่งมีส่วนทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีการผันแปรได้เช่นเดียวกัน [44] จึงอาจเป็นไปได้ว่าบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่แตกต่างจากบริเวณชายฝั่งทะเลบางขุนเทียนและชายฝั่งทะเลคลองด่าน เนื่องจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแหล่งรองรับน้ำจืดจากแม่น้ำลำคลองรวม 95 สาย [31] จึงเป็นแหล่งรองรับน้ำฝน และเป็นแหล่งตกทับถมของตะกอนขนาดเล็กที่พัดพามากับแม่น้ำปริมาณมาก ทำให้มีลักษณะของพื้นดินที่แตกต่างจากบริเวณชายฝั่งทะเลที่อยู่ห่างออกไปแต่อย่างไรก็ตาม Sopana [45] พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา มีอิทธิพลต่อ

Table 4 Water qualities along the coast of the Upper Gulf of Thailand.

	Mae Klong	Tha Chin	Bang Khun Thian	Chao Phraya	Khlong Dan	Bang Pakong
pH	7.88 $\pm$ 0.29 ^a	7.57 $\pm$ 0.31 ^a	8.00 $\pm$ 0.39 ^b	7.58 $\pm$ 0.24 ^a	8.13 $\pm$ 0.32 ^b	7.75 $\pm$ 0.48 ^a
Dissolved oxygen (mg/L)	4.85 $\pm$ 1.06 ^a	3.28 $\pm$ 1.65 ^{ac}	6.07 $\pm$ 2.25 ^{ab}	3.32 $\pm$ 1.18 ^{ac}	6.28 $\pm$ 2.22 ^{ab}	5.23 $\pm$ 1.05 ^{ab}
Total suspended solid (mg/L)	16.58 $\pm$ 12.41 ^{ab}	28.15 $\pm$ 18.01 ^a	22.70 $\pm$ 31.43 ^{ab}	59.77 $\pm$ 49.80 ^a	20.67 $\pm$ 17.60 ^{ab}	35.62 $\pm$ 21.10 ^{ac}
Nitrite ($\mu\text{g at-N/L}$) ^{ns}	1.10 $\pm$ 1.08	3.44 $\pm$ 5.26	2.27 $\pm$ 2.46	9.68 $\pm$ 7.34	6.81 $\pm$ 11.27	5.90 $\pm$ 10.30
Nitrate ($\mu\text{g at-N/L}$)	5.55 $\pm$ 5.45 ^b	0.72 $\pm$ 1.01 ^{ac}	1.02 $\pm$ 1.70 ^c	13.87 $\pm$ 12.72 ^b	5.46 $\pm$ 10.63 ^c	7.66 $\pm$ 12.22 ^b
Ammonia ($\mu\text{g at-N/L}$)	4.83 $\pm$ 3.66 ^a	35.20 $\pm$ 25.00 ^b	14.40 $\pm$ 21.52 ^a	23.25 $\pm$ 16.83 ^b	12.04 $\pm$ 16.42 ^a	2.49 $\pm$ 3.44 ^a
Phosphate ($\mu\text{g at-P/L}$)	1.83 $\pm$ 0.87 ^{bc}	5.25 $\pm$ 3.21 ^a	1.51 $\pm$ 1.35 ^{bc}	4.48 $\pm$ 1.97 ^a	2.38 $\pm$ 2.37 ^{bc}	2.43 $\pm$ 1.80 ^b
Silicate ($\mu\text{g at-Si/L}$) ^{ns}	120.43 $\pm$ 67.59	140.38 $\pm$ 74.77	63.15 $\pm$ 49.13	149.83 $\pm$ 76.44	73.96 $\pm$ 85.06	83.30 $\pm$ 81.72

Note: 1) Data shown as means $\pm$ S.D.

2) Mean value labeled with different letters horizontally showed a statistically significant difference ($p < 0.05$)

3) ns = non-significant

ปริมาณไม่โครพลกต์ตอนไม่มากนัก **ค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลาย** ที่ปากแม่น้ำท่าจีน มีความแตกต่างกับที่ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน ชายฝั่งทะเลคลองด่าน และปากแม่น้ำบางปะกง และค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา มีความแตกต่างกับที่ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน และชายฝั่งทะเลคลองด่าน เหตุที่เป็นเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากที่บริเวณปากแม่น้ำท่าจีนและปากแม่น้ำเจ้าพระยา เป็นแหล่งรองรับน้ำเสียจากบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม และพื้นที่เกษตรกรรม จึงเป็นบริเวณที่มีการสะสมของน้ำทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ ทำให้บริเวณดังกล่าวมีปริมาณออกซิเจนต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับที่บริเวณชายฝั่งทะเลบางขุนเทียนและชายฝั่งทะเลคลองด่าน อย่างไรก็ตาม ปริมาณออกซิเจนจะมากหรือน้อยนั้น ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการด้วยกัน เช่น อุณหภูมิ ความกดอากาศ ความเร็วของกระแสน้ำ อัตราการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ และอัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำ [44] **ค่าเฉลี่ยปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด** ที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา มีความแตกต่างกับที่ปากแม่น้ำแม่กลอง ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน และชายฝั่งทะเลคลองด่าน และค่าเฉลี่ยปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ที่พบบริเวณชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน มีความแตกต่างกับที่ปากแม่น้ำบางปะกง โดยปริมาณของสารแขวนลอย ได้แก่ อนุภาคดิน หินทราย แพลงก์ตอน แบคทีเรีย ตลอดจนแร่ธาตุต่างๆ เป็นตัวจำกัดปริมาณของแสงที่ส่องลงไปน้ำ โดยน้ำที่มีความขุ่นมากจะขัดขวางหรือลดปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงของแพลงก์ตอนพืช [44] โดยจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าปากแม่น้ำเจ้าพระยามีค่าเฉลี่ยของปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดสูงที่สุด และปากแม่น้ำแม่กลองมีค่าต่ำที่สุด **ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจน** ที่ปากแม่น้ำท่าจีน มีความแตกต่างกับที่ปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง และค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจน ที่บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา มีความแตกต่างกับที่ปากแม่น้ำท่าจีน ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน และชายฝั่งทะเลคลองด่าน **ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนีย** ที่บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง และปากแม่น้ำบางปะกง มี

ความแตกต่างกับที่ปากแม่น้ำท่าจีน และปากแม่น้ำเจ้าพระยา **ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสเฟต** ที่บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน มีความแตกต่างกับที่ปากแม่น้ำแม่กลอง ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน ชายฝั่งทะเลคลองด่าน และปากแม่น้ำบางปะกง และค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสเฟต ที่บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา มีความแตกต่างกับที่ปากแม่น้ำแม่กลอง ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน และชายฝั่งทะเลคลองด่าน โดยเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยปริมาณสารอาหารไนโตรเจน แอมโมเนีย และฟอสเฟต ดังกล่าวแล้ว พบว่ามีรูปแบบการผันแปรที่ไม่ชัดเจนตามลักษณะสภาพทั่วไปของแต่ละพื้นที่ ทั้งนี้ อาจเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอาหารไนโตรเจนในน้ำ เกิดจากหลายปัจจัยประกอบกัน ได้แก่ ปริมาณที่ลงสู่แหล่งน้ำ ปริมาณที่แพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ และขบวนการเปลี่ยนรูปของแอมโมเนีย ไนโตรเจน และไนไตรท์ ในวัฏจักรไนโตรเจน ซึ่งไนโตรเจน เป็นสารประกอบที่ถูกชะล้างได้ง่ายเมื่อมีการไหลผ่านของน้ำ ไปบนพื้นดิน โดยคุณสมบัติเหล่านี้จะแตกต่างจากแอมโมเนียมไอออนและฟอสเฟตที่มักเกาะอยู่กับอนุภาคดิน ซึ่งยากต่อการชะล้างลงสู่บริเวณปากแม่น้ำมากกว่า [46] องค์ประกอบของไนโตรเจนสามารถเข้าสู่ระบบของทะเล จาก 5 แหล่งหลัก ได้แก่ การไหลของแม่น้ำ ฝนที่ตกลงมา การละลายของก๊าซไนโตรเจน การละลายของก๊าซแอมโมเนีย และการปล่อยออกมาจากดินตะกอน ส่วนองค์ประกอบหลักของฟอสฟอรัสในระบบทะเลชายฝั่งนั้น มีแหล่งหลักมาจากการกัดเซาะจากผิวดินลงสู่ทะเล และการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งบ้านเรือนชุมชน [9]

3.5 การผันแปรเชิงฤดูกาลของปัจจัยคุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพน้ำ ในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน มกราคม และมีนาคม) และฤดูแล้ง (เดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน) แสดงดังรูปที่ 5 โดยพบว่า ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ไนไตรท์ ไนโตรเจน แอมโมเนีย ฟอสเฟต และซิลิเกต ที่ตรวจวัดได้ในแต่ละฤดูกาลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดย **ค่าความเป็นกรด-ด่าง** ในช่วงฤดู

แล้งมีค่าสูงกว่าฤดูฝน เฉลี่ยเท่ากับ 8.03 และ 7.61 ตามลำดับ ทั้งนี้ เนื่องจากอิทธิพลของน้ำจืดจากแม่น้ำที่ไหลลงสู่ทะเลทางบริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งโดยปกติค่าความเป็นกรด-ด่าง ในแหล่งน้ำจืดตรวจวัดได้ต่ำกว่าในน้ำทะเล [47] ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ตรวจวัดได้ในครั้งนี้ **ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด** ในช่วงฤดูฝนมีค่าสูงกว่าฤดูแล้ง เฉลี่ยเท่ากับ 39.46 ± 36.38 mg/L และ 21.70 ± 18.16 mg/L ตามลำดับ **ปริมาณไนโตรเจน** ในช่วงฤดูฝนมีค่าสูงกว่าฤดูแล้ง เฉลี่ยเท่ากับ 8.72 ± 8.92 μ g at-N/L และ 1.01 ± 1.28 μ g at-N/L ตามลำดับ **ปริมาณไนเตรท** ในช่วงฤดูฝนมีค่าสูงกว่าฤดูแล้ง เฉลี่ยเท่ากับ 8.40 ± 12.07 μ g at-N/L และ 3.02 ± 3.89 μ g at-N/L ตามลำดับ **ปริมาณแอมโมเนีย** ในช่วงฤดูฝนมีค่าสูงกว่าฤดูแล้ง เฉลี่ยเท่ากับ 22.59 ± 23.31 μ g at-N/L และ 8.14 ± 9.95 μ g at-N/L ตามลำดับ **ปริมาณฟอสเฟต** ในช่วงฤดูฝนมีค่าสูงกว่าฤดูแล้ง เฉลี่ยเท่ากับ 4.02 ± 2.73 μ g at-P/L และ 1.92 ± 1.34 μ g at-P/L ตามลำดับ **ปริมาณซิลิเกต** ในช่วงฤดูฝนมีค่าสูงกว่าฤดูแล้ง เฉลี่ยเท่ากับ 149.39 ± 66.92 μ g at-Si/L และ 60.95 ± 57.01 μ g at-Si/L ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าคุณภาพน้ำในแต่ละปัจจัยมีค่าสูงในช่วงฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้ง เนื่องจากในช่วงฤดูฝนมีปริมาณธาตุอาหารที่น้ำฝนชะล้างมาจากแผ่นดินมากกว่า จากรายงานของ Thanomsak [48] พบว่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย และไนเตรทบริเวณปากแม่น้ำ Jiangdong มีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล และพบว่าในช่วงที่เกิดน้ำหลากความเข้มข้นของไนเตรทจะเพิ่มสูงขึ้นจากเดิม เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากการชะล้างน้ำจากแผ่นดินลงสู่ปากแม่น้ำ เช่นเดียวกับที่บริเวณอ่าวชลบุรี ซึ่งพบว่าในช่วงฤดูน้ำมากมีปริมาณสารอาหารในมวลน้ำสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำน้อย และการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Bussaya [29] ที่พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจน ไนเตรท และแอมโมเนียมีค่าสูงขึ้นในช่วงฤดูฝน เนื่องจากฤดูฝนมีการไหลของน้ำผิวดินทำให้พัดพาสารอาหารที่เกิดจากกิจกรรมของ

มนุษย์มากขึ้น นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Thitima และคณะ [47] ที่พบปริมาณฟอสเฟตบริเวณปากแม่น้ำในช่วงฤดูฝนมีค่าสูงกว่าช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากในช่วงฤดูฝนมีการชะล้างน้ำทำจากบนฝั่งลงสู่แหล่งน้ำมากกว่าช่วงฤดูแล้ง ซึ่งหากแหล่งน้ำมีปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารเหล่านี้น้ำมาก อาจส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี (red tide) เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชเป็นตัวการสำคัญที่จะนำสารอาหารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำไปใช้ร่วมกับกระบวนการสังเคราะห์แสง ประกอบกับหากมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม จะทำให้แพลงก์ตอนพืชมีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว (phytoplankton bloom) จนเกิดเป็นปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีได้ ซึ่งเมื่อแพลงก์ตอนพืชเหล่านี้ตายลงจะทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากถูกนำไปใช้อย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืช ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงออกซิเจนในแหล่งน้ำ ซึ่งผลการศึกษามีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในครั้งนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Tawatchai และคณะ [49] ที่พบการแพร่กระจายของออกซิเจนละลายน้ำมีค่าใกล้เคียงกันในสองฤดูกาล

สำหรับปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด พบว่าในฤดูฝนมีค่าสูงกว่าในฤดูแล้ง สอดคล้องกับการศึกษาของ Thitima และคณะ [47] และอาจเกี่ยวข้องกับอิทธิพลจากการไหลเวียนของมวลน้ำในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบนจะไหลแบบตามเข็มนาฬิกา และมีการไหลวน (Gyre) ของมวลน้ำเกือบทั้งพื้นที่ ทำให้มวลน้ำมีระยะเวลาพำนัก (Residence time) ในอ่าวไทยนานขึ้น จึงเป็นเหตุให้พบปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดในน้ำมากในช่วงฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) [49] ซึ่งปัจจัยดังกล่าวยังส่งผลต่อความขุ่นของมวลน้ำและความสามารถในการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละช่วงเวลา

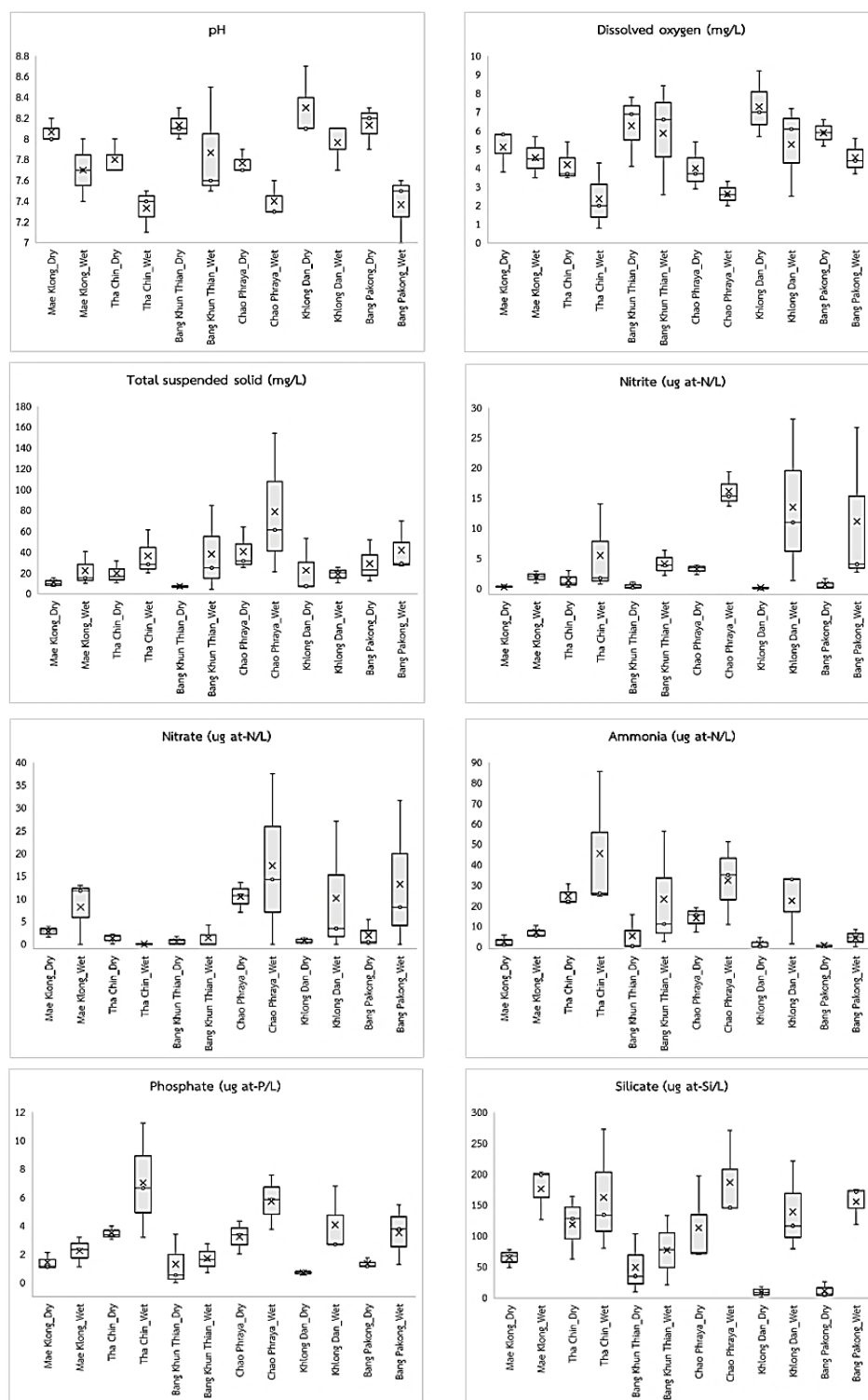


Figure 5 Box and whisker plot of seasonal variation of water quality parameters in the coast of the Upper Gulf of Thailand.

3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับแพลงก์ตอนพืช บริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำทั้ง 8 ปัจจัย ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลาย ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ไนโตรเจนในเตรท แอมโมเนีย ฟอสเฟต และซิลิเกต กับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด โดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 และแปรผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามหลักเกณฑ์ของ Best [23] พบว่าความหนาแน่นรวมของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยคุณภาพน้ำ แต่พบว่าแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียว (Green algae) มีความสัมพันธ์ทิศทางเดียวกันในระดับปานกลางกับปริมาณไนโตรเจน ($r=0.56$) แอมโมเนีย ($r=0.61$) และฟอสเฟต ($r=0.57$) กล่าวคือ ในช่วงที่มีปริมาณไนโตรเจน แอมโมเนีย และฟอสเฟตสูง จะพบปริมาณแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียวมีความหนาแน่นสูง และมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามในระดับปานกลางกับค่าความเป็นกรด-ด่าง ($r=-0.70$) กล่าวคือ ในช่วงที่ค่าความเป็นกรด-ด่างสูง จะพบปริมาณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียวต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Pusadee [50] ที่พบว่าแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียวมีความสัมพันธ์ทิศทางเดียวกันกับปริมาณแอมโมเนีย และไนเตรท นอกจากนี้ ยังพบว่าแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต (Dinoflagellate) มีความสัมพันธ์ทิศทางเดียวกันในระดับปานกลางกับค่าความเป็นกรด-ด่าง ($r=0.53$) และมีความสัมพันธ์ทิศทางเดียวกันในระดับต่ำกับปริมาณออกซิเจนละลาย ($r=0.49$) กล่าวคือ ในช่วงที่พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง และออกซิเจนละลายสูง จะพบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตมีความหนาแน่นสูง และแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตยังมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามในระดับต่ำกับปริมาณซิลิเกต ($r=0.50$) กล่าวคือ ในช่วงที่พบว่าแหล่งน้ำมีปริมาณซิลิเกตสูงจะ

พบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตมีปริมาณความหนาแน่นที่ต่ำ แสดงดังตารางที่ 5 จากการศึกษาในครั้งนี้ แพลงก์ตอนพืชแต่ละกลุ่มที่พบบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน มีความสัมพันธ์ต่อปัจจัยคุณภาพน้ำที่แตกต่างกัน การที่ไนโตรเจน แอมโมเนีย และฟอสเฟต มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียว อาจบ่งชี้ถึงสภาวะเผาะระงับการสะสมของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มดังกล่าวได้เมื่อแหล่งน้ำมีปริมาณไนโตรเจน แอมโมเนีย และฟอสเฟตที่เพิ่มสูงมาก ซึ่งมีแนวโน้มต่อการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากในแหล่งน้ำมีปริมาณธาตุอาหารจำพวกสารประกอบไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในปริมาณที่สูง [51] โดยบางกรณีเป็นเหตุให้สัตว์น้ำตายเป็นจำนวนมากเนื่องจากคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลง เช่น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลงต่ำมากในเวลากลางคืนหรือแพลงก์ตอนพืชปล่อยสารขับหลังที่เป็นอัตราต่อสัตว์น้ำออกมาปริมาณมาก เช่น แอมโมเนีย เป็นต้น [52] [53] การศึกษาครั้งนี้ ยังพบว่าปริมาณซิลิเกตมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต เนื่องจากซิลิเกตเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการสร้างผนังเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอม [54] จากการศึกษาของ Darley ในปี ค.ศ. 1974 [55] พบว่าในสภาวะที่ขาดแคลนซิลิเกตจะส่งผลกระทบต่อการแบ่งตัวและพัฒนาเซลล์ของไดอะตอม จึงเป็นไปได้ว่าในช่วงที่มีปริมาณความเข้มข้นของซิลิเกตสูงจะเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมมากกว่าไดโนแฟลกเจลเลต นอกจากปัจจัยดังกล่าวแล้ว การเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชยังขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เช่น การถูกล่า ลักษณะการเคลื่อนย้ายของมวลน้ำ ตลอดจนความสม่ำเสมอของลักษณะการแบ่งชั้นของน้ำ [56] รวมถึงปัจจัยร่วมอื่น ๆ ที่ควรคำนึง เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำที่เก็บตัวอย่างและตรวจวัดในวันเดียวกัน จึงบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแพลงก์ตอนพืช

Table 5 Correlation between phytoplankton and water qualities along the coast of the Upper Gulf of Thailand.

Water quality parameters	Density (Cell/L)									
	Blue-green algae		Green algae		Euglenoid		Diatom		Dinoflagellate	
	r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value
pH	-0.16	0.44	-0.70*	0.00	-0.44	0.15	0.28	0.10	0.53*	0.00
DO (mg/L)	-0.05	0.08	-0.51	0.02	-0.34	0.27	0.39	0.02	0.49*	0.00
TSS (mg/L)	0.16	0.44	-0.19	0.69	0.41	0.19	0.07	0.69	-0.25	0.16
Nitrite (µg at-N/L)	0.38	0.07	0.56*	0.01	0.67	0.02	-0.10	0.58	-0.23	0.20
Nitrate (µg at-N/L)	-0.23	0.38	0.27	0.32	0.27	0.56	-0.20	0.33	-0.39	0.50
Ammonia (µg at-N/L)	0.54	0.01	0.61*	0.00	0.52	0.10	0.07	0.70	0.12	0.54
Phosphate (µg at-P/L)	0.14	0.51	0.57*	0.00	0.20	0.53	-0.15	0.39	-0.31	0.08
Silicate (µg at-Si/L)	0.20	0.35	0.23	0.01	0.47	0.13	-0.34	0.05	-0.50*	0.00

* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

กับปริมาณสารอาหารและปัจจัยคุณภาพน้ำ ณ เวลานั้น แต่อาจไม่สะท้อนถึงปริมาณสารอาหารช่วงก่อนที่จะเกิดการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนซึ่งเป็นตัวกระตุ้นอย่างแท้จริง หรือแม้กระทั่งสารอาหารที่กระตุ้นให้เกิดการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชอาจเป็นสารอาหารในรูปที่ไม่ได้ทำการตรวจวัด เช่น ยูเรีย หรือสารประกอบฮิวมิก หรือสารอาหารที่ถูกปล่อยออกมาจากตะกอนพื้นทะเล เป็นต้น [5] ประกอบกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบนที่นับว่ามีความผันแปรค่อนข้างมากในรอบวัน เนื่องจากมีลักษณะเป็นระบบนิเวศปากแม่น้ำได้รับผลกระทบจากการขึ้นลงของน้ำ ซึ่งปริมาณน้ำจืด

จากแม่น้ำและความเค็มจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยทางกายภาพ เคมี และชีวภาพในระบบนิเวศตลอดเวลา ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาเรื่องดังกล่าวอย่างต่อเนื่องเพื่อติดตามและสามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนยิ่งขึ้นต่อไป

4. สรุป

จากการศึกษาของค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชแต่ละกลุ่ม การผันแปรเชิงพื้นที่และฤดูกาล รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชกับปัจจัยคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน ระหว่างเดือนพฤศจิกายน

2560 ถึงเดือนกันยายน 2561 จำนวน 6 สถานี ได้แก่ ปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ชายฝั่งทะเลคลองด่าน และปากแม่น้ำบางปะกง พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 75 สกุล จาก 5 กลุ่ม โดยแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมมีจำนวนสกุลมากที่สุด (ร้อยละ 49.3) ค่าดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชมีค่าสูงสุดที่บริเวณสถานีปากแม่น้ำแม่กลอง เท่ากับ 2.00 ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 3,421-2,427,088 Cell/L พบว่าแพลงก์ตอนพืช 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และไดโนแฟลกเจลเลตมีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นใน 6 พื้นที่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียว และกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นระหว่างสองฤดูกาลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลการศึกษาการผันแปรของคุณภาพน้ำ พบว่าความเป็นกรด-ด่างมีค่า 7.50-8.13 ออกซิเจนละลาย มีค่า 3.28-6.28 mg/L ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด มีค่า 16.58-59.77 mg/L ไนโตรเจนมีค่า 1.10-9.68 $\mu\text{g at-N/L}$ ไนโตรเจนมีค่า 0.72-13.87 $\mu\text{g at-N/L}$ แอมโมเนีย มีค่า 2.49-35.20 $\mu\text{g at-N/L}$ ฟอสเฟต มีค่า 1.15-5.25 $\mu\text{g at-P/L}$ และซิลิเกต มีค่า 63.15-149.83 $\mu\text{g at-Si/L}$ พบว่าค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลาย ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ไนโตรเจน แอมโมเนีย และฟอสเฟต มีความแตกต่างกันในระดับพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นอกจากนี้ ยังพบค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ไนโตรเจน ไนโตรเจน แอมโมเนีย ฟอสเฟต และซิลิเกต มีความแตกต่างกันระหว่างฤดูแล้ง และฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำกับกลุ่มของแพลงก์ตอนพืช สรุปได้ว่า แพลงก์ตอนพืชแต่ละกลุ่มที่พบ มีความสัมพันธ์ต่อปัจจัยคุณภาพน้ำที่ต่างกัน โดยแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียว มีความสัมพันธ์ทิศทางเดียวกันกับปริมาณไนโตรเจน ($r=0.56$) แอมโมเนีย

($r=0.61$) และฟอสเฟต ($r=0.57$) และมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามค่าความเป็นกรด-ด่าง ($r=-0.70$) นอกจากนี้ ยังพบว่าแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตมีความสัมพันธ์ทิศทางเดียวกันกับค่าความเป็นกรด-ด่าง ($r=0.53$) และปริมาณออกซิเจนละลาย ($r=0.49$) และมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกับปริมาณซิลิเกต ($r=0.50$)

งานวิจัยนี้ ทำให้ทราบถึงลักษณะประชาคมของแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน ทั้งในเชิงคุณภาพ คือ ทราบถึงองค์ประกอบของความหลากหลายทางชีวภาพและความสม่ำเสมอซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกในเรื่องของการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชที่พบในแต่ละบริเวณ ซึ่งพบว่าปากแม่น้ำแม่กลองและชายฝั่งทะเลบางขุนเทียนมีความหลากหลายทางชีวภาพและความสม่ำเสมอของแพลงก์ตอนพืชสูงเมื่อเทียบกับสถานีอื่น ข้อมูลพื้นฐานที่ได้สามารถนำมาใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงในเรื่องของความหลากหลายในระยะยาวสำหรับข้อมูลในเชิงปริมาณ ทำให้ทราบถึงลักษณะการผันแปรของความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชที่พบในแต่ละกลุ่มทั้งในเชิงพื้นที่และฤดูกาล สามารถบอกได้ว่าพื้นที่ใดมีความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชที่พบในกลุ่ม/สกุล มากน้อยเพียงใด ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเฝ้าระวังการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในอนาคต ที่อาจส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำและระบบนิเวศบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน อย่างไรก็ตาม ช่วงขณะที่ผู้วิจัยเก็บตัวอย่าง พบการสะสมของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต สกุล *Ceratium* ในฤดูแล้ง (เดือนมกราคม) จำนวน 1 ครั้ง ที่บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา โดยน้ำทะเลมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลอ่อน และพบการสะสมของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมสกุล *Skeletonema* ในช่วงฤดูฝน จำนวน 3 ครั้ง ที่บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา (เดือนกรกฎาคม) ชายฝั่งทะเลคลองด่าน (เดือนกรกฎาคม) และปากแม่น้ำบางปะกง (เดือนพฤษภาคม) และพบการสะสมของสกุล *Chaetoceros* ในช่วงฤดูแล้ง จำนวน 1 ครั้ง ที่สถานีคลองด่าน (เดือนมีนาคม)

อย่างไรก็ตามการสะสมของแพลงก์ตอนพืชในช่วงเวลาดังกล่าว ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศอย่างไร โดยพบว่าน้ำทะเลมีสีเปลี่ยนไปจากสภาวะปกติเพียงเล็กน้อย ส่วนการศึกษาคุณภาพน้ำ ทำให้ทราบถึงความผันแปรของคุณภาพน้ำในแต่ละปัจจัยที่เกิดขึ้นทั้งในระดับพื้นที่และฤดูกาล ตลอดจนทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำในแต่ละปัจจัยกับแพลงก์ตอนพืชแต่ละกลุ่มดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว ซึ่งผู้วิจัยเห็นควรมีการศึกษาเรื่องดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง เพื่อทราบถึงคุณภาพน้ำบางปัจจัยที่อาจมีส่วนสัมพันธ์กับแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบนในแต่ละสฤ/กลุ่ม ได้เด่นชัดขึ้น เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลคุณภาพน้ำมาใช้ประกอบการคาดการณ์การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในพื้นที่ได้ หรือในทางกลับกันสามารถใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดใดหรือกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งในการบ่งชี้ถึงปัจจัยคุณภาพน้ำบางประการบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบนได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้นต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่กลุ่มสมุทรศาสตร์และสิ่งแวดล้อม ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบนฝั่งตะวันตก พี่ต๋อง พี่ตู พี่พัส น้องอิม น้องหมีว และน้องโจ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลืองานในภาคสนาม และห้องปฏิบัติการอย่างดียิ่ง

6. References

- [1] Department of Marine and Coastal Resources, 2017, The 2017 Marine and Coastal Resources and Coastal Erosion Situations of Thailand, Born To Be Publishing Co., Ltd., Bangkok, 50 p.
- [2] Department of Marine and Coastal Resources, 2018, The 2018 Marine and Coastal Resources and Coastal Erosion Situations of Thailand, Born To Be Publishing Co., Ltd., Bangkok, 332 p.
- [3] Department of Marine and Coastal Resources, 2021, The 2018 Marine and Coastal Resources and Coastal Erosion Situations of Thailand, Doo Connection Publishing Co., Ltd., Bangkok, 416 p.
- [4] Pollution Control Department, 2012, Coastal Land Resources and Utilization Map at the Upper Gulf of Thailand, Water Source Division, Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment. Bangkok. 18 p. (in Thai)
- [5] Sompop, R., Chonthaya, S., C., Atcharaporn, P., Nittharat, P, Anuphar, P. and Anek, S., 2003, The Situation of the Red Tide Phenomenon in Thailand, pp. 74-104, In Paphawasit N. (Ed.), Surveillance of Red Tide Phenomenon in Thailand, Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment (in Thai)
- [6] Ladda, W., 1999, Phytoplankton, Faculty of Fisheries, Department of Fisheries Biology, Kasetsart University. Bangkok, 851 p. (in Thai)
- [7] Chalee P. and Paiboonkitkul. B., 2018, Index of Coastal Water Quality by Phytoplankton Species, Faculty of Marine Technology, Burapha University, 52 p.
- [8] Rungrawin A., Chaliya, O., Pokchat, C., Charuwat, S., Pornthep, P., Paweena, T. and Wiraiwan, N., 2022, Plankton Foundation of Food Webs in Ecosystems, Environ. J. 26: 1-8. (in Thai)
- [9] Chetaphong M., 2002, Physiology of Marine Phytoplankton. Department of

- Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, pp. 1-17 (in Thai)
- [10] Penjai, S., Khanittha, U. and Narumol, B., 2013, Nutrients and Primary Productivity in the Gulf of Thailand, In Thailand, Research Report, The results of the survey of fishery resources and marine environment in the central Gulf of Thailand, by Save Deck survey boat 2013, pp. 34-38.
- [11] Announcement of the Meteorological Department on entering winter in Thailand, 2017. Meteorological Department, dated 24 October.
- [12] Royal Irrigation Department, Office of Water Management and Hydrology, Available Source: <http://water.rid.go.th/hydhome/hydmag/journal/May-1-2-56.pdf>, February, 2023.
- [13] Green Net, Social business organization, Available Source: <https://www.greennet.or.th/%E0%B8%A4/>, February, 2023.
- [14] Pratueang C., 1991, Fishery water quality, Physics Center Publishing, Bangkok, 86 p.
- [15] Round, F.E., Crawford, R.M. and Mann, D.G., 1990, The Diatom: Biology Morphology of the Genera, Cambridge Univ. press, Cambridge, pp. 1-284.
- [16] Hasle, G.R. and Syvertsen, E.E., 1996, Marine diatom, pp. 5-385, In Tomas, C.R. (Ed.), Identify Marine Diatom and Dinoflagellate, Academic Press, San Diego CA.
- [17] Tomas, C.R., 1997, Identifying Marine Phytoplankton, Academic Press, U.S.A, 858 p.
- [18] Krebs, C. K., 1999, Ecological methodology (2nd ed.), California: Addison Wesley Longman, Benjamin/Cummings, Menlo Park, 620 p.
- [19] Songphon R., 2012, Transformation of Research Results by Statistical Method, Department of Science Service J. 189: 16-19. (in Thai)
- [20] Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R., 1972, A Practical Handbook of Seawater Analysis, Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, 310 p.
- [21] Greenberg, A.E., Clesceri, L.S. and Eaton, A.D., 1992, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th Ed., American Public Health Association, Washington, D.C, 10 p.
- [22] Grasshoff, K., Kremling, K. and Ehrhardt, M., 1999, Method of Seawater Analysis, 3rd Ed., Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH, Germany, 599 p.
- [23] Best, J. W., 1977. Research in Education, 3rd Ed., Prentice hall Inc., New Jersey, 403 p.
- [24] Sournia, A., 1978, Phytoplankton manual. Page Brothers (Norwich) Ltd., Paris, 337 p.
- [25] Ichika, P., Atcharaporn, P. and Nittharat, P., 2000, Diversity of Phytoplankton in the Mouth of the Tha Jeen River, Samut Sakhon Province, The 11th National Mangrove Ecosystem Seminar, Trang Province, pp. 1-11. (in Thai)

- [26] Siriporn, B., Narong, W. and Ladda, W., 2007, Species Composition and Abundance of Phytoplankton in MaeKlong estuary, Samut Songkram Province, Proceedings of 45th Kasetsart University Annual Conference, Bangkok, pp. 509-516 (in Thai)
- [27] Sathienphong, K., Kasem, C., Wasin, I., Oranong, P., Anukorn, B. and Akachai, B., 2015, Species Diversity of Phytoplankton and Relationship with Water Quality at Coastal area of Laem Phak Bia, Phetchaburi Province, KMUTT Research and Development J., 38 (2): 167-179 (in Thai)
- [28] Benjamas, C.P., Lapaslada, K., Sasila, C., and Salee, P., C., 2015, Phytoplankton diversity at Baan Bang Sa Kaow, Laem Sing District, Chanthaburi Province, Khon Kaen AGR. J. 43 (1): 568-573 (in Thai)
- [29] Bussaya, P., 2016, Phytoplankton Distribution and Its Relationships to the Physicochemical Environment in the Coastal Aquaculture Area, Bandon Bay, Surat Thani Province, Master of Science, Thesis, 141 p.
- [30] Urairat, R., Wit, T., Kasem, J. and Ornanong, P., 2019, Relationship between Water Qualities and Phytoplankton at Coastal Area Phetchaburi Province, Thailand , Burapha Science J., 24 (1): 203-215 (in Thai)
- [31] Seawater Quality Report 2012-2018, 2020, Marine and Coastal Resources Research and Development Institute, Department of Marine and Coastal Resources, Bangkok, 214 p.
- [32] Siriporn, B., 2006, Relationship between Species Composition and Abundance of Phytoplankton with Zooplankton in MaeKlong Estuary, Samut Songkhram Province, Master of Science (Fisheries Science) Department of Fishery Biology, Thesis, 349 p.
- [33] Raymont, J.E.G., 1980, Plankton and Productivity in the Ocean: Plankton Vol.1, Pergamon Press, London, 489 p.
- [34] Prapaporn, W., 1999, Fish Population Structure in Tha Chin River Estuary Mangrove Forest, Samut Sakhon Province, Master of Science, Chulalongkorn University, Thesis, 166 p.
- [35] Kessaya, N., 1999, Shrimp Population Structure in Tha Chin River Estuary Mangrove Forest, Samut Sakhon Province, Master of Science, Chulalongkorn University, Thesis, 152 p.
- [36] Woraya, K., 2005, Diversity and Abundance of Micro-Plankton Phytoplankton at the Bangpakong Estuary. Chachoengsao Province, Master of Science, Chulalongkorn University, Thesis, 274 p.
- [37] Tidaporn, H., 1997, Relationships between Water Quality and Phytoplankton in the Bangpakong River, Master of Science, Kasetsart University, Thesis, 177 p.
- [38] Round, J.E.G., 1984. The Ecology of Algae, Cambridge Press, London. 659 p.
- [39] Wansiri, C., Jiradetch C., J., Tanyapat, S. and Tanet, W., 2016, Phytoplankton and

- Red Tides in the Samut Sakhon Coastal Area, Burapha Sci. J., 21 (3): 174-189 (in Thai)
- [40] Ruamsub, C., 2006, Phytoplankton of Red Tide Phenomenas in The Upper Gulf of Thailand, Academic Document, No. 1/2006. Phuket Marine Biological Center, Department of Marine and Coastal Resources, Ministry of Natural Resources and Environment, 96 p.
- [41] Thitimom, Y. and Suchart L., 2019, The Correlation Assessment of Phytoplankton and Water Quality in Chao Phraya River, Kasetsart Engineering J., 32 (107): 65-72. (in Thai)
- [42] Laffoley, D. A., and J.M. Baxter., 2015. The Monaco Ocean Acidification Action Plan. Heralding the next era of action on ocean acidification. 20 pp.
- [43] Kroeker, K.J, Kordes, R.L., Crim, R., Hendriks I.E., Ramajo L., Singh G.S., Duarte, C.M. and Gattuso, J.P., 2013, Impacts of ocean acidification on marine organisms: quantifying sensitivities and interactions with warming, Global Change Biology, 19: 1884-1896.
- [44] Maitree, D. and Jaruwan S., 1985, Water properties and analytical methods for fisheries research, Water quality and analytical methods for fisheries research, Department of Fisheries, Bangkok, 115 p.
- [45] Sopana, B., 1978, Study of Diversity Index and Abundance of Microplankton in the Chao Phraya River Estuary. Master of Science, Kasetsart University, Thesis 115 p.
- [46] Siriphen, T., 2000, Water Quality Analysis, Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, 125 p.
- [47] Thitima, W., Witaya K., Kanokporn, L. and Witsanu N., 2008, Coastal water quality in Than-chin Estuary, Samut Sakhon Province, Academic Conference on Marine Science, Phuket, pp. 318-326 (in Thai)
- [48] Thanomsak, B., 2018, Surveillance and Identification of Causes of Red Tide Phenomenon in Bangsaen-Wonnapha beach, Research Report, Chonburi, Burapha University, Chonburi, 133 p. (in Thai)
- [49] Tawatchai, N., Anukul, B., Kittiya, H. and Prasarn I., 2009, Temporal and Spatial Variations of Water Qualities in the Upper Gulf of Thailand During Two Seasons in 2009, Burapha Sci. J., 18 (2): 32-42
- [50] Pusadee, T., 1997, Relationship between phytoplankton and some water quality in Mae Klong River. Master of Science, Kasetsart University, Thesis, 133 p.
- [51] Li, M., Xu, K., Watanabe, M., & Chen, Z., 2007, Long-term Variations in Dissolved Silicate Nitrogen and Phosphorus Flux From the Yangtze River into the East China Sea and Impacts on Estuarine Ecosystem, Coastal and Shelf Science, Estuarine, 71 (1- 2), 3-12.
- [52] Atcharaporn, P., Ichika S., Thaithavorn L., Chonthaya S. and Nittharat P., 2003, Identification, morphology and ecology of phytoplankton which is the cause of

- the appearance of sea water changing color and phytoplankton that create toxins in Thailand, pp. 1-44, In Paphawasit N. (Ed.), Surveillance of Red Tide Phenomenon in Thailand, Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment (in Thai)
- [53] Fried, S., Mackie, B., Nothwehr, E., 2003, Nitrate and Phosphate Levels Positively Affect the Growth of Algae Species found in Perry Pond, Tillers, 2003 (4): 21-24.
- [54] Sunda, W. G., Price, N. M. and Morel, F. M. M., 2005, Trace Metal Ion Buffers and Their Use in Culture Studies, pp. 35-63, In Andersen, R. A. (Ed.), Algal Culturing Techniques, Amsterdam
- [55] Darley, W. M., 1974, Silicification and Calcification, pp. 22-35, In Stewart, W. D. P. (Ed.), Algal Physiology and Biochemistry, Los Angeles
- [56] Jarumas, M., 1999, Primary Production Capacity of Water Resources, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, 77 p.