

**ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำต่อภาวะยูโทรฟิเคชัน
และแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี ปี 2565**
**Impacts of Water Quality Changes on Eutrophication
and Phytoplankton in the Coastal Areas of Chonburi Province in 2022**

ภัทรารุณ ไทยพิชิตบูรพา^{1*}, อนุกุล บุรณประทีปรัตน์¹ และ ชลาทิพ จันทร์ชมภู²

Patrawut Thaipichitburapa^{1*}, Anukul Buranapratheprat¹ and Chalutip Junchompoo²

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ประเทศไทย

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ประเทศไทย

¹ Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand

² Marine and Coastal Resources Research and Development Center (Upper Gulf of Thailand),

Department of Marine and Coastal Resources, Thailand

Received : 15 January 2024, Received in revised form : 14 March 2025, Accepted : 28 March 2025

Available online : 11 April 2025

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์และที่มา : ชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรีเป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะในด้านการท่องเที่ยว อุตสาหกรรม และการประมง ซึ่งมีแหล่งท่องเที่ยวและทรัพยากรธรรมชาติที่หลากหลาย เช่น หาดทราย ปะการัง และป่าชายเลน ทำให้พื้นที่นี้มีบทบาทสำคัญในเศรษฐกิจของประเทศ อย่างไรก็ตาม คุณภาพน้ำในบริเวณชายฝั่งมีแนวโน้มเสื่อมโทรมซึ่งเป็นผลจากกิจกรรมการใช้ประโยชน์ เช่น การระบายน้ำทิ้งจากชุมชนและแหล่งท่องเที่ยว รวมถึงการหมุนเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยที่นำสารอาหารเข้าสู่พื้นที่ที่มีผลให้เกิดภาวะยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) และการสะสมของแพลงก์ตอนพืชอย่างต่อเนื่อง การสะสมของแพลงก์ตอนพืชนี้อาจทำให้เกิดการขาดออกซิเจนในน้ำ (hypoxia) ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล ส่งผลให้เกิดการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ ภาวะยูโทรฟิเคชัน และองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรี เพื่อประเมินปัจจัยที่บ่งชี้โอกาสการเกิดภาวะยูโทรฟิเคชันและการสะสมของแพลงก์ตอนพืช และศึกษาเพื่อหาแนวทางการเฝ้าระวังอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย : ทำการเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชในบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี จำนวน 4 สถานี ได้แก่ แหลมแท่น หาดวอนนภา บางพระ และเกาะลอย ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงธันวาคม 2565 โดยตรวจวัดคุณภาพน้ำทั่วไป ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ออกซิเจนละลายน้ำ และค่าความเป็นกรดด่าง ด้วยเครื่อง YSI Model 2030 และ pH meter ทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับ 30 เซนติเมตร จากผิวน้ำเพื่อวิเคราะห์สารแขวนลอยรวม คลอโรฟิลล์ เอ แอมโมเนีย ไนโตรเจนในเตรต ฟอสเฟต ซิลิเกต ไนโตรเจนละลายน้ำรวม และฟอสฟอรัสละลายน้ำรวม ในห้องปฏิบัติการ ทำการเก็บตัวอย่าง

แพลงก์ตอนพืชที่ระดับความลึก 50 เซนติเมตร โดยการกรองน้ำจำนวน 40 ลิตรผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนขนาด 20 ไมโครเมตร นำมาจำแนกและนับจำนวนแพลงก์ตอนพืชภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชระหว่างพื้นที่และช่วงเวลาโดยใช้ One-way ANOVA พร้อมทั้งวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's correlation) และวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression) ด้วยโปรแกรม Minitab Statistical Software เพื่อระบุปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่ศึกษา

ผลการวิจัย : ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทั่วไปพบว่า อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรดต่าง ออกซิเจนละลายน้ำ ตะกอนแขวนลอย และคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $30.0 \pm 1.3^{\circ}\text{C}$, 24.4 ± 5.4 psu, 8.1 ± 0.3 , 4.6 ± 1.5 mg/l, 65.3 ± 88.8 mg/l และ 15.4 ± 29.4 µg/l ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ตรวจวัดจาก 4 สถานี มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำชายฝั่งเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ยกเว้นคลอโรฟิลล์ เอ ที่มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานตลอดระยะเวลาที่ศึกษา ซึ่งบ่งชี้ถึงความอุดมสมบูรณ์ที่สูงถึงระดับ Eutrophic ถึง Hypertrophic โดยเฉพาะในเดือนสิงหาคม (สถานีหาดวอนนภา) ซึ่งเกิดจากการสะสมของแพลงก์ตอนพืช ในสกุล *Bellerochea* spp. ผลการศึกษาสารอาหารละลายน้ำพบว่า แอมโมเนีย ไนโตรเจนในเตรต ฟอสเฟต ซิลิเกต ไนโตรเจนละลายน้ำรวม และฟอสฟอรัสละลายน้ำรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 186.8 ± 169.0 , 17.5 ± 21.5 , 67.1 ± 115.8 , 29.8 ± 22.2 , 413.1 ± 195.3 และ 44.7 ± 24.9 µg/l ตามลำดับ โดยค่าแอมโมเนียมีแนวโน้มที่สูงเกินมาตรฐานโดยเฉพาะในช่วงเดือนตุลาคม ในส่วนของแพลงก์ตอนพืชพบทั้งหมด 55 สกุลจาก 4 คลาส ได้แก่ Cyanophyceae Chlorophyceae Bacillariophyceae และ Dinophyceae โดยมีสกุลเด่นที่พบคือ *Chaetoceros* spp. *Coscinodiscus* spp. และ *Thalassiosira* spp. ซึ่งพบสม่ำเสมอในทุกสถานี ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ พบว่า ปริมาณฝนมีความสัมพันธ์ในทางลบกับความเค็มของน้ำ เนื่องจากฝนสามารถลดความเค็มในพื้นที่ชายฝั่งได้ ขณะเดียวกันคลอโรฟิลล์ เอ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับของแข็งแขวนลอยและแอมโมเนีย และพบว่าแพลงก์ตอนพืชคลาส Cyanophyceae จะมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของแอมโมเนียในน้ำสูงขึ้น ซึ่งบ่งชี้ถึงการเกิดกระบวนการยูโทรฟิเคชันและการสะสมของแพลงก์ตอนในพื้นที่ดังกล่าว

สรุปผลการวิจัย : ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างของคุณภาพน้ำต่อภาวะยูโทรฟิเคชันและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งชลบุรีพบว่า โดยรวมแล้วคุณภาพน้ำไม่แตกต่างกันตามพื้นที่ เนื่องจากกระแสน้ำที่ไหลเวียนตามชายฝั่ง แต่จะมีความแตกต่างตามฤดูกาล โดยเฉพาะในเดือนตุลาคมที่มีปริมาณฝนมาก ทำให้แอมโมเนียสูงเกินมาตรฐาน ซึ่งมีผลกระทบต่อ การเพิ่มขึ้นของคลอโรฟิลล์ เอ และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช โดยเมื่อพิจารณาจากปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณสารอาหารจะพบว่า ชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรีมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับ Eutrophic ถึง Hypertrophic ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในพื้นที่คือคลาส Bacillariophyceae นอกจากนี้ความเข้มข้นของแอมโมเนียเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเกิดยูโทรฟิเคชันและการสะสมของแพลงก์ตอนพืช จึงควรมีการควบคุมและเฝ้าระวังปริมาณแอมโมเนียไม่ให้สูงเกินมาตรฐานเพื่อป้องกันผลกระทบต่อระบบนิเวศและการประมงในอนาคต

คำสำคัญ: คุณภาพน้ำ ; ยูโทรฟิเคชัน ; แพลงก์ตอนพืช ; ชลบุรี

Abstract

Background and Objectives : The coastal area of Chonburi Province serves as a critical economic hub of Thailand, primarily driven by its tourism, industry, and fisheries sectors. This region boasts abundant natural resources and iconic attractions, including beaches, coral reefs and mangrove forests, which contribute significantly to the nation's economic development. However, rapid urbanization, industrial expansion, and increasing tourism activities have exerted pressure on the coastal environment, leading to declining water quality. Key contributors to this issue include wastewater discharge from communities and tourism establishments, along with nutrient enrichment from water circulation in the Gulf of Thailand. These factors promote eutrophication, often resulting in frequent and large-scale phytoplankton blooms. The proliferation of phytoplankton can severely deplete dissolved oxygen levels, causing hypoxic conditions that threaten marine organisms and ecosystems, ultimately reducing biodiversity and impairing ecosystem functions. Recognizing the critical need to address these challenges, this study aims to explore the intricate relationships between water quality parameters, eutrophication, and phytoplankton community composition in the coastal waters of Chonburi Province. The research will focus on identifying key factors associated with eutrophication and phytoplankton bloom formation. Additionally, it seeks to develop robust monitoring systems and early-warning mechanisms to minimize adverse impacts, ensuring sustainable management and effective mitigation of future environmental challenges in the region.

Methodology : Water quality and phytoplankton samples were collected from four coastal monitoring stations in Chonburi Province: Laem Tan, Wannapha Beach, Bang Phra, and Koh Loi, between June and December 2022, to investigate the relationship between water quality and phytoplankton dynamics. General water quality parameters, such as temperature, salinity, dissolved oxygen, and pH, were measured using a YSI Model 2030 and a pH meter. Surface water samples were collected at a depth of 30 cm to analyze total suspended solids (TSS), chlorophyll a, ammonia, nitrite, nitrate, phosphate, silicate, total dissolved nitrogen (TDN), and total dissolved phosphorus (TDP) in the laboratory. Phytoplankton samples were obtained by filtering 40 liters of water from a depth of 50 cm through a 20-micron plankton net. These samples were then examined under a microscope to classify and count phytoplankton present, allowing for an assessment of their diversity and density. A comparative analysis of water quality and phytoplankton differences across locations and time periods was conducted using One-way ANOVA. Additionally, Pearson's correlation coefficient and Multiple Linear Regression analysis were performed using Minitab Statistical Software to identify the factors influencing changes in water quality and the composition of phytoplankton in the study area.

Main Results : The results of the general water quality study revealed average values for key parameters, including temperature ($30.0 \pm 1.3^{\circ}\text{C}$), salinity (24.4 ± 5.4 psu), pH (8.1 ± 0.3), dissolved oxygen (4.6 ± 1.5 mg/l), suspended solids (65.3 ± 88.8 mg/l), and chlorophyll a (15.4 ± 29.4 µg/l). Most values were within the standard criteria for coastal water quality suitable for aquaculture, except for chlorophyll a, which exceeded the standard. The elevated chlorophyll a level indicated significant eutrophication, ranging from Eutrophic to Hypertrophic throughout the study period. This was particularly evident in August at the Wannapha Beach station, where a phytoplankton bloom of *Bellerochea* spp. was observed. The study of dissolved nutrients showed average concentrations of ammonia (186.8 ± 169.0 µg/l), nitrite (17.5 ± 21.5 µg/l), nitrate (67.1 ± 115.8 µg/l), phosphate (29.8 ± 22.2 µg/l), silicate (413.1 ± 195.3 µg/l), total dissolved nitrogen (44.7 ± 24.9 µg/l), and total dissolved phosphorus (44.7 ± 24.9 µg/l). Ammonia concentrations often exceeded standard levels, especially in October. Phytoplankton diversity analysis identified 55 genera from four major classes: Cyanophyceae, Chlorophyceae, Bacillariophyceae, and Dinophyceae. Dominant genera included *Chaetoceros* spp., *Coscinodiscus* spp., and *Thalassiosira* spp., consistently present at all stations. The analysis of the relationships between various factors revealed that rainfall has a negative correlation with water salinity, as rainfall can reduce salinity in coastal areas. Meanwhile, chlorophyll-a is positively correlated with suspended solids and ammonia. Additionally, it was found that the density of Cyanophyceae phytoplankton increases when ammonia levels in the water are high, indicating the occurrence of eutrophication and phytoplankton blooms in the area.

Conclusions : The study on the correlation of water quality on eutrophication and phytoplankton in the coastal areas of Chonburi revealed that water quality parameters did not vary significantly across the stations, likely due to the smooth flow and mixing of coastal currents. However, seasonal changes were observed, especially in October, when heavy rainfall contributed to an influx of nutrients, causing ammonia concentrations to exceed the standard levels. This nutrient enrichment led to higher chlorophyll concentrations and increased phytoplankton density. Analysis of chlorophyll a and nutrient levels indicated that the coastal waters of Chonburi were consistently classified as eutrophic to hypertrophic throughout the study period. Phytoplankton from the Bacillariophyceae class, such as *Chaetoceros* spp., *Coscinodiscus* spp. and *Thalassiosira* spp. dominated the phytoplankton community in the area. The study also identified ammonia as a critical factor driving eutrophication and phytoplankton blooms. To mitigate these impacts, regulation and continuous monitoring of ammonia concentrations exceeding the standard are essential. These measures aim to prevent potential ecological disturbances, maintain biodiversity, and safeguard the sustainability of fisheries and aquatic resources in the coastal waters of Chonburi Province.

Keywords: water quality ; eutrophication ; phytoplankton ; Chonburi

*Corresponding author. E-mail : patrawut@go.buu.ac.th

Introduction

ชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรีเป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะด้านอุตสาหกรรม ประมง และการท่องเที่ยว เป็นที่ตั้งของสถานที่ท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียง เช่น พัทยา เกาะล้าน และ บางแสน เป็นต้น ซึ่งดึงดูดนักท่องเที่ยวทั้งในประเทศและต่างประเทศ ทำให้เกิดรายได้จำนวนมากที่มาจากค่าใช้จ่ายของนักท่องเที่ยว นอกจากนี้ จังหวัดชลบุรียังตั้งอยู่ในทำเลที่มีความสำคัญทางยุทธศาสตร์ และเป็นส่วนหนึ่งของเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่รัฐบาลส่งเสริมให้เป็นศูนย์กลางของการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมที่สำคัญที่สุดแห่งหนึ่งของประเทศ (Chaianarong & Pimprapai, 2018) ในด้านทรัพยากรธรรมชาติ ชายฝั่งชลบุรีมีระบบนิเวศชายฝั่งที่หลากหลาย เช่น แนวปะการัง ป่าชายเลน หาดทราย และยังเป็นแหล่งประมงที่สำคัญซึ่งเป็นรายได้หลักของชุมชนชายฝั่ง โดยการใช้ประโยชน์ดังกล่าวจำเป็นต้องมีพื้นฐานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทางน้ำที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพสูงสุด

ในปัจจุบันคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งชลบุรีมีแนวโน้มเสื่อมโทรมลงจากกิจกรรมในพื้นที่บริเวณชายฝั่ง เช่น น้ำทิ้งจากชุมชน บ้านเรือน และเป็นแหล่งท่องเที่ยว ประกอบกับปัจจัยทางธรรมชาติเช่น การหมุนเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ที่มวลน้ำจากแม่น้ำไหลลงสู่อ่าวไทย จะมีทิศทางการไหลตามเข็มนาฬิกาไปยังบริเวณพื้นที่ชายฝั่งชลบุรี (Buranapratheprat, 2008) ส่งผลให้มีสารอาหารต่างๆเข้ามาเป็นจำนวนมากทำให้บริเวณดังกล่าวเข้าสู่ภาวะยูโทรฟิเคชัน และเกิดการสะสมของแพลงก์ตอนพืชตามมา โดยปี พ.ศ. 2564 พบการสะสมของแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรีจำนวน 16 ครั้ง ซึ่งกลุ่มของแพลงก์ตอนชนิดเด่นที่พบจะแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ผลกระทบของการเกิดสภาวะน้ำเปลี่ยนสีจะทำให้ปริมาณออกซิเจนที่เป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำลดลง นำไปสู่การตายของสัตว์น้ำในระบบนิเวศ (DMCR, 2021) นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อภาคการประมงโดยเฉพาะกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงหอย ซึ่งในพื้นที่จังหวัดชลบุรีมีพื้นที่เลี้ยงหอยมากกว่า 1,200 ไร่ สามารถสร้างรายได้หลายสิบล้านบาทต่อปี (DOF, 2021) นอกจากนี้ กลิ่นและสีของน้ำทะเลที่เปลี่ยนไปเมื่อเกิดสภาวะยูโทรฟิเคชันส่งผลเชิงลบต่อภาพลักษณ์เมืองน่าท่องเที่ยวของจังหวัดอีกด้วย จากความสำคัญดังกล่าวการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ ภาวะยูโทรฟิเคชัน และองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชเพื่อประเมินปัจจัยบ่งชี้โอกาสการเกิดภาวะยูโทรฟิเคชัน และการสะสมของแพลงก์ตอนพืช บริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี เพื่อนำไปสู่การหาแนวทางเฝ้าระวังและเตือนภัยจากผลกระทบที่เกิดจากการสะสมของแพลงก์ตอนพืชในอนาคตได้

Methodology

ตรวจวัดคุณภาพน้ำ ปริมาณสารอาหาร และเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรี จำนวน 4 สถานี ได้แก่ แหลมแท่น (LT) หาดวอนนภา (WN) บางพระ (BP) และเกาะลอย (KL) (Figure 1) โดยทำการเก็บตัวอย่างต่อเนื่อง ทุก 2 สัปดาห์ ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม 2565 ครอบคลุมช่วงเวลาที่พบการสะสมของแพลงก์ตอนพืชในบริเวณชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี เป็นประจำ ทำการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิในส่วนของอุณหภูมิอากาศ และปริมาณน้ำฝนในพื้นที่จังหวัดชลบุรี จากกรมอุตุนิยมวิทยา (TMD, 2022) เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการศึกษา

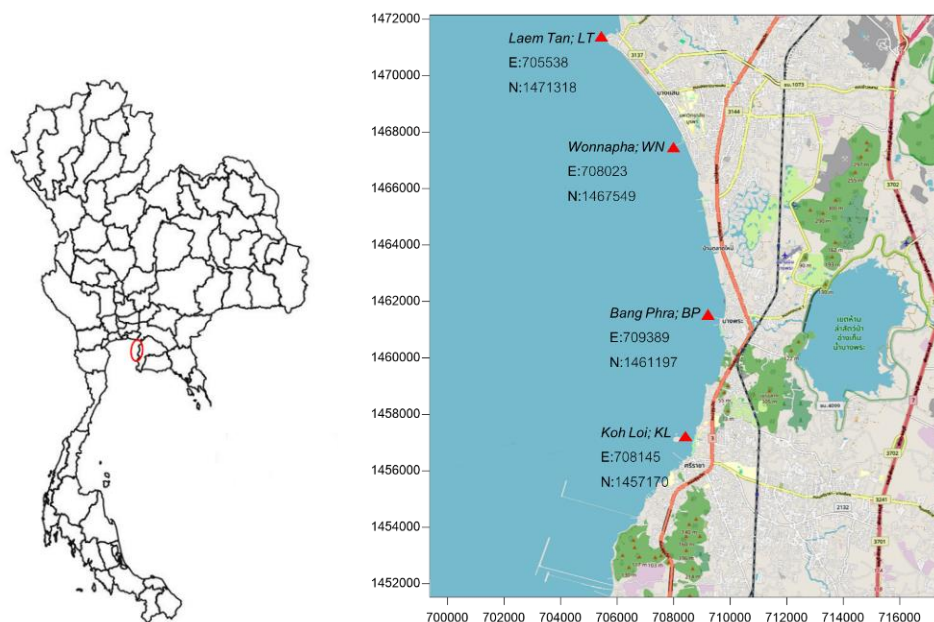


Figure 1 Map Showing Sampling Stations in the Coastal Areas of Chonburi Province

ตรวจวัดความเค็ม (Salinity; Sal.) อุณหภูมิ (Temperature; Temp) ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ด้วยเครื่องตรวจวัดภาคสนาม (Multiparameter YSI Model 2030) และตรวจวัดค่าความเป็นกรดต่าง ด้วยเครื่อง pH meter (Horiba รุ่น PH110) เก็บตัวอย่างน้ำด้วยกระบอกเก็บน้ำที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร จากผิวน้ำ จำนวน 3 ซ้ำตามเกณฑ์มาตรฐานของ PCD (2006) เพื่อนำมาวิเคราะห์สารแขวนลอย คลอโรฟิลล์ เอ และสารอาหารละลายน้ำในห้องปฏิบัติการตามวิธีการดัง Table 1

Table 1 Methods for Water Quality Analysis

Water Quality Parameter	Analytical Method
Total Suspended Solids (TSS)	GF/C Filter (APHA, 1992)
Chlorophyll a (Chl a)	Spectrophotometric (Strickland & Parsons, 1972)
Ammonia (NH ₃ -N)	Phenol-hypochloride (Grasshoff <i>et al.</i> , 1999)
Nitrite (NO ₂ ⁻ -N)	Diazotization (Strickland & Parsons, 1972)
Nitrate (NO ₃ ⁻ -N)	Cadmium reduction + Diazotization (Strickland & Parsons, 1972)
Phosphate (PO ₄ ³⁻ -P)	Ascorbic acid (Strickland & Parsons, 1972)
Silicate (SiO ₄ ⁴⁻ -Si)	Silicomolybdate (Strickland & Parsons, 1972)
Total Dissolved Nitrogen (TDN)	Digestion+Cadmium reduction+Diazotization (Strickland & Parsons, 1972)
Total Dissolved Phosphorus (TDP)	Digestion + Ascorbic acid (Strickland & Parsons, 1972)

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่ระดับความลึก 50 เซนติเมตร โดยนำน้ำปริมาตร โดยกรองน้ำปริมาตร 40 ลิตร ผ่าน ถูกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 20 ไมโครเมตร และรักษาสภาพตัวอย่างด้วยฟอร์มาลิน 4 เปอร์เซ็นต์ นำมาจำแนกชนิดภายใต้ กล้องจุลทรรศน์ แบบ Compound Microscope (Carl Zeiss รุ่น Primo Star) ตามเอกสารของ Wongrat (1999) และนับ จำนวนแพลงก์ตอนพืชโดยใช้ไลด์นับแพลงก์ตอน (Sedgewick-Rafter Counting chamber) ขนาดความจุ 1 มิลลิเมตร (Wongrat & Boonyapiwat, 2003) ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และคำนวณหาค่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชที่พบ (เซลล์ต่อลิตร) วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชระหว่างพื้นที่และช่วงเวลาโดยใช้ One-way ANOVA พร้อมทั้งวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's correlation) และวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression) ด้วยโปรแกรม Minitab Statistical Software เพื่อระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำและ องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่ศึกษา

Results

จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศของอุณหภูมิกาศ และปริมาณน้ำฝนในพื้นที่จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่เดือนมกราคม 2564 ถึงเดือนธันวาคม 2565 พบว่า อุณหภูมิของอากาศมีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน และต่ำสุดในเดือนมกราคม (Figure 2a) ส่วน ปริมาณน้ำฝนมีค่าสูงสุดในเดือนกันยายน (Figure 2b)

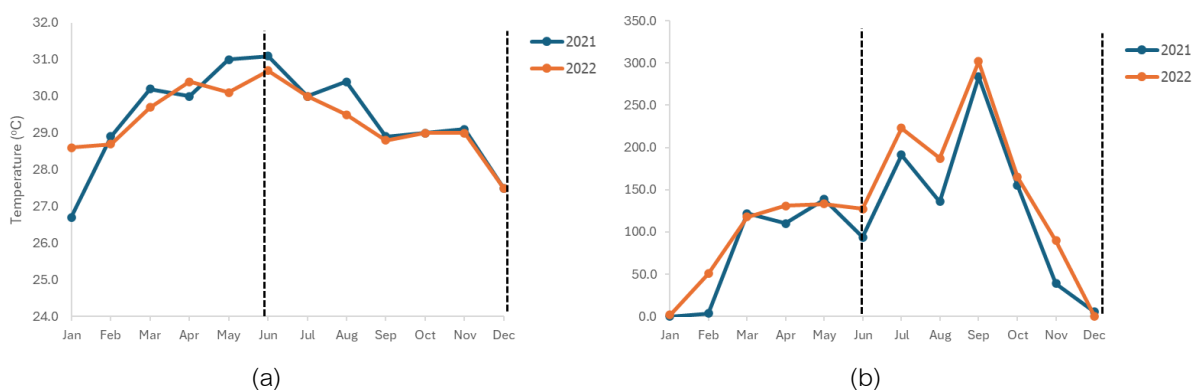


Figure 2 Air temperature (a) and rainfall (b) in Chonburi Province from January 2021 to December 2022

(TMD , 2022)

อุณหภูมิของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง $29.8 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ ถึง $30.3 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ และสูงสุดในสถานีนางพระ ส่วนความเค็มมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 25.4 ± 5.5 psu ในสถานีนางพระ และต่ำสุดที่ 23.5 ± 5.7 psu ในสถานีแหลมแท่น ส่วนค่าความเป็นกรดต่าง ของน้ำอยู่ ในช่วง 8.1 ± 0.2 ถึง 8.2 ± 0.3 ซึ่งแสดงถึงสภาพเป็นด่างเล็กน้อย ออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในสถานีกะลา (5.0 ± 1.3 mg/L) และต่ำสุดในสถานีหาดวอนภา (4.5 ± 0.8 mg/L) สำหรับของแข็งแขวนลอยทั้งหมด พบว่า สถานีหาดวอนภา

มีค่าสูงสุด (135.3 ± 99.9 mg/L) และสถานีเกาะลอยมีค่าต่ำสุด (35.9 ± 22.9 mg/L) ในด้านความอุดมสมบูรณ์ พบว่า คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่สถานีหาดวอนภา (30.5 ± 50.7 µg/L) และต่ำสุดที่สถานีเกาะลอย (7.5 ± 10.7 µg/L) (Table 2) ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารอินทรีย์ละลายน้ำพบว่า แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในสถานีเกาะลอย (242.1 ± 142.0 µg/L) และต่ำสุดในสถานีบางพระ (123.8 ± 111.8 µg/L) ไนโตรที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในสถานีเกาะลอย (24.9 ± 17.8 µg/L) และต่ำสุดที่สถานีบางพระ (10.4 ± 10.4 µg/L) ส่วนไนเตรตมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในสถานีเกาะลอย (139.8 ± 151.3 µg/L) และต่ำสุดในสถานีหาดวอนภา (34.9 ± 24.0 µg/L) ซิลิเกตพบค่าสูงสุดในสถานีเกาะลอย (2405.4 ± 1633.4 µg/L) และต่ำสุดที่สถานีบางพระ (1608.8 ± 690.8 µg/L) ส่วนฟอสเฟตมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันในทุกสถานี โดยสถานีแหลมแท่นมีค่าสูงสุด (32.7 ± 11.6 µg/L) และสถานีบางพระต่ำสุด (25.1 ± 19.3 µg/L) สำหรับไนโตรเจนละลายน้ำรวมมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในสถานีเกาะลอย (473.4 ± 224.5 µg/L) และต่ำสุดในสถานีบางพระ (3357.6 ± 145.6 µg/L) ส่วนไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำพบว่า สถานีแหลมแท่นและหาดวอนภามีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ในขณะที่สถานีเกาะลอยมีค่าต่ำสุด (135.3 ± 100.4 µg/L) สำหรับฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำพบว่า มีค่าสูงสุดในสถานีเกาะลอย (9.0 ± 5.5 µg/L) และต่ำสุดในสถานีหาดวอนภา (5.7 ± 4.5 µg/L)

Table 2 General water quality and nutrients in the coastal areas of Chonburi Province from June to December 2024

Water quality	Unit	LT	WN	BP	KL
Temperature (Temp.)	(°C)	29.8±0.9	30.2±1.1	30.3±1.1	30.1±1.1
Salinity (Sal.)	(psu)	23.5±5.7	23.9±5.6	25.4±5.5	24.9±5.3
pH		8.1±0.3	8.2±0.3	8.1±0.3	8.1±0.2
Dissolved Oxygen (DO)	mg/L	4.6±1.2	4.5±0.8	4.7±1.3	5.0±1.3
Total Suspended Solids (TSS)	mg/L	39.3±22.8	135.3±99.9	48.9±27.8	35.9±22.9
Chlorophyll <i>a</i> (Chl <i>a</i>)	µg/L	13.0±10.9	30.5±50.7	9.7±8.6	7.5±10.7
Ammonia (NH ₃ -N)	µg/L	160.3±80.0	204.9±112.4	123.8±111.8	242.1±142.0
Nitrite (NO ₂ ⁻ -N)	µg/L	24.9±17.8	12.0±7.1	10.4±10.4	22.7±18.0
Nitrate (NO ₃ ⁻ -N)	µg/L	53.9±28.0	34.9±24.0	38.0±33.2	139.8±151.3
Silicate (SiO ₄ ⁴⁻ -Si)	µg/L	2405.4±1633.4	1745.5±1071.1	1608.8±690.8	1780.2±679.2
phosphate (PO ₄ ³⁻ -P)	µg/L	32.7±11.6	29.1±24.5	25.1±19.3	32.0±19.6
Total Dissolved Nitrogen (TDN)	µg/L	413.1±114.6	385.2±105.4	357.6±145.6	473.4±224.5
Total Dissolved Phosphorus (TDP)	µg/L	45.4±7.9	37.4±15.0	73.5±78.7	90.0±100.6
Dissolved Organic Nitrogen (DON)	µg/L	193.8±50.0	175.5±67.5	187.3±40.2	135.3±100.4
Dissolved Organic Phosphorus (DOP)	µg/L	6.6±4.0	5.7±4.5	8.2±5.1	9.0±5.5

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำตามช่วงเวลาบริเวณชายฝั่งชลบุรีพบว่า คุณภาพของน้ำมีค่าแตกต่างกันตามช่วงเวลา ($p < 0.05$) โดยมีค่าสูงสุดในเดือนกรกฎาคม เท่ากับ $31.3 \pm 0.92^\circ\text{C}$ และต่ำสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ $28.6 \pm 0.8^\circ\text{C}$ (Figure 3a) ความเค็มของน้ำพบว่ามีค่าแตกต่างกันตามช่วงเวลา ($p < 0.05$) โดยเดือนกันยายน และตุลาคม จะมีความเค็มของน้ำต่ำซึ่งสามารถเป็นตัวแทนของช่วงฤดูฝน (16.4 ± 3.9 ถึง 17.8 ± 2.4 psu) ส่วนเดือนอื่นๆความเค็มของน้ำจะสูงใกล้เคียงกันจึงเป็นตัวแทนของฤดูแล้ง (Figure 3b) ค่าความเป็นกรดต่าง ของน้ำมีความแตกต่างกันตามช่วงเวลา ($p < 0.05$) โดยมีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน เท่ากับ 8.7 ± 0.2 และมีแนวโน้มลดต่ำลง โดยมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน เท่ากับ 7.8 ± 0.1 (Figure 3c) ในส่วนของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำพบว่า มีค่าแตกต่างกันตามช่วงเวลา ($p < 0.05$) โดยมีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน เท่ากับ $6.4 \pm 0.6 \text{ mg/l}$ และต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน เท่ากับ $3.5 \pm 1.1 \text{ mg/l}$ (Figure 3d) ส่วนปริมาณของแข็งแขวนลอยพบว่ามีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ $118.8 \pm 105.4 \text{ mg/l}$ (Figure 3e) ในส่วนของคลอโรฟิลล์ เอ พบว่ามีความแตกต่างกันตามช่วงเวลา ($p < 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยในเดือนสิงหาคมเท่ากับ $56.2 \pm 56.3 \text{ ug/l}$ และต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน เท่ากับ $2.5 \pm 1.9 \text{ ug/l}$ (Figure 3f)

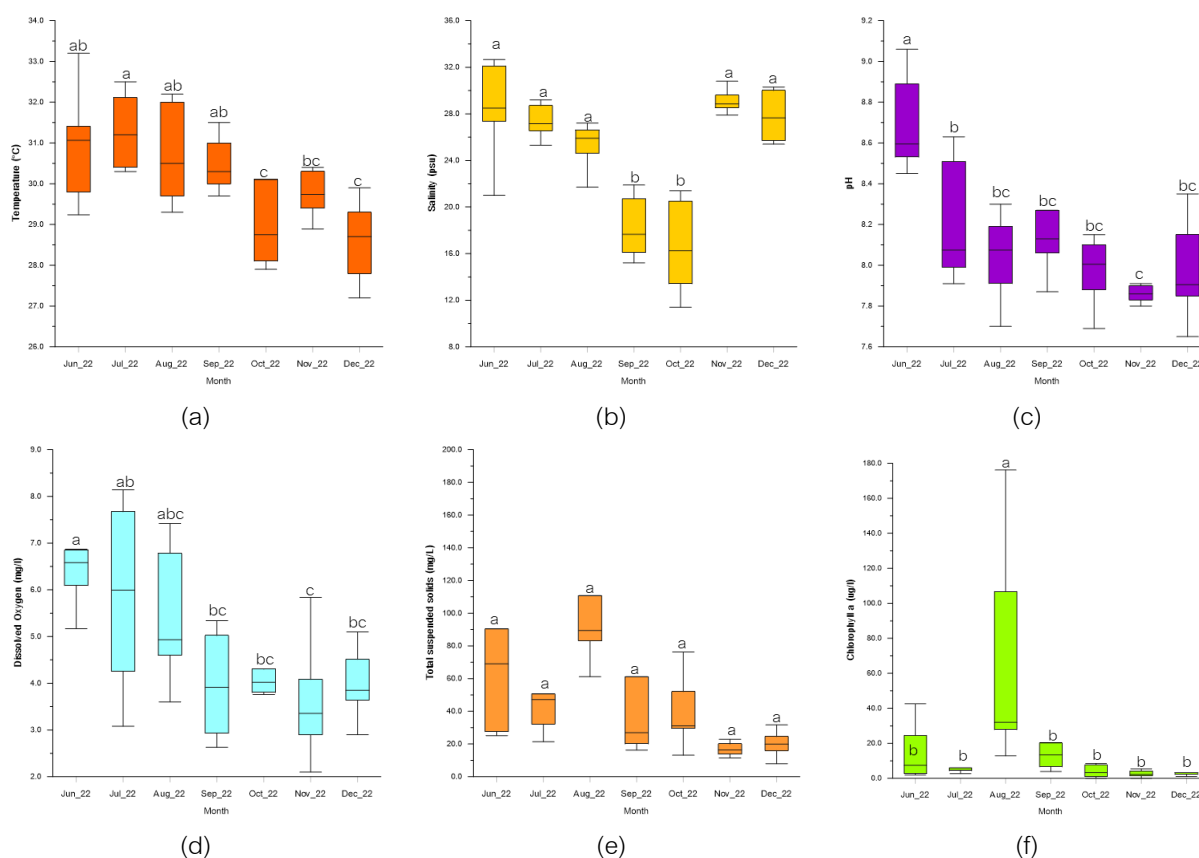


Figure 3 Box plots of temperature (a), salinity (b), pH (c), dissolved oxygen (d), suspended solids(e) and chlorophyll-a (f) from June to December 2022

ผลการศึกษการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี พบว่า ความเข้มข้นของแอมโมเนีย ไนไตรต์ และไนเตรต ไม่มีความแตกต่างกันตามช่วงเวลา ($p>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 186.8 ± 169.0 17.5 ± 21.5 และ 67.1 ± 115.8 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ (Figure 4a-4c) ในส่วนของซิลิเกต และฟอสเฟต (Figure 4d-4e) พบว่า มีความแตกต่างกันตามช่วงเวลา ($p<0.05$) โดยซิลิเกตมีค่าความเข้มข้นสูงสุดในเดือนกรกฎาคม ($2725.1\pm2023.1\mu\text{g/L}$) และต่ำสุดในเดือนมิถุนายน ($781.6\pm358.4\mu\text{g/L}$) สำหรับฟอสเฟต พบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดในเดือนกันยายน ($50.1\pm27.04\mu\text{g/L}$) และต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม ($13.4\pm12.1\mu\text{g/L}$) ส่วนผลการศึกษาความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช แสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างตามช่วงเวลา ($p<0.05$) โดยพบความหนาแน่นเฉลี่ยสูงสุดในเดือนสิงหาคม ($275,425$ cell/L) และต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน ($27,555$ cell/L) (Figure 4f)

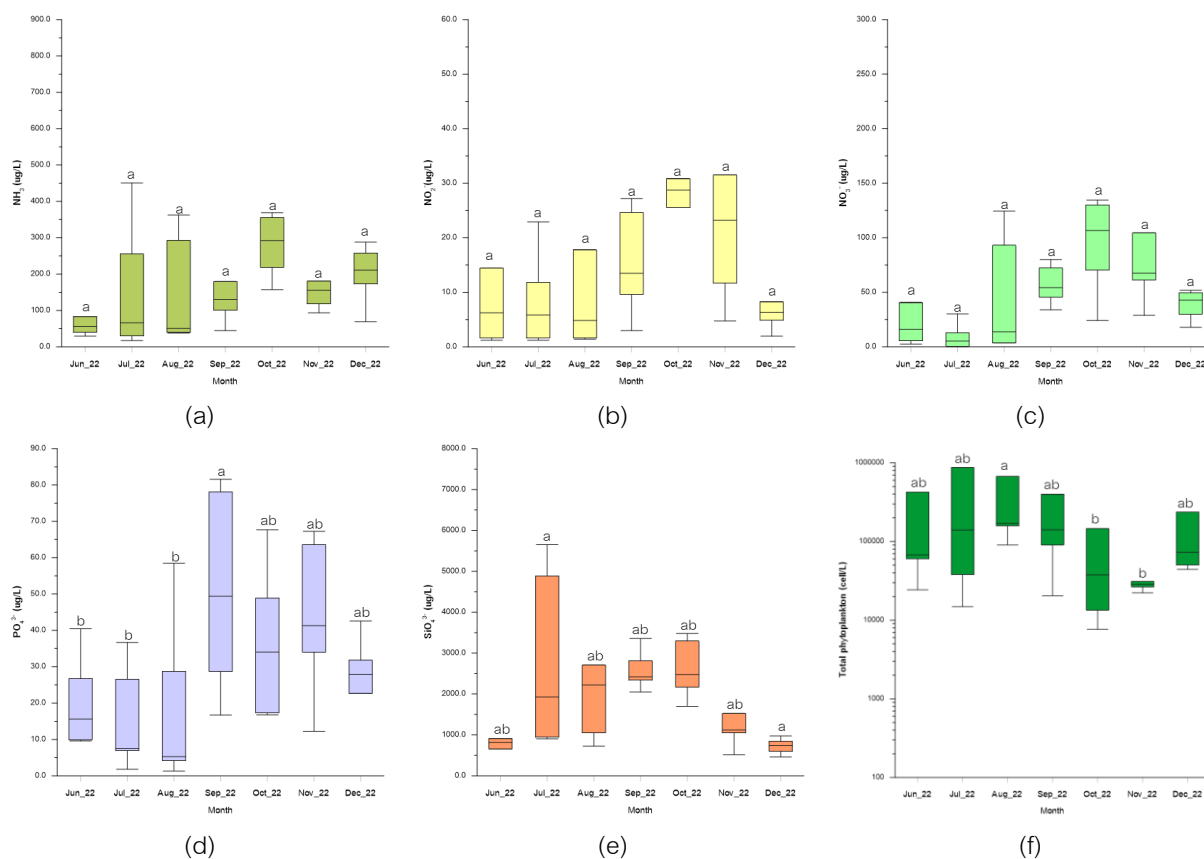


Figure 4 Box plots of ammonia (a), nitrite (b), nitrate (c), phosphate (d), silicate (e) and total phytoplankton (f) from June to December 2022

ผลการศึกษาค้นคว้าประกอบทางชนิดของแพลงก์ตอนพืชในช่วงเดือนมิถุนายน ถึงเดือนธันวาคม 2565 พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 55 สกุล 4 คลาส (Table 3) ได้แก่ คลาส Cyanophyceae 2 สกุล คลาส Chlorophyceae 1 สกุล คลาส Bacillariophyceae 40 สกุล และ คลาส Dinophyceae 12 สกุล ซึ่งสามารถพบสกุลของแพลงก์ตอนพืชมากที่สุดในเดือนมิถุนายน จำนวน 43 สกุล และน้อยที่สุดในเดือนกันยายน จำนวน 34 สกุล โดยแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นที่พบสม่ำเสมอทุกช่วงเวลาที่ทำการศึกษาได้แก่ *Bellerochea* spp. *Chaetoceros* spp. *Coscinodiscus* spp. *Cyclotella* spp. *Melosira* spp. *Navicula* spp. *Nitzschia* spp. *Odontella* spp. *Pleurosigma* spp. *Thalassiosira* spp. *Peridinium* spp. และ *Protoperidinium* spp. เป็นต้น ส่วนสกุลที่พบได้เพียงเดือนเดียวในช่วงที่ทำการศึกษาได้แก่ *Coelastrum* spp. *Karenia* spp. *Corethron* spp. *Dictyocha* spp. *Palmeria* spp. และ *Stephanophyxis* spp.

Table 2 Phytoplankton found in the coastal areas of Chonburi province

Phytoplankton	Jun-22	Jul-22	Aug-22	Sep-22	Oct-22	Nov-22	Dec-22
Class Cyanophyceae							
<i>Oscillatoria</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓		
<i>Pseudanabaena</i> spp.					✓		
Class Chlorophyceae							
<i>Coelastrum</i> spp.					✓		
Class Dinophyceae							
<i>Tripos</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Dinophysis</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Gonyaulax</i> spp.	✓	✓	✓				✓
<i>Gymnodinium</i> spp.	✓	✓		✓	✓	✓	✓
<i>Karenia</i> spp.							✓
<i>Noctiluca</i> spp.	✓	✓	✓				
<i>Peridinium</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Phalacroma</i> spp.	✓						
<i>Prorocentrum</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Protoperidinium</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Pyrophacus</i> spp.	✓	✓	✓	✓			✓
<i>Scrippsiella</i> spp.	✓	✓	✓	✓			✓
Class Bacillariophyceae							
<i>Asteromphalus</i> spp.						✓	✓
<i>Actinopteryx</i> spp.			✓			✓	✓
<i>Amphora</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Bacillaria</i> spp.	✓				✓	✓	✓
<i>Bacteriastrium</i> spp.	✓	✓	✓		✓	✓	✓
<i>Bellerochea</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Chaetoceros</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Corethron</i> spp.						✓	
<i>Coscinodiscus</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Cyclotella</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Cylindrotheca</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Class Bacillariophyceae							
<i>Dictyocha</i> spp.							✓
<i>Ditylum</i> spp.	✓		✓	✓			✓
<i>Entomoneis</i> spp.							✓
<i>Epithemia</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Eucampia</i> spp.	✓		✓				✓
<i>Guinardia</i> spp.	✓		✓				✓
<i>Eunotia</i> spp.					✓	✓	
<i>Haslea</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓		
<i>Hemiaulus</i>	✓	✓	✓	✓		✓	✓
<i>Lauderia</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Leptocylindrus</i> spp.	✓	✓	✓		✓	✓	✓
<i>Lyrella</i> spp.		✓	✓		✓	✓	
<i>Melosira</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Navicula</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Nitzschia</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Odontella</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Palmeria</i> spp.	✓						
<i>Paralia</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Pinularia</i> spp.						✓	✓
<i>Pleurosigma</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Rhizosolenia</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓		✓
<i>Skeletonema</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Stephanophyxis</i> spp.	✓	✓					✓
<i>Surirella</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Thalassionema</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Thalassiosira</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Thalassiothrix</i> spp.	✓	✓	✓	✓	✓		✓
<i>Trachyneis</i> spp.			✓	✓	✓	✓	

ในส่วนของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชพบว่า สถานีแหลมแท่น มีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม (7,628 cell/L) และสูงสุดในเดือนธันวาคม (235,965 cell/L) (Figure 5a) โดยกลุ่มเด่นได้แก่แพลงก์ตอน

ใน คลาส Bacillariophyceae สถานีหาดวอนนภา มีความหนาแน่นของแพลงก์ตอนต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน (43,599 cell/L) และสูงสุดในเดือนกรกฎาคม (871,750 cell/L) (Figure 5b) โดยกลุ่มเด่นได้แก่ แพลงก์ตอนพืช คลาส Bacillariophyceae สถานีบางพระ พบความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชต่ำสุดในเดือนตุลาคม (13,425 cell/L) และสูงสุดในเดือนกันยายน (191,466 cell/L) (Figure 5c) โดยกลุ่มเด่นได้แก่ แพลงก์ตอนพืช คลาส Bacillariophyceae และสถานีเกาะลอย พบความหนาแน่นของแพลงก์ตอนต่ำสุดในเดือนกันยายน (20,391 cell/L) และสูงสุดในเดือนกรกฎาคม (242,901 cell/L) (Figure 5d) โดยกลุ่มเด่นได้แก่ แพลงก์ตอนพืช คลาส Bacillariophyceae ซึ่งในระหว่างการศึกษาช่วงเดือนสิงหาคม พบการสระพังของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอม ในสกุล *Bellerochea* spp. บริเวณหาดวอนนภา และ แหลมแทน ส่วนบริเวณสถานีเกาะลอย และบางพระ ไม่พบการสระพังของแพลงก์ตอนพืช แต่พบไดอะตอมชนิดเด่น ได้แก่ *Melosira* spp. *Chaetoceros* spp. *Nitzschia* spp. และ *Thalassiosira* spp.

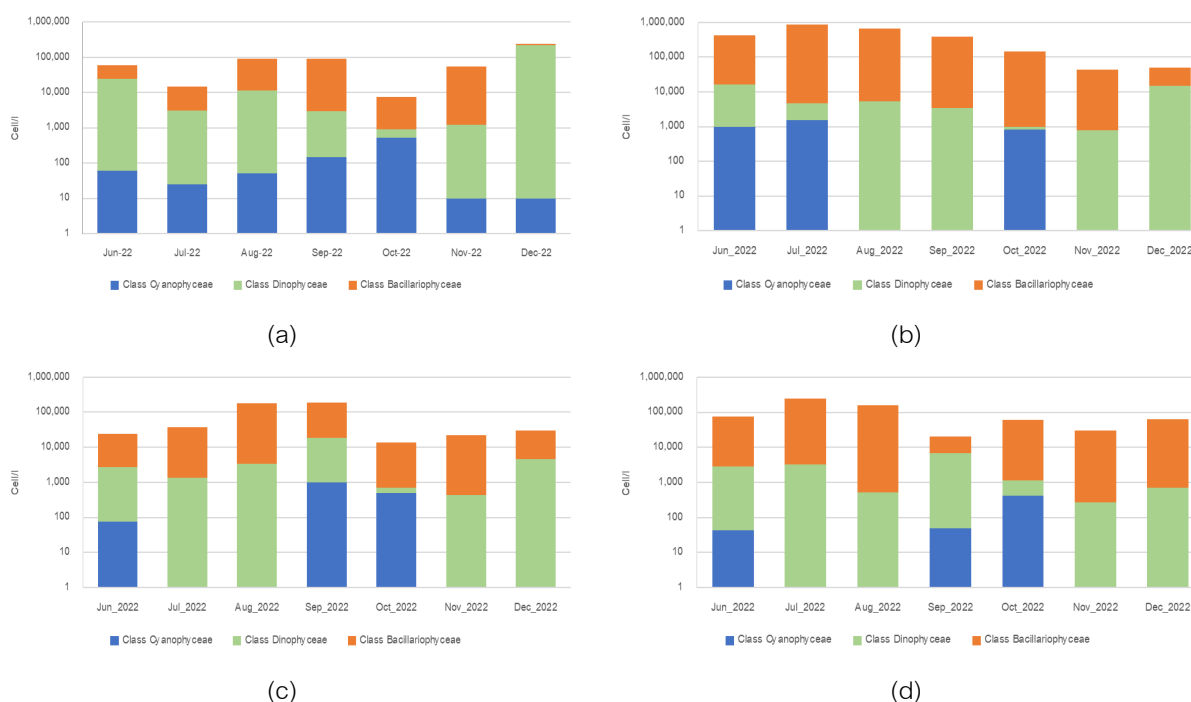


Figure 5 Phytoplankton abundance at coastal stations in Chonburi: Laem Tan (a), Wonnapha (b), Bang Phra (c), and Koh Loi (d) from June to December 2022

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและสารอาหาร โดยพิจารณาจาก Correlation Matrix (Figure 6) พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่าง ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และค่าความเป็นกรดต่าง ($r = 0.48$) ซึ่งเป็นผลจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและลดระดับคาร์บอนไดออกไซด์

ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดต่าง สูงขึ้น นอกจากนี้ พบความสัมพันธ์ระหว่าง DO และคลอโรฟิลล์ เอ ($r = 0.62$) สะท้อนถึงการเพิ่มขึ้นของชีวมวลแพลงก์ตอนพืช ซึ่งสามารถส่งเสริมการผลิตออกซิเจนละลายน้ำในช่วงกลางวัน สำหรับสารอาหาร พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างฟอสเฟต (PO_4^{3-}) และแอมโมเนีย (NH_3) ($r = 0.59$) บ่งชี้ถึงแหล่งที่มาของสารอาหารทั้งสองมีความเกี่ยวข้องกัน นอกจากนี้ แอมโมเนียและไนไตรต์ (NO_2^-) ($r = 0.71$) แสดงถึงกระบวนการไนตริฟิเคชัน ซึ่งแอมโมเนียถูกออกซิไดซ์เป็นไนไตรต์ ขณะที่ไนไตรต์และไนเตรต (NO_3^-) ($r = 0.67$) สะท้อนถึงกระบวนการเปลี่ยนไนไตรต์เป็นไนเตรต ซึ่งเป็นแหล่งไนโตรเจนสำคัญในระบบนิเวศน้ำ สำหรับความสัมพันธ์เชิงลบพบว่า มีความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณน้ำฝนและความเค็ม ($r = -0.56$) โดยปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำจืดไหลลงสู่ระบบน้ำชายฝั่ง ทำให้ค่าความเค็มลดลง นอกจากนี้พบความสัมพันธ์เชิงลบระหว่าง ฟอสเฟตและออกซิเจนละลายน้ำ ($r = -0.46$) สะท้อนถึงอิทธิพลของน้ำจืดที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำและมีฟอสเฟตสูงจากแหล่งภายนอก เช่น น้ำเสียจากชุมชนหรือการชะล้างปุ๋ยจากพื้นที่เกษตรกรรม เมื่อเข้าสู่แหล่งน้ำชายฝั่ง ฟอสเฟตสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช และเมื่อแพลงก์ตอนพืชตายลง การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยแบคทีเรียจะส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนลดลง สุดท้าย แอมโมเนียและความเค็ม ($r = -0.36$) บ่งชี้ว่าแอมโมเนียส่วนใหญ่อาจมีแหล่งกำเนิดจากน้ำจืด เช่น น้ำเสียจากชุมชนหรือการไหลบ่าของสารอาหารจากพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มในระบบน้ำชายฝั่ง

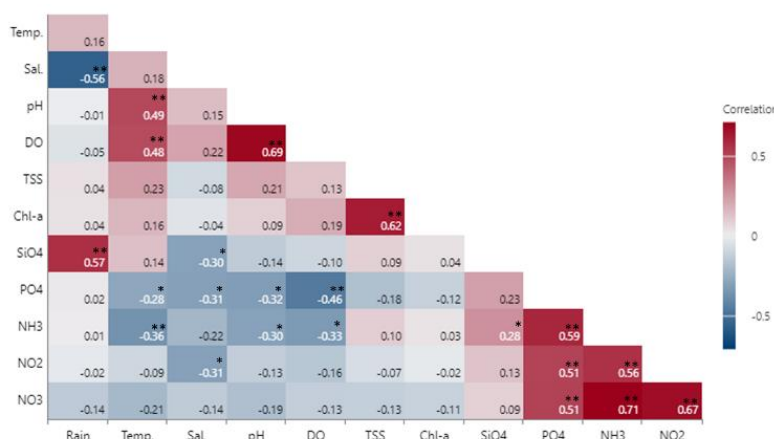


Figure 6 Relationship between water quality parameters in coastal areas of Chonburi Province from June to December 2022

เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชในแต่ละฤดูกาลโดยใช้ สมการถดถอยเชิงเส้นหลายตัวแปร (Multiple Linear Regression Equation) พบว่าในช่วง ฤดูฝน แอมโมเนียและไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับคลอโรฟิลล์ เอ (1) ซึ่งบ่งชี้ว่าไนโตรเจนในสองรูปแบบนี้เป็นแหล่งสารอาหารสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช อย่างไรก็ตามยังพบว่าไนโตรเจนรวมมีความสัมพันธ์เชิงลบกับคลอโรฟิลล์ เอ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนรวมทั้งหมดอยู่ในรูปที่แพลงก์ตอนพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้โดยตรง นอกจากนี้ ยังพบว่า ไนเตรต

มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความหนาแน่นของ *Peridinium* spp. (2) ซึ่งเป็นผลมาจากการแข่งขันกับแพลงก์ตอนพืชกลุ่มอื่นที่สามารถใช้ไนเตรตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า อีกทั้งการเพิ่มขึ้นของไนเตรตในช่วงฤดูฝนอาจสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เช่น ปริมาณน้ำจืดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลต่อโครงสร้างประชากรแพลงก์ตอนพืชในระบบนิเวศชายฝั่ง

ส่วนผลการวิเคราะห์ข้อมูลในช่วงฤดูแล้งพบว่า ฟอสเฟต และ ไนเตรต มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในคลาส Cyanophyceae (3) ซึ่งบ่งชี้ถึงการเกิดการแข่งขันจากแพลงก์ตอนพืชกลุ่มอื่นที่สามารถใช้สารอาหารเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า ส่วนแพลงก์ตอนพืชในคลาส Bacillariophyceae พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงลบกับฟอสเฟต และ ฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ (4) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฟอสฟอรัส ในรูปแบบต่างๆ ไม่เป็นปัจจัยหลักที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดอะตอม ในขณะที่แอมโมเนีย มีความสัมพันธ์เชิงบวก ซึ่งบ่งชี้ว่าแอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจนที่ไดอะตอมสามารถใช้ได้โดยตรงในการเจริญเติบโต สำหรับแพลงก์ตอนพืชในสกุล *Nitzschia* spp. พบว่า มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับฟอสเฟต และ ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ (5) โดยการเพิ่มขึ้นของฟอสเฟตและไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำไม่ได้ส่งเสริมการเจริญเติบโตของไดอะตอมในสกุลนี้

$$\text{Chlorophyll-}a = 10.27 + 0.16[\text{NH}_3] - 0.13[\text{TM}] + 0.16[\text{DOM}] \quad (R^2=84.8) \quad (1)$$

$$\ln(\text{Peridinium spp.}) = 2.65 - 0.01[\text{NO}_3^-] \quad (R^2=80.7) \quad (2)$$

$$\ln(\text{Cyanophyceae}) = 4.00 - 0.06[\text{PO}_4^{3-}] - 0.02[\text{NO}_3^-] \quad (R^2=92.4) \quad (3)$$

$$\ln(\text{Bacillariophyceae}) = 5.24 - 0.03[\text{PO}_4^{3-}] + 0.01[\text{NH}_3] - 0.02[\text{DOP}] \quad (R^2=34.4) \quad (4)$$

$$\ln(\text{Nitzschia spp.}) = 4.377 - 0.01[\text{PO}_4^{3-}] - 0.01[\text{DOM}] \quad (R^2=37.4) \quad (5)$$

Discussion

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิอากาศ และปริมาณน้ำฝนในพื้นที่จังหวัดชลบุรี สอดคล้องกับลักษณะฤดูกาลของประเทศไทย โดยมีอุณหภูมิสูงในเดือนมิถุนายนซึ่งตรงกับช่วงต้นฤดูฝนที่มีอากาศร้อนชื้น และปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนกันยายน สอดคล้องกับฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (กรกฎาคม–ตุลาคม) ซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกหนักและปริมาณน้ำท่าไหลลงสู่ชายฝั่งทะเลในปริมาณมาก (TMD, 2022) ลักษณะดังกล่าวส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำโดยรวมของพื้นที่ชายฝั่ง โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของสารอาหาร ซึ่งส่งผลต่อระบบนิเวศทางทะเล (Thaipichitburapa & Meksumpun, 2021) ในส่วนของคุณภาพน้ำทั่วไปพบว่า อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง และความเค็มของน้ำ อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในทะเล (PCD, 2006) สำหรับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในภาพรวมยังคงอยู่ในระดับที่เพียงพอสำหรับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (มากกว่า 4 mg/l) (PCD, 2006) ในด้านของภาวะความอุดมสมบูรณ์ พบว่า คลอโรฟิลล์ เอ บริเวณพื้นที่ศึกษาอยู่ในระดับ Eutrophic จนถึง Hypertrophic (Smith *et al.*, 1999) สะท้อนให้เห็นว่าพื้นที่ชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี มีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะเสื่อมโทรมจากการที่มีคลอโรฟิลล์สูงและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนมากเกินไป ซึ่งส่งผลทำให้เกิดสภาวะพร่องออกซิเจน (hypoxia) ในระยะยาวได้ สำหรับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำตามช่วงเวลาพบว่า มีความ

แปรปรวนของคุณภาพน้ำที่สำคัญหลายปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำซึ่งมีค่าสูงสุดในเดือนกรกฎาคม และต่ำสุดในเดือนธันวาคม สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลในประเทศไทยที่มีอุณหภูมิสูงในช่วงฤดูร้อน (Thongchap & Chayakula, 2023) ส่วนความเค็มของน้ำมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนตามช่วงเวลา โดยในเดือนกันยายนถึงตุลาคม ค่าความเค็มของน้ำจะต่ำสุด ซึ่งเกิดจากปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้น (Srisunont *et al.*, 2022) สำหรับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลสอดคล้องกับความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ โดยในเดือนมิถุนายนระดับของออกซิเจนละลายน้ำมีแนวโน้มสูงสุด (Na-u-dom *et al.*, 2013)

ผลการศึกษาสารอาหารไนโตรเจนและสารอินทรีย์ละลายน้ำแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างตามสถานีย่อยอย่างชัดเจน โดยเฉพาะที่สถานีเกาะลอย ซึ่งมีระดับของแอมโมเนีย ไนไตรต์ ไนเตรต และซิลิเกต สูงกว่าสถานีอื่น ๆ สะท้อนให้เห็นถึงความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหารในพื้นที่ ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชและระบบนิเวศในแถบนั้น (Vonnahme *et al.*, 2002) อย่างไรก็ตามบางช่วงเวลา พบว่า บริเวณสถานีหาดวอนนภา มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูงกว่าระดับ Hypertrophic (Smith *et al.*, 1999) ถึง 30 เท่า ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตจากการเกิดสภาวะพร่องออกซิเจนในเวลากลางคืนได้ ทั้งนี้คลอโรฟิลล์ เอ สามารถบ่งบอกถึงภาวะการเพิ่มขึ้นของแพลงก์ตอนพืชอย่างรวดเร็ว และมีการนำสารอาหารในน้ำออกไปใช้ในการเจริญเติบโต จึงทำให้ปริมาณสารอาหารที่พบมีค่าไม่สูงมากเมื่อเทียบกับบริเวณสถานีเกาะลอย (Sobolev *et al.*, 2009) ผลการศึกษาดังกล่าวยังแสดงให้เห็นว่า ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสละลายน้ำรวม มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ high และ very high eutrophication (Smith, 2003) ทุกสถานีโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน ซึ่งมีสารอาหารสูงมาก สะท้อนถึงอิทธิพลของปริมาณน้ำจืดที่นำสารอาหารจากแผ่นดินเข้ามาในพื้นที่ชายฝั่งทะเล (Conkright *et al.*, 2000)

ผลการศึกษาแพลงก์ตอนพืชครั้งนี้พบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มหลัก ได้แก่ คลาส Bacillariophyceae จำนวน 40 สกุล ซึ่งน้อยกว่าการศึกษาของ Talab *et al.* (2010) ที่พบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมบริเวณชายฝั่งชลบุรี จำนวน 55 สกุล และพบว่า เดือนมิถุนายน มีจำนวนสกุลแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด ซึ่งเป็นการสะท้อนถึงความอุดมสมบูรณ์ในช่วงต้นของฤดูฝนที่มีการเติมสารอาหารจากแผ่นดินลงสู่ทะเลผ่านทางน้ำฝนที่ไหลเข้ามา (Domingues *et al.*, 2011) โดยสกุลที่พบได้สมำเสมอประกอบด้วย *Chaetoceros* spp., *Coscinodiscus* spp., *Navicula* spp., *Nitzschia* spp., *Thalassiosira* spp., *Peridinium* spp., และ *Protoperdinium* spp. เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสกุลของแพลงก์ตอนพืชที่พบได้ทั่วไปในน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกของไทย (Pransilpa *et al.*, 2010) ผลการศึกษาค้นหาความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชพบว่า คลาส Bacillariophyceae เป็นกลุ่มแพลงก์ตอนพืชที่มีความหนาแน่นสูงสุด โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของสารอาหารที่มาจากการชะล้างบริเวณพื้นที่ชายฝั่ง (Deesuk & Punnnarak, 2017) โดยความหนาแน่นสูงสุดจะพบในสถานีหาดวอนนภา ซึ่งมีแนวโน้มการเกิดปัญหาภาวะยูโทรฟิเคชันและนำไปสู่สภาวะพร่องออกซิเจนในช่วงเวลาดังกล่าวได้ นอกจากนี้ในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่นยังพบ แพลงก์ตอนพืชที่เป็นดัชนีชี้วัดภาวะยูโทรฟิเคชัน ได้แก่ *Bellerophcea* spp. ซึ่งแพลงก์ตอนสกุลนี้ จะมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมที่มีธาตุอาหารสูงและถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของยูโทรฟิเคชัน (Ons Daly Yahia-Kefi *et al.*, 2005)

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำ และแพลงก์ตอนพืชพบว่า ปริมาณน้ำฝนและความเค็มของน้ำทะเลมีความสัมพันธ์กัน โดยปริมาณน้ำฝนจะเจือจางน้ำทะเลทำให้ความเค็มของน้ำลดลง (Gassen *et al.*, 2024) สอดคล้องกับรายงานของ Buranapratheprat *et al.* (2018) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของฝนต่อความเค็มในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งและปากแม่น้ำ นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์ เอ และของแข็งแขวนลอย ที่สอดคล้องกับการศึกษาของ Maslukah *et al.* (2022) ที่ระบุว่าแพลงก์ตอนพืชมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มของแข็งแขวนลอยในน้ำ ซึ่งเป็นสัญญาณเริ่มต้นของภาวะยูโทรฟิเคชันในพื้นที่ชายฝั่ง ในขณะที่ฤดูฝนความเค็มของน้ำมีแนวโน้มลดลง ซึ่งส่งผลให้ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่ลดลงไปด้วย อย่างไรก็ตามในช่วงที่ความเค็มของน้ำลดลงสามารถพบแพลงก์ตอนพืชในสกุล *Cyclotella* spp. และ *Pseudonitzschia* spp. เพิ่มจำนวนขึ้นสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไนเตรตที่สูงขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Yuan *et al.* (2020) ที่พบว่า ไนเตรตจะมีบทบาทสำคัญต่อการเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในสภาวะที่ความเค็มของน้ำต่ำลง นอกจากนี้เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นหลายตัวแปร (Multi Linear Regression Analysis) พบว่า แอมโมเนีย เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ คลอโรฟิลล์ เอ เพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝน และมีไนโตรเจนบางรูปแบบที่แพลงก์ตอนพืชไม่สามารถนำมาใช้ได้ จึงทำให้การเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนรวม ไม่ส่งผลให้คลอโรฟิลล์ เอ เพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Howarth & Marino 2006) ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของแพลงก์ตอนพืช คลาส Cyanophyceae ขึ้นอยู่กับการมีไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียในน้ำ แต่หากมีฟอสเฟตและไนเตรตสูง ก็จะทำให้แพลงก์ตอนพืชในกลุ่มนี้ลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Ernst *et al.* (2005) ที่ทำการศึกษา ผลของไนเตรตและฟอสเฟตต่อความสามารถในการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียที่พบว่า การมีปริมาณสารอาหารสูงเกินไปจะส่งผลต่อกระบวนการดูดซึมสารอาหารอื่น ๆ หรือเกิดการแข่งขันของแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่นในระบบนิเวศได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชในคลาส Bacillariophyceae ในช่วงฤดูแล้ง มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีความเข้มข้นของ ฟอสเฟต และ ไนโตรเจนอินทรีย์ ที่สูงขึ้น เนื่องจากปัจจัยด้านการแข่งขันกับแพลงก์ตอนพืชกลุ่มอื่นที่สามารถใช้สารอาหารเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า ซึ่งทำให้เกิดการแข่งขันเพื่อแย่งชิงสารอาหารและลดการเจริญเติบโตของ Bacillariophyceae ลง (Bi *et al.*, 2021) นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของสารอาหารในน้ำสามารถกระตุ้นภาวะยูโทรฟิเคชัน ที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงเนื่องจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ ทำให้สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอม (Heraiz *et al.*, 2021)

Conclusions

จากการศึกษาผลกระทบของคุณภาพน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงคลอโรฟิลล์ และแพลงก์ตอนพืช บริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรี พบว่าคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลของ จังหวัดชลบุรี ไม่มีความแตกต่างตามพื้นที่เนื่องจากมีการผสมผสานของมวลน้ำที่ค่อนข้างสม่ำเสมอจากลักษณะการไหลของกระแสน้ำที่เรียบไปตามแนวชายฝั่ง แต่จะมีความแตกต่างตามฤดูกาลที่ชัดเจน โดยในช่วงเดือนกันยายน และตุลาคม จะเป็นช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำฝนและน้ำท่ามากที่สุด โดยคุณภาพน้ำทั่วไปที่สำคัญเช่น อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรดด่าง และออกซิเจนละลายน้ำ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ยกเว้น แอมโมเนีย ที่จะมีค่าสูงเกินมาตรฐานในช่วงเดือนตุลาคม โดยแอมโมเนียยังเป็น

ปัจจัยที่ความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของคลอโรฟิลล์ เอ และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชด้วย ในส่วนของการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของชายฝั่งทะเล จากคลอโรฟิลล์ เอ พบว่าชายฝั่งชลบุรี อยู่ในสภาวะ Eutrophic ถึง ระดับ Hypertrophic โดยเฉพาะในช่วงเดือนสิงหาคม พบการสะสมของแพลงก์ตอนพืช คลาส Bacillariophyceae ทั้งนี้จากผลการศึกษาดังกล่าวควรมีการควบคุมและเฝ้าระวังค่าแอมโมเนียที่สูงเกินมาตรฐานในบางช่วงเวลาโดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงฤดูฝน (เดือนสิงหาคม) ซึ่งส่งผลทำให้เกิดภาวะยูโทรฟิเคชัน และการสะสมของแพลงก์ตอนพืชได้

Acknowledgments

ขอขอบคุณ กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยร่วมไทย-จีน ด้านสภาพภูมิอากาศ และระบบนิเวศทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้การสนับสนุน และอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย

References

- American Public Health Association - APHA (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater including Sediments and Sludges (18th ed.)*. American Public Health Association, American Water Works Association and the Water Environment Federation, Washington DC., USA.
- Bi, R., Li, M., Liu, H., Li, H., Su, W., & Xu, J. (2021). Responses of marine diatom-dinoflagellate competition to multiple environmental drivers: Abundance, elemental, and biochemical aspects. *Frontiers in Microbiology*, 12, 731786.
- Buranapratheprat, A. (2008). Circulation in the Upper Gulf of Thailand: A review. *Burapha Science Journal*, 13(1), 75-83. (in Thai)
- Buranapratheprat, A., Kan-attireklarp, S., Yuenyong, S., & Kan-attireklap, S. (2018). Fluxes of suspended sediment and dissolved inorganic nutrients at the Welu River mouth in dry and wet seasons in 2014. *Burapha Science Journal*, 23(1), 546-556. (in Thai)
- Chaianarong, K., & Pimprapai, S. N. A. (2018). Eastern Seaboard Industrial Development Program suggestions from people's perspectives: A synthesis for a transition to Eastern Economic Corridor development that creates social justice. *Burapha Journal of Political Economy*, 6(1), 40-62. (in Thai)

- Conkright, M. E., Gregg, W. W., & Levitus, S. (2000). Seasonal cycle of phosphate in the open ocean. *Deep-Sea Research I: Oceanographic Research Papers*, 47(1), 159-175.
- Deesuk, A., & Punnnarak, P. (2017). Seasonal variation of phytoplankton communities at Sichang Island, Chonburi Province. *Proceedings of the National and International Graduate Research Conference 2017, Khon Kaen University*, 530-541. (in thai)
- Department of Fisheries-DOF. (2021). *Statistics of marine shellfish culture survey 2020*. Department of Fisheries, Fisheries Statistics Group, Bangkok. (in Thai)
- Department of Marine and Coastal Resources - DMCR. (2021). *State of marine and coastal resources and coastal erosion: Thailand national report 2021*. Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok. (in Thai)
- Domingues, R. B., Anselmo, T. P., Barbosa, A. B., Sommer, U., & Galvão, H. M. (2011). Nutrient limitation of phytoplankton growth in the freshwater tidal zone of a turbid, Mediterranean estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 91(2), 282–297.
- Ernst, A., Deicher, M., Herman, P. M. J., & Wollenzien, U. I. A. (2005). Nitrate and phosphate affect cultivability of cyanobacteria from environments with low nutrient levels. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(6), 3379–3383.
- Gassen, L., Esters, L., Ribas-Ribas, M., & Wur, O. (2024). The impact of rainfall on the sea surface salinity: A mesocosm study. *Scientific Reports*, 14, 6353.
- Grasshoff, K., Kremling, K., & Ehrhardt, M. (1999). *Methods of seawater analysis (3rd ed.)*. Wiley-VCH.
- Heramza, K., Barour, C., Djabourabi, A., Khati, W., & Bouallag, C. (2021). Environmental parameters and diversity of diatoms in the Aïn Dalia dam, Northeast of Algeria. *Biodiversitas*, 22(9), 3633-3644.
- Howarth, R. W., & Marino, R. (2006). Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystems: Evolving views over three decades. *Limnology and Oceanography*, 51(1), 364–376.

- Maslukah, L., Setiawan, R. Y., Nurdin, N., Helmi, M., & Widiarati, R. (2022). Phytoplankton chlorophyll-a biomass and the relationship with water quality in Barrang Caddi, Spermonde, Indonesia. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 23(1), 25–33.
- Meteorological Department of Thailand – TMD. (2022). Average monthly rainfall in Chonburi Province. Bangkok. (in Thai)
- Na-u-dom, T., Buranapratheprat, A., Homhual, K., & Intracharoen, P. (2013). Temporal and spatial variations of water qualities in the upper Gulf of Thailand during two seasons in 2009. *Burapha Science Journal*, 18(2), 32–42. (in Thai)
- Ons Daly Yahia-Kefi, Souissi, S., De Stefano, M., & Daly Yahia, M. N. (2005). *Bellerochea horologicalis* and *Lithodesmioides polymorpha* var. *tunisiense* var. nov. (Coscinodiscophyceae, Bacillariophyta) in the Bay of Tunis: Ultrastructural observations and spatio-temporal distribution. *Botanica Marina*, 48(1), 58–72.
- Pransilpa, M., Asiranan, I., & Chuenniyom, W. (2010). Species diversity and abundance of phytoplankton in the estuaries of Trat, Chantaburi, and Rayong River. *Proceedings of the 4th Marine Science Conference*, Prince of Songkla University, Thailand. (in Thai)
- Pollution Control Department-PCD. (2006). *Surface Water Quality Standards & Criteria in Thailand*. Ministry of Science, Technology and Environment. (in Thai)
- Smith, V. H. (2003). Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems: A global problem. *Environmental Science & Pollution Research*, 10(2), 126-139.
- Smith V.H., Tilma G.D. & Nekola J.C. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100 (1999), 179-196.
- Sobolev, D., Moore, K., & Morris, A. L. (2009). Nutrients and light limitation of phytoplankton biomass in a turbid southeastern reservoir: Implications for water quality. *Southeastern Naturalist*, 8(2), 255–266.

- Srisunont, C., Srisunont, T., Intarachart, A., & Babel, S. (2022). Influence of climate on seawater quality and green mussel production. *SCI. MAR.* ,86(1).
- Strickland, J.D.H., & Parsons, T.R. (1972). *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fishery Research Board of Canada, Ottawa.
- Talab, S., Munhapon, A., & Wongsudawan, W. (2010). Monitoring of phytoplankton density in marine bivalve aquaculture farms of Chon Buri Bay, Chon Buri Province. *Proceedings of the 4th Marine Science Conference*, Prince of Songkla University, Thailand. (in Thai)
- Thaipichitburapa, P. ,& Meksumpun, C. (2021). The effects of dissolved inorganic nutrients on eutrophication situations of Trat Bay, Trat Province. *Burapha Science Journal*, 26(2), 771–784. (in Thai)
- Thongchab, P., & Chayakulal, T. (2023). The relationship between air and water temperature in rice paddy fields. *Proceedings of the 52nd Kasetsart University Annual Conference: Plant Science*, 28, SGI03–1. (in Thai)
- Vonnahme, T. R., Leroy, M., Thoms, S., van Oevelen, D., Harvey, H. R., Kristiansen, S., Gradinger, R., Dietrich, U., & Volker, C. (2002). Modeling silicate–nitrate–ammonium co-limitation of algal growth and the importance of bacterial remineralization based on an experimental Arctic coastal spring bloom culture study. *Marine Ecology Progress Series*, 239(1), 233–239
- Wongrat, L. (1999). *Phytoplankton*, Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Wongrat, L & Boonyapiwat, S. (2003). *Manual of Sampling and Analytical Methods of Plankton*,Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Yuan, M., Jiang, C., Weng, X., & Zhang, M. (2020). Influence of salinity gradient changes on phytoplankton growth caused by sluice construction in Yongjiang River estuary area. *Water*, 12, 2492.