วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 28 (ฉบับที่ 2) พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2566
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 28 (No.2) May – August 2023 บทความวิจัย

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชตามฤดูกาล บริเวณเกาะสีชังและชายฝั่งชลบุรี

Seasonal Variation in Phytoplankton Community Structure at Sichang Island and Chonburi Coastal Area

นพิษฐา กิ่งแก้ว และ วิชญา กันบัว*

Napittha Kingkaew and Vichaya Gunbua*

ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University

Received : 30 June 2022

Revised : 17 December 2022

Accepted : 20 December 2022

บทคัดย่อ

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชตามฤดูกาลบริเวณ เกาะสีชัง และชายฝั่งชลบุรี ในเดือนมีนาคม (ฤดูร้อน) และเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) พ.ศ. 2563 จำนวน 16 สถานี พบแพลงก์ตอนพืช 2 ดิวิชั่น 4 คลาส 51 สกุล คือ ดิวิชั่น Cyanophyta คลาส Cyanophyceae (Cyanobacteria) จำนวน 3 สกุล สกุลเด่น *Trichodesmium* ดิวิชั่น Chromophyta คลาส Bacillariophyceae (Diatoms) จำนวน 35 สกุล สกุลเด่น*Thalassiosira, Thalassionema* และ *Chaetoceros* คลาส Dinophyceae (Dinoflagellates) จำนวน 12 สกุล สกุลเด่น *Tripos* และ *Dinophysis* และคลาส Dictychophyceae (Silicoflagellates) จำนวน 1 สกุล คือ สกุล *Dictyocha* แพลงก์ตอนพืชมีความหนาแน่นสูงสุด 86,321 เซลล์ต่อลิตรในเดือนสิงหาคม และความหนาแน่นต่ำสุด 5,599 เซลล์ต่อลิตรในเดือนมีนาคม ผลการวิเคราะห์ดัชนีความคล้ายคลึงสามารถจัดแบ่งกลุ่มได้ 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 ในเดือนมีนาคม มีความแตกต่างกับกลุ่มที่ 2 ในเดือนสิงหาคม ทั้งนี้ความแตกต่างที่พบอาจเนื่องมาจากปัจจัยสิ่งแวดล้อม คือ ความเค็ม ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืช

คำสำคัญ : ชายฝั่งชลบุรี ; แพลงก์ตอนพืช ; เกาะสีชัง

Abstract

The community structure and seasonal variation of phytoplankton at Sichang Island and Chonburi coastal area were studied. The water samples were collected in March 2020 (Summer season) and August 2020 (Rainy season) from 16 stations. The results found the phytoplankton in 51 genus, 4 classes and 2 divisions (Cyanophyta and Chromophyta). The Cyanophyta (Cyanobacteria) class Cyanophyceae found 3 genus and the dominant specie was *Trichodesmium*. The Chromophyta class Bacillariophyceae (diatom) found 35 genus and the dominant species were *Thalassiosira*, *Thalassionema* and *Chaetoceros* and class Dinophyceae (dinoflagellate) found 12 genus and the dominant species were *Tripos* and *Dinophysis* and class Dictyochophyceae (silicoflagellate) found 1 genus was *Dictyocha*. The results showed the abundance of phytoplankton in August was equal to 86,321 cells per liter while in March as 5,599 cells per liter. The similarity index showed the phytoplankton was divided into 2 groups (August and March). The cause of difference may be from the salinity factor which led to the changes of phytoplankton community structure.

Keywords : Chonburi coastal area, phytoplankton, Sichang Island

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

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชในบริเวณเกาะสีชังและชายฝั่งชลบุรีได้รับอิทธิพลสภาพแวดล้อมจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งเกิดขึ้นในฤดูร้อนและฤดูฝน นอกจากนี้มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่บริเวณเกาะสีชังและชายฝั่งชลบุรี ซึ่งส่งผลให้ปัจจัยสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการทิ้งน้ำเสียและมลภาวะที่เกิดจากแหล่งชุมชน การเพาะเลี้ยง การประมง โรงงานอุตสาหกรรม การท่องเที่ยว และการขนส่งสินค้าทางทะเล เป็นต้น กิจกรรมเหล่านี้ส่งผลต่อคุณภาพน้ำทะเลและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในแหล่งน้ำโดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชที่เป็นผู้ผลิตขั้นต้นของห่วงโซ่อาหาร เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้อย่างรวดเร็วจึงเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงได้อย่างดี

แพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) เป็นสิ่งมีชีวิตที่ล่องลอยอยู่ในน้ำเคลื่อนที่โดยการพัดพาของกระแสน้ำ สามารถพบแพลงก์ตอนพืชได้ทั้งในน้ำทะเล น้ำกร่อย และน้ำจืด แพลงก์ตอนพืชมีสารสีในเซลล์สามารถดูดซับพลังงานแสงและใช้พลังงานแสงร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์แสงและการสร้างสารอินทรีย์ แพลงก์ตอนพืชมีทั้งหมด 3 ดิวิชั่น คือ Division Cyanophyta Division Chlorophyta และ Division Chromophyta (Wongrat, 1999) แพลงก์ตอนพืชมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำเนื่องจากเป็นอาหารเบื้องต้นของโซ่อาหาร (Food chain) และจัดว่าเป็นผู้ผลิต (Producer) นอกจากนี้ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชสามารถบ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำ (Wongrat, 1999)

เกาะสีชังตั้งอยู่บริเวณตอนบนของอ่าวไทยตรงกันข้ามกับอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาโขดหิน มีพื้นที่ราบ ไม่มีแม่น้ำลำธาร ประชาชนอาศัยอยู่ทางทิศตะวันออกของเกาะสีชังพบชุมชนของเกาะ ซึ่งบริเวณชุมชนมีอาคารประเภทบ้านเรือนกระจุกรวมกันอย่างหนาแน่น กิจกรรมในพื้นที่บริเวณเกาะสีชังและชายฝั่งชลบุรีมีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การประมง อุตสาหกรรม เช่น การย่อยหิน อู่ต่อเรือ และคลังน้ำมัน กิจกรรมการท่องเที่ยวซึ่งมีทั้งสถานที่ท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติและสถานที่ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมทำให้มีการสร้างที่พักรีสอร์ทเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากเพื่อรองรับนักท่องเที่ยว เกิดปัญหาน้ำทิ้งและขยะจากที่พักรีสอร์ท นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมการขนส่งสินค้าทางทะเลบริเวณเขตท่าเรือศรีราชาและบริเวณเกาะสีชัง ซึ่งเป็นชายฝั่งที่มีการขนส่งทางทะเลสูงสุดเป็นอันดับ 1 ของประเทศไทย พบว่าเรือสินค้าหรือโป๊ะบริเวณเกาะสีชังมีการปล่อยน้ำเสียเนื่องจากยังไม่มีระบบการบำบัดน้ำเสียบนเรือ (Pollution Control Department, 2014)

จากรายงานการศึกษาประชาคมแพลงก์ตอนพืชและการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณอ่าวไทยตอนบนฝั่งตะวันออกในพื้นที่ทะเลจังหวัดชลบุรี พบการเปลี่ยนแปลงประชาคมแพลงก์ตอนพืชและการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชมีความถี่เพิ่มขึ้นในแต่ละปีตลอดช่วง 10 ปีที่ผ่านมา เช่น การศึกษาประชาคมแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งเกาะสีชัง (Deesuk *et al.*, 2017) ซึ่งการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีจะส่งผลกระทบทั้งในด้านการท่องเที่ยว การเพาะเลี้ยงชายฝั่ง และการประมง ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรีและเกาะสีชัง เพื่อที่สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการบริหารจัดการการใช้ประโยชน์และการทำกิจกรรมในบริเวณเกาะสีชังและชายฝั่งชลบุรีรวมทั้งติดตามการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนพืชที่สร้างสารพิษและแพลงก์ตอนพืชที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำอื่นๆ ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

เก็บตัวอย่างน้ำและวัดพารามิเตอร์คุณภาพน้ำบริเวณรอบเกาะสีชังและชายฝั่งชลบุรี รวมทั้งหมด 16 สถานี (ภาพที่ 1) ระยะเวลาดำเนินการศึกษาทั้งหมด 2 ครั้ง ช่วงฤดูร้อนในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 และช่วงฤดูฝนในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2563 โดยเก็บตัวอย่าง 16 สถานี ระบุพิกัดโดยเครื่อง GPS

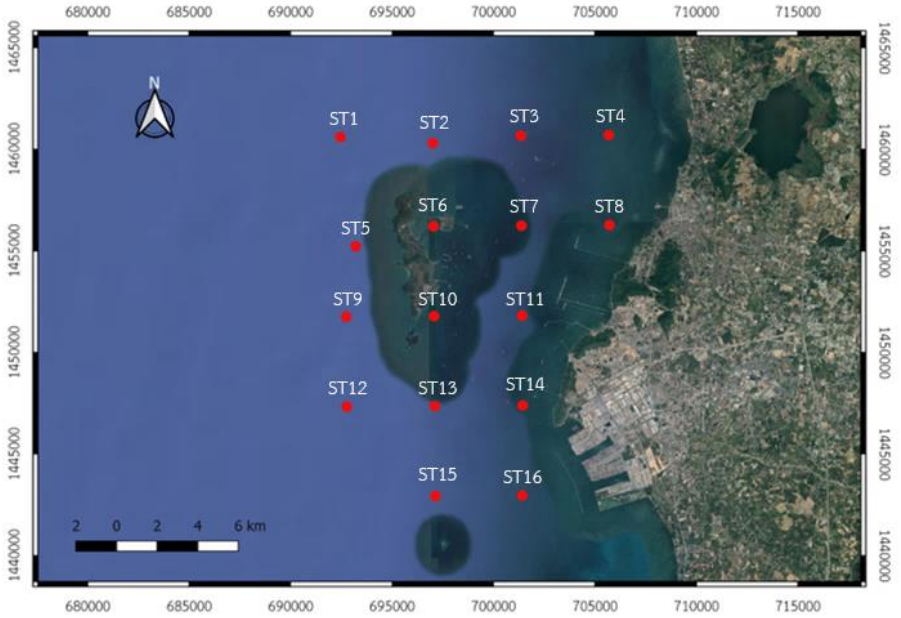

Figure 1 Sampling station at Sichang Island and Chonburi coastal area

วิธีการศึกษา

1. เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชตามสถานีที่กำหนด 16 สถานี โดยใช้ถุงลากแพลงก์ตอนขนาด 20 ไมโครเมตร ลากในแนวดิ่งระยะทางประมาณ 3 เมตร เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช 2 ซ้ำ ในแต่ละสถานี เก็บรักษาสภาพตัวอย่างด้วยสารละลายฟอร์มาลินความเข้มข้นสุดท้ายร้อยละ 5 อ้างอิงจาก Wongrat & Boonyapiwat (2003) และนำตัวอย่างมาจำแนกสกุลและจำนวนแพลงก์ตอนพืชในห้องปฏิบัติการ

2. ตรวจวัดอุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือ Multiparameter แบบภาคสนามยี่ห้อ YSI รุ่น PRO 2030 และวัดค่าความโปร่งแสงของน้ำทะเลด้วยอุปกรณ์ Secchi disc

3. จำแนกสกุลและนับจำนวนแพลงก์ตอนพืช โดยส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงเพื่อนับจำนวนแพลงก์ตอนพืชโดยใช้ Sedgwick Rafter ขนาด 1 มิลลิลิตร และจำแนกแพลงก์ตอนพืชจนถึงระดับสกุลโดยใช้เอกสารของ Wongrat (1999)

การคำนวณหาแพลงก์ตอนพืช สามารถคำนวณได้จากสูตรที่อ้างอิงจาก Wongrat & Boonyapiwat (2003)

$$\text{จำนวนแพลงก์ตอนพืช (เซลล์ต่อลิตร)} = \frac{A \times B}{C} \quad (1)$$

A = จำนวนแพลงก์ตอนที่นับได้ใน Sedgwick Rafter (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)

B = ปริมาตรน้ำในขวดตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

C = ปริมาตรน้ำที่ผ่านถุงลากแพลงก์ตอน (ลิตร) คำนวณจาก ($\pi R^2 \times L$) × 1,000

R = รัศมีปากถุงลากแพลงก์ตอน (เมตร)

L = ความลึก (เมตร)

วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ดัชนีความคล้ายคลึงของแพลงก์ตอนพืชระหว่างฤดูร้อนกับฤดูฝน (Similarity Index) โดยแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของ log(x+1) ด้วยวิธี Bray Curtis similarity แบบ Group Average และแสดงผลด้วย Dendrogram ด้วยโปรแกรม PRIMER-E (Krebs, 1989) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) โดยใช้โปรแกรม Minitab

ผลการวิจัย

โครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืช

จากการศึกษาโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชบริเวณเกาะสีชังและชายฝั่งชลบุรีในเดือนมีนาคมและเดือนสิงหาคม พ.ศ.2563 รวม 16 สถานี พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 2 ดิวิชั่น 4 คลาส 51 สกุล โดยเดือนมีนาคม (ฤดูร้อน) พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 2 ดิวิชั่น 4 คลาส 48 สกุล ได้แก่ ดิวิชั่น Cyanophyta คลาส Cyanophyceae จำนวน 2 สกุล ดิวิชั่น Chromophyta คลาส Bacillariophyceae จำนวน 34 สกุล คลาส Dinophyceae จำนวน 11 สกุล คลาส Dictyochophyceae จำนวน 1 สกุล และเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 2 ดิวิชั่น 4 คลาส 40 สกุล ได้แก่ ดิวิชั่น Cyanophyta คลาส Cyanophyceae จำนวน 3 สกุล ดิวิชั่น Chromophyta คลาส Bacillariophyceae จำนวน 27 สกุล คลาส Dinophyceae จำนวน 10 สกุล คลาส Dictyochophyceae จำนวน 1 สกุล (ตารางที่ 1)

ความหนาแน่นของประชาคมแพลงก์ตอนพืช

จากการศึกษาความหนาแน่นของประชาคมแพลงก์ตอนพืชบริเวณเกาะสีชังและชายฝั่งชลบุรีในเดือนมีนาคมและเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2563 รวม 16 สถานี ในเดือนมีนาคม (ฤดูร้อน) แพลงก์ตอนพืชมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 5,599-33,042 เซลล์ต่อลิตร มีความหนาแน่นเฉลี่ย 12,645±8,661 เซลล์ต่อลิตร และในเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) แพลงก์ตอนพืชมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 14,585-86,321 เซลล์ต่อลิตร มีความหนาแน่นเฉลี่ย 30,315±18,527 เซลล์ต่อลิตร (ภาพที่ 2)

Table 1 Phytoplankton Community Structure at Sichang Island and Chonburi Coastal Area on March and August 2020

Phytoplankton		March	August
Division Cyanophyta			
Class Cyanophyceae (Cyanobacteria)	*Anabaena*	✓	✓
	Oscillatoria	✓	✓
	Trichodesmium		✓
Division Chromophyta			
Class Bacillariophyceae (Diatoms)	*Amphora*	✓	✓
	Asteromphalus	✓	
	Bacillaria	✓	
	Bacteriastrum	✓	✓
	Cerataulina	✓	✓
	Chaetoceros	✓	✓
	Corethron	✓	
	Coscinodiscus	✓	✓
	Cyclotella	✓	✓
	Cylindrotheca	✓	✓
	Ditylum	✓	✓
	Epithemia	✓	✓
	Eucampia	✓	
	Guinardia	✓	✓
	Haslea	✓	✓
	Hemiaulus	✓	✓
	Lauderia	✓	✓
	Leptocylindrus	✓	✓
	Melosira	✓	✓
	Navicula	✓	✓
	Nitzschia	✓	✓
	Odontella	✓	✓
	Palmeria	✓	✓
	Paralia	✓	
	Planktoniella		✓
	Pleurosigma	✓	✓
	Pseudonitzschia	✓	✓
	Rhizosolenia	✓	✓
	Skeletonema	✓	

	Stephanophysis	✓	
	Surirella	✓	✓
	Thalassionema	✓	✓
	Thalassiosira	✓	✓
	Thalassiothrix	✓	✓
	Triceratium	✓	
Class Dinophyceae (Dinoflagellates)	*Dinophysis*	✓	✓
	Gambreirdiscus	✓	
	Gonyaulax	✓	✓
	Noctiluca	✓	✓
	Peridinium	✓	✓
	Phalacroma	✓	✓
	Prorocentrum	✓	✓
	Protoperidinium	✓	✓
	Pyrocystis	✓	
	Pyrophacus	✓	✓
	Scrippsiella		✓
	Tripos	✓	✓
Class Dictyochophyceae (Silicoflagellates)	*Dictyocha*	✓	✓

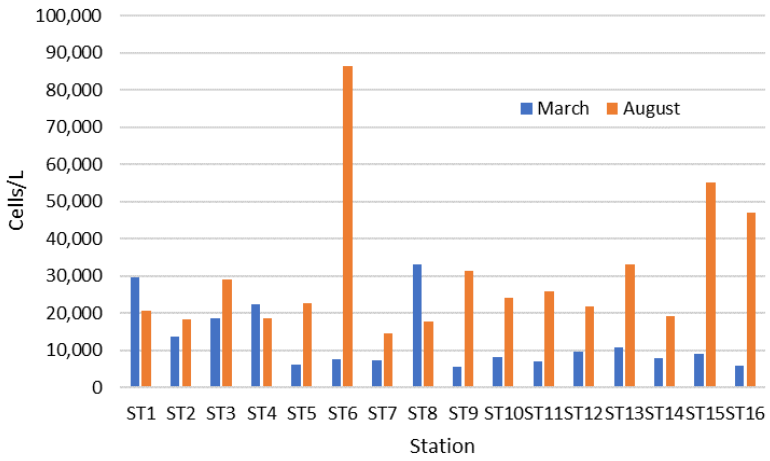

Figure 2 Abundance of phytoplankton at Sichang Island and Chonburi Coastal Area on March and August 2020

การเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนพืชบริเวณเกาะสีชังและชายฝั่งชลบุรีในเดือนมีนาคมและเดือนสิงหาคม พ.ศ.2563 ในเดือนมีนาคมพบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น คือ คลาส Bacillariophyceae (ไดอะตอม) สกุล *Thalassiosira*, *Chaetoceros*, *Rhizosolenia* และ *Pleurosigma* รองลงมา คือ คลาส Dinophyceae (ไดโนแฟลกเจลเลต) สกุล *Tripos*, *Dinophysis* และ *Peridinium* ในเดือนสิงหาคมพบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น คือ คลาส Bacillariophyceae (ไดอะตอม) สกุล *Thalassionema*, *Thalassiothrix* และ *Thalassiosira* รองลงมา คือ คลาส Cyanophyceae (ไซยาโนแบคทีเรีย) สกุล *Trichodesmium* (ภาพที่ 3-4)

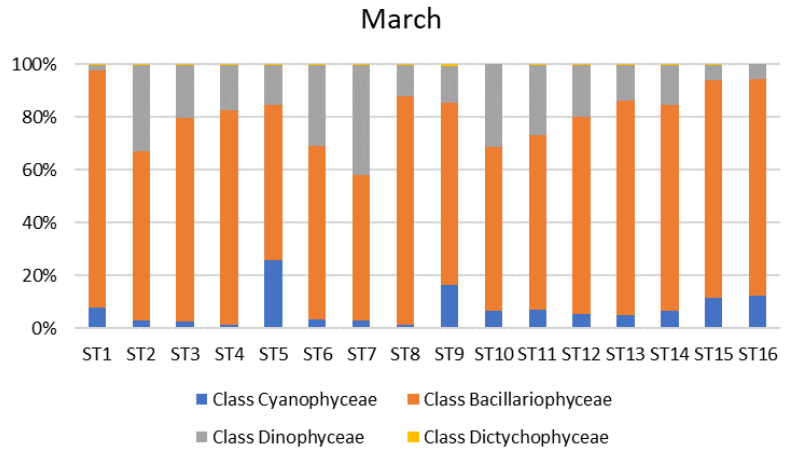

Figure 3 Proportion of phytoplankton at Sichang Island and Chonburi Coastal Area on March 2020

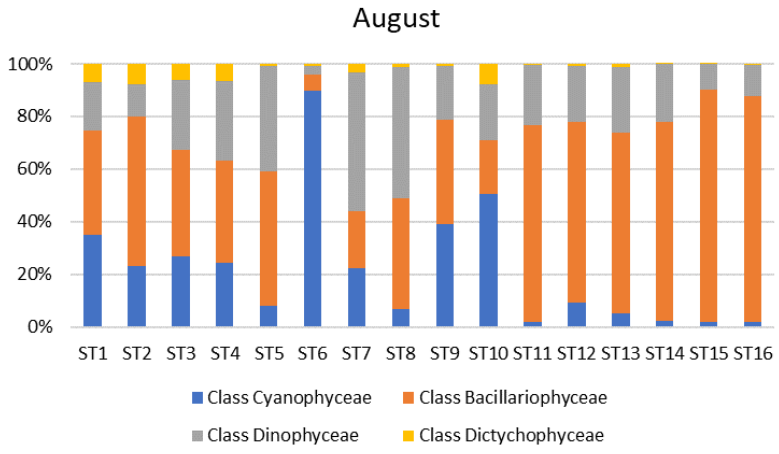

Figure 4 Proportion of phytoplankton at Sichang Island and Chonburi Coastal Area on August 2020

ดัชนีความคล้ายคลึง

การวิเคราะห์ข้อมูลดัชนีความคล้ายคลึงของโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชในบริเวณเกาะสีชังและชายฝั่งชลบุรี จังหวัดชลบุรี ที่ระดับความคล้ายคลึง 75 สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 เป็นโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 สถานีที่ 1-16 กลุ่มที่ 2 เป็นโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2563 สถานีที่ 1-16 (ภาพที่ 5) ซึ่งแต่ละสถานีมีความคล้ายคลึงค่อนข้างมาก

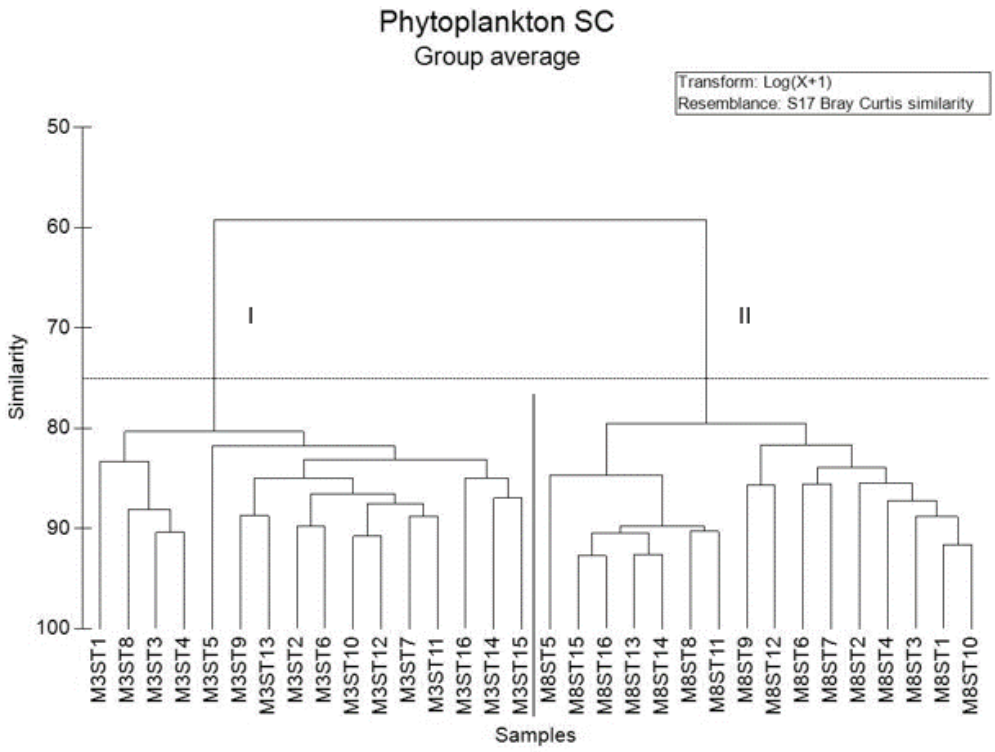

Figure5 Dendrogram of similarity index (M3 = March และ M8 = August)

พารามิเตอร์คุณภาพน้ำ

ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ณ สถานีเก็บตัวอย่าง พบว่าในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 29.2-30.9 องศาเซลเซียส ความเค็มอยู่ระหว่าง 30.3-32.8 พีเอสยู ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ระหว่าง 4.7-6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 8.22-8.71 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2563 มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 30-31.5 องศาเซลเซียส ความเค็มอยู่ระหว่าง 26-28.5 พีเอสยู ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ระหว่าง 6.5-7.8 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 8.38-8.5

Table 2 Water quality at Sichang Island and Chonburi Coastal Area on March and August 2020

Station	Transparency (m)		Temperature (°c)		Salinity (psu)		DO (mg/l)		pH	
	Mar	Aug	Mar	Aug	Mar	Aug	Mar	Aug	Mar	Aug
SC1	4.00	2.50	29.8	30.2	30.3	27.3	6.0	7.5	8.28	8.47
SC2	2.00	2.25	29.2	30.4	31.7	26.8	5.0	7.0	8.32	8.50
SC3	2.60	2.50	30.2	30.3	31.5	26.6	5.0	7.1	8.32	8.48
SC4	2.00	2.25	30.5	30.0	30.4	26.0	5.9	6.8	8.32	8.47
SC5	3.00	2.75	30.9	31.2	32.5	28.1	5.9	7.1	8.30	8.38
SC6	2.00	2.25	30.2	30.1	32.4	26.7	5.2	6.8	8.24	8.48
SC7	2.50	2.80	30.2	30.5	32.5	27.0	5.8	7.1	8.38	8.44
SC8	2.00	2.10	30.4	30.4	31.4	26.1	5.4	6.9	8.34	8.40
SC9	2.00	3.00	30.0	31.5	31.7	28.4	5.9	7.1	8.25	8.41
SC10	2.00	2.60	30.1	30.2	31.7	26.6	5.5	7.2	8.71	8.50
SC11	1.30	3.50	29.9	31.1	31.6	27.4	4.7	6.5	8.32	8.40
SC12	2.00	2.75	29.5	30.7	32.8	28.3	5.4	7.6	8.27	8.40
SC13	2.00	2.50	30.0	31.1	31.4	27.6	5.2	7.3	8.22	8.41
SC14	1.50	4.25	29.8	30.6	31.6	27.0	5.5	6.5	8.25	8.40
SC15	2.00	2.25	29.6	30.7	31.7	28.5	5.3	7.8	8.24	8.38
SC16	1.50	4.25	29.6	30.6	31.6	27.0	5.4	6.5	8.25	8.40

ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) ระหว่างความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมพบว่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช คลาส Cyanophyceae มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับความโปร่งแสงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($r=0.379$ $p<0.05$) มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($r=0.728$, 0.591 $p<0.01$) และมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับความเค็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($r=-0.644$ $p<0.01$) แพลงก์ตอนพืช คลาส Bacillariophyceae มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับความโปร่งแสงและอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($r=0.358$,0.423 $p<0.05$) แพลงก์ตอนพืช คลาส Dinophyceae มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับความโปร่งแสง อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($r=0.483$, 0.672, 0.626, 0.611 $p<0.01$ ตามลำดับ) และมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับความเค็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($r=-0.650$ $p<0.01$) และแพลงก์ตอนพืช คลาส Dictyochophyceae มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับความโปร่งแสงและอุณหภูมิ

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (r=0.438,0.376 p<0.05) มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับความเค็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (r=-0.813 p<0.01) และมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (r=0.764, 0.663 p<0.01)

Table 3 Correlation between phytoplankton abundance and environmental parameters

Parameters	Phytoplankton							
	Cyanophyceae		Bacillariophyceae		Dinophyceae		Dictyochophyceae	
	r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value
Transparency (m)	0.379*	0.033	0.358*	0.044	0.483**	0.005	0.438*	0.012
Temperature (°C)	0.214	0.240	0.423*	0.016	0.672**	0.000	0.376*	0.034
Salinity (psu)	-0.644**	0.000	-.0315	0.079	-0.650**	0.000	-0.813**	0.000
DO (mg/l)	0.728**	0.000	0.275	0.127	0.626**	0.000	0.764**	0.000
pH	0.591**	0.000	0.108	0.556	0.611**	0.000	0.663**	0.000

** Statistically significant (P<0.01)

* Statistically significant (P<0.05)

วิจารณ์ผลการวิจัย

โครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืช

จากการศึกษาโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชบริเวณเกาะสีชังและชายฝั่งชลบุรีในเดือนมีนาคมและเดือนสิงหาคม พ.ศ.2563 พบโครงสร้างแพลงก์ตอนพืชสอดคล้องกับการศึกษาของ Meksumpun, Thawonsode, Thongdonphum, & Veschasit (2013) ในการศึกษาองค์ประกอบชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในอ่าวไทย ซึ่งพบแพลงก์ตอนพืช 2 ดิวิชั่น 4 คลาส 54 สกุล คือ ดิวิชั่น Cyanophyta และดิวิชั่น Chromophyta และ Arkronrat, Oniam, & Chuchit (2012) ศึกษาคุณภาพน้ำ องค์ประกอบชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์ในช่วงการเปลี่ยนแปลงฤดูกาล ซึ่งพบแพลงก์ตอนพืชดิวิชั่น Cyanophyta และดิวิชั่น Chromophyta ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551 และเดือนเมษายน พ.ศ. 2552 ทั้งนี้เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชดิวิชั่น Cyanophyta คลาส Cyanophyceae (ไซยาโนแบคทีเรีย) และดิวิชั่น Chromophyta คลาส Bacillariophyceae (ไดอะตอม) คลาส Dinophyceae (ไดโนแฟลกเจลเลต) เป็นแพลงก์ตอนกลุ่มที่พบสม่ำเสมอในทะเลและพบได้ในชายฝั่งทั่วไป

โครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชในเดือนมีนาคมแตกต่างจากเดือนสิงหาคมโดยเดือนมีนาคมเป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมและไดโนแฟลกเจลเลตเป็นกลุ่มเด่น ขณะที่เดือนสิงหาคมกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตและไซยาโนแบคทีเรียเป็นกลุ่มเด่น ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมที่สำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิและความเค็ม โดยความเค็มสูงจะส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนของกลุ่มไดอะตอมซึ่งพบไดอะตอมเป็นกลุ่มเด่นในเดือนมีนาคม (ฤดูร้อน) ขณะที่ในช่วงเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) ค่าความเค็มลดต่ำลง

แพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตและไซยาโนแบคทีเรียสามารถเติบโตได้ดี และอุณหภูมิที่สูงในช่วงเดือนสิงหาคมเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลให้ไดโนแฟลกเจลเลตสามารถเพิ่มจำนวนหรือเติบโตได้ดี สอดคล้องกับ Meksumpun (2002) ที่กล่าวว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ได้แก่ แสง อุณหภูมิ ความเค็ม และธาตุอาหาร และผลการศึกษาของ Ackaboot *et al.* (2015) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวไทยตอนในด้วยการรรับรู้จากระยะไกล พบแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในเชิงบวก และการศึกษาของ Deesuk *et al.* (2017) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชาคมแพลงก์ตอนพืช บริเวณชายฝั่งเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี พบ แพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในทิศทางเดียวกันในช่วงฤดูฝน และการศึกษาโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนในแม่น้ำบางปะกงของ Jadphanin, Buranaprathepprat, & Gunbua (2017) ที่พบการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม คือ ความเค็ม

ความหนาแน่นของประชาคมแพลงก์ตอนพืช

ผลการศึกษาความหนาแน่นของประชาคมแพลงก์ตอนพืชบริเวณเกาะสีชังและชายฝั่งชลบุรีในเดือนมีนาคมและเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2563 ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Deesuk *et al.* (2017) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชาคมแพลงก์ตอนพืช บริเวณชายฝั่งเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี อาจเนื่องจากทำการศึกษาในบริเวณพื้นที่ศึกษาเดียวกันและช่วงเวลาใกล้เคียงกัน แต่แตกต่างจากการศึกษาของ Arkronrat *et al*. (2012) ที่ทำการศึกษาคุณภาพน้ำ องค์ประกอบชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์ในช่วงการเปลี่ยนแปลงฤดูกาล พบความหนาแน่นในเดือนสิงหาคมเฉลี่ย 5,135 หน่วยต่อลิตร และความหนาแน่นในเดือนเมษายนเฉลี่ย 7,440 หน่วยต่อลิตร ทั้งนี้เนื่องจากช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างซึ่งเก็บในช่วงสองฤดู (ฤดูร้อนและฤดูฝน) พบว่ามีการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชเป็นจำนวนมากในบางสถานีซึ่งเป็นบริเวณใกล้ปากแม่น้ำบางปะกงและบริเวณไกลปากแม่น้ำบางปะกงที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดและปริมาณสารอาหาร และวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลแตกต่างกัน โดย Arkronrat *et al*. (2012) เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ระดับความลึก 1 เมตร และใช้กระบอกเก็บน้ำแบบ Kemmerer แต่วิธีการศึกษาในครั้งนี้ใช้ตัวอย่างน้ำทะเลโดยการลากถุงกรองแพลงก์ตอนขนาด 20 ไมโครเมตร ที่ระดับความลึก 3 เมตร จนถึงผิวหน้าน้ำ จึงทำให้พบความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชได้มากกว่าและผลการศึกษาพบว่าสถานีที่อยู่บริเวณแนวชายฝั่งมีความหนาแน่นของแพลงตอนพืชสูงกว่าสถานีที่อยู่ไกลฝั่งออกไป และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Meksumpun *et al.* (2013) ที่พบแพลงก์ตอนพืชมีความหนาแน่นสูงในบริเวณแนวชายฝั่งมากกว่าในบริเวณไกลฝั่งออกไป ซึ่งอาจเกิดจากอิทธิพลของปริมาณสารอาหารที่ไหลลงมาจากแผ่นดินแต่การศึกษาในครั้งนี้ไม่ได้ทำการตรวจวัดค่าปริมาณสารอาหารจึงยังไม่อาจสรุปผลได้ชัดเจน

การเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนพืชบริเวณเกาะสีชังและชายฝั่งชลบุรีในเดือนมีนาคมและเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2563 พบว่าแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นสอดคล้องกับการศึกษาของ Arkronrat *et al*. (2012) ซึ่งพบแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น คือ คลาส Bacillariophyceae (ไดอะตอม) สกุล *Chaetoceros, Rhizosolenia* และ *Thalassionema* พบทุกฤดูกาล Meksumpun *et al*. (2013) ศึกษาองค์ประกอบชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในอ่าวไทยในช่วงเดือนมีนาคม-เมษายนพบ แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น คือ คลาส Bacillariophyceae (ไดอะตอม) สกุล *Pseudonitzschia, Thalassionema* และ *Chaetoceros* รองลงมาคือ คลาส Cyanophyceae (ไซยาโน

แบคทีเรีย) สกุล *Trichodesmium* ซึ่งในการศึกษาของ Rattanavijit, Tarnchalanukit, Chunkao, & Phewnil (2019) ที่ศึกษาในช่วงเดือนพฤศจิกายน แพลงก์ตอนพืชที่พบชนิดเด่น คือ คลาส Dinophyceae (ไดโนแฟลกเจลเลต) สกุล *Tripos* ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ที่ศึกษาเป็นพื้นที่บริเวณใกล้ปากแม่น้ำบางปะกงและไกลปากแม่น้ำบางปะกงซึ่งแพลงก์ตอนพืช คลาส Bacillariophyceae (ไดอะตอม) และคลาส Dinophyceae (ไดโนแฟลกเจลเลต) พบสม่ำเสมอในทะเลและคลาส Cyanophyceae (ไซยาโนแบคทีเรีย) ซึ่งอาจจะได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดที่ลงสู่ทะเลในแต่ละฤดูกาลเนื่องจากแพลงก์ตอนพืชกลุ่มนี้สามารถพบได้ในน้ำจืดและอาจเป็นเพราะปริมาณธาตุอาหารมีเพียงพอต่อความต้องการของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มนี้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Meksumpun *et al.* (2013) ที่กล่าวว่าสารอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอม ไดโนแฟลกเจลเลต และไซยาโนแบคทีเรีย โดยพบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มนี้มีความหนาแน่นสูงในบริเวณใกล้ชายฝั่งที่มีปริมาณสารอาหารเพียงพอต่อความต้องการในการเติบโต

ดัชนีความคล้ายคลึง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลดัชนีความคล้ายคลึงของโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชในบริเวณเกาะสีชังและชายฝั่งชลบุรี จังหวัดชลบุรี ที่ระดับความคล้ายคลึง 75 สอดคล้องกับการศึกษาของ Deesuk *et al.* (2017) ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชาคมแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งเกาะสีชัง ระดับความคล้ายคลึง 75 สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มเช่นกัน โดยกลุ่มที่ 1 เป็นโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชฤดูแล้งในทุกสถานี และกลุ่มที่ 2 เป็นโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชฤดูฝนในทุกสถานี ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่พบโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชในฤดูแล้งความแตกต่างจากฤดูฝนอาจเนื่องจากปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม คือ ความเค็ม ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเติบโตและแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชในบางกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มไดอะตอมจะเติบโตและแพร่กระจายได้ดีในน้ำทะเลที่มีค่าความเค็มค่อนข้างสูงและคงที่ ในขณะที่กลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตและไซยาโนแบคทีเรียเติบโตและแพร่กระจายได้ดีในน้ำทะเลที่มีค่าความเค็มต่ำและเปลี่ยนแปลง แต่ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความคล้ายคลึงในแต่ละสถานีของแต่ละฤดูไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเกิดจากปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และความเค็มค่อนข้างคงที่ในแต่ละฤดูกาล จึงทำให้โครงสร้างของแพลงก์ตอนพืชในฤดูกาลเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันมากนัก

ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมพบว่าแพลงก์ตอนพืชในคลาส Cyanophyceae (ไซยาโนแบคทีเรีย) คลาส Dinophyceae (ไดโนแฟลกเจลเลต) และคลาส Dictychophyceae (ซิลิโคแฟลกเจลเลต) มีความสัมพันธ์กับความเค็มในทิศทางตรงกันข้ามกล่าวคือ สถานีที่มีความเค็มต่ำจะพบความหนาแน่นของไซยาโนแบคทีเรียสูง และในเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) เนื่องจากปริมาณน้ำจืดลงสู่ทะเลซึ่งความเค็มในแต่ละสถานีมีค่าต่ำกว่าเดือนมีนาคม (ฤดูร้อน) จึงพบความหนาแน่นของกลุ่มไซยาโนแบคทีเรีย ไดโนแฟลกเจลเลตและซิลิโคแฟลกเจลเลตสูงด้วยเช่นกัน ทั้งนี้การที่พบแพลงก์ตอนพืชมีความหนาแน่นที่แตกต่างกันในแต่ละฤดูกาลที่มีค่าความเค็มแตกต่างกันเนื่องจากแพลงก์ตอนพืชแต่ละกลุ่มสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา เช่น กลุ่มไดอะตอมสามารถปรับตัวและเติบโตได้ดีในน้ำทะเลที่มีค่าความเค็มสูงและคงที่ในขณะที่ไดโนแฟลกเจลเลตและไซยาโนแบคทีเรียสามารถปรับตัวและเติบโตได้ดีในน้ำทะเลที่มีค่าความเค็มต่ำ สอดคล้องกับ

การศึกษาของ Deesuk *et al.* (2017) ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชาคมแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งเกาะสีชัง ที่พบความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชกับความเค็มในทิศทางตรงกันข้าม

สรุปผลการวิจัย

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชตามฤดูกาลบริเวณเกาะสีชังและชายฝั่งชลบุรี จังหวัดชลบุรี ในเดือนมีนาคมและเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2563 โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 16 สถานี พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 2 ดิวิชั่น 4 คลาส 50 สกุล คือ ดิวิชั่น Cyanophyta คลาส Cyanophyceae (ไซยาโนแบคทีเรีย) จำนวน 2 สกุล ดิวิชั่น Chromophyta คลาส Bacillariophyceae (ไดอะตอม) จำนวน 35 สกุล คลาส Dinophyceae (ไดโนแฟลกเจลเลต) จำนวน 12 สกุล และคลาส Dictychophyceae (ซิลิโคแฟลกเจลเลต) จำนวน 1 สกุล ในเดือนมีนาคม (ฤดูร้อน) แพลงก์ตอนพืชมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 5,599-33,042 เซลล์ต่อลิตร มีความหนาแน่นเฉลี่ย 12,645 เซลล์ต่อลิตร และในเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) แพลงก์ตอนพืชมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 14,585-86,321 เซลล์ต่อลิตร มีความหนาแน่นเฉลี่ย 30,315 เซลล์ต่อลิตร โดยในฤดูร้อนพบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่น คือ กลุ่มไดอะตอม ซึ่งพบได้ทุกสถานี และยังพบการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไซยาโนแบคทีเรียได้มากในช่วงฤดูฝน จำนวนสกุลของแพลงก์ตอนพืชในฤดูร้อนมากกว่าในฤดูฝนและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในฤดูฝนมากกว่าในฤดูร้อน บริเวณสถานีที่ตั้งบริเวณใกล้ปากแม่น้ำบางปะกงและแนวเกาะจะพบความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชสูงกว่าในสถานีที่ห่างจากบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงออกไป ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอิทธิพลปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ความเค็มที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่แตกต่างกันในสองฤดูดังกล่าว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุกูล บูรณะประทีปรัตน์ และกลุ่มสมุทรศาสตร์ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา รวมไปถึงหน่วยงานที่สนับสนุนงบประมาณ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการเก็บตัวอย่างในการศึกษาจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Ackaboot, J., Daraneesrisuk, J., Kongtong, D., Treattanawittaya, T., Waewmayura, W., Jeesombunpanit, S., & Choosungwal, A. (2015). Monitoring Phytoplankton in the Upper Gulf of Thailand Through Remote sensing. *The 8th Thai students symposium on Geography and Geo-infomatics*, Bangkok. (in Thai)

Arkronrat, W., Oniam, V., & Chuchit, L. (2012). Relationships between Water Qualities and Phytoplankton at Coastal Prachuap Khiri Khan Bay, Prachuap Khiri Khan Province in 2008-2009. *Burapha Science Journal, 17*(1), 108-116. (in Thai)

Deesuk, A., Punnarak, P., & Piumsomboon, A. (2017). Seasonal Variation of Phytoplankton Communities at Sichang Island, Chonburi Province. *The National and International Graduate Research Conference 2017*, Khon Kaen University. (in Thai)

Jadphanin, W., Buranaprathepprat, A., & Gunbua, V. (2017). Plankton Community Structure in the Bangpakong River in 2016 [Special issue]. *Burapha Science Journal, 22*, 203-215. (in Thai)

Krebs, C.J. (1989). *Ecological methodology*. Harper Collins Publishers. New York.

Meksumpun, S. (2002). *Physiology and ecology of marine phytoplankton.* Kasetsart University, Bangkok. Faculty of Fisheries. (in Thai)

Meksumpun, S., Thawonsode, N., Thongdonphum, B., & Veschasit, O. (2013). Study on Distribution of Phytoplankton in the Central Gulf of Thailand. In *Proceedings of Marine Fishery Resources and Environmental Survey in the Gulf of Thailand Conducted Using the M.V. SEAFDEC 2*. (pp. 84-99). Training Department: South East Asian Fisheries Development Centre. (in Thai)

Pollution Control Department. (2014). *Environmental Impact and Pollution Study Project: In the case of Products Transportation in the Koh Sichang area to assess the potential and environmental impact of being a regional cargo zone to support the expansion of the ASEAN Economic Community*. Pollution Control Department: Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)

Rattanavijit, U., Tarnchalanukit, W., Chunkao, K., & Phewnil, O. (2019). Species Diversity of Phytoplankton and Correlation Between with Phytoplankton in Green Mussels farm area at Bang Ta boon Bay, Phetchaburi Province, Thailand. *Science and Technology RMUTT Journal, 9*(1), 128-139. (in Thai)

Wongrat, L. (1999). *Phytoplankton*. Bangkok: Kasetsart University, Bangkok. Faculty of Fisheries. (in Thai)

Wongrat, L. & Boonyapiwat, S. (2003). *Manual of Sampling and Analytical Methods of Plankton*. Kasetsart University. (in Thai)