การติดตามการเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวไทยตอนในด้วยการรับรู้จากระยะไกล

Monitoring Phytoplankton in the Upper Gulf of Thailand Through Remote Sensing

จริยา อรรคบุตร, จิรวัฒน์ ดารณีศรีสุข, ดาวเสาวลักษณ์ กองทอง, ธิษณ์โรจน์ ตรีรัตนาวิทยาวันชนก แววมยุรา, สุนทรี จีนสมบูรณ์พานิช และ อริสรา ชูสังวาลย์[1]

Jariya Ackaboot ,Jirawat Daraneesrisuk,Daosaowaluk Kongtong Tisaroj Trerattanawittaya, Wanchanok Waewmayura,Suntaree Jeensombunpanit,Arissara Choosungwal

บทคัดย่อ

แพลงก์ตอนพืชเป็นผู้ผลิตอันดับแรกที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศทางทะเล เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ซึ่งปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดแพลงก์ตอนพืชสะพรั่ง (Bloom) คือ อุณหภูมิผิวน้ำทะเล หากน้ำทะเลมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชสูงจะส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ปัจจุบันการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี พบมากในบริเวณอ่าวไทยตอนใน ตั้งแต่บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำบางปะกง ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ชายฝั่งตะวันตกจนถึงชายฝั่งตะวันออก การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์การกระจายของแพลงก์ตอนพืช และความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเลกับคลอโรฟิลล์เอ ด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมระบบ MODIS SST และ CHL-A แบบ 16 วัน ตั้งแต่ พ.ศ.2554-2558 ผลการศึกษาพบว่า การกระจายของแพลงก์ตอนพืชสัมพันธ์กับทิศทางการไหลของกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนใน อุณหภูมิและคลอโรฟิลล์เอ ที่ได้จากข้อมูลภาพจากดาวเทียมระบบ MODIS มีความสัมพันธ์ในเชิงบวก และในอนาคตมีโอกาสเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีน้อยเนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์อยู่ในระดับต่ำมาก

คำสำคัญ: น้ำทะเลเปลี่ยนสี อ่าวไทยตอนใน แพลงก์ตอนพืช อุณหภูมิผิวน้ำทะเล คลอโรฟิลล์ เอ

[1] ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Department of Geography , Faculty of Social Sciences , Srinakharinwirot University

(ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร 10110 such2305@gmail.com)

1. บทนำ

ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีหรือที่เรียกว่า ปรากฏการณ์ขี้ปลาวาฬจากแพลงก์ตอนพืช เมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม ทำให้มีการเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลาอันสั้น ส่งผลให้สีของน้ำทะเลนั้นเปลี่ยนแปลงไปจากปกติ เมื่อกระแสน้ำพัดแพลงก์ตอนเหล่านี้มารวมตัวกันและมีความหนาแน่นของมวลแพลงก์ตอนมากจึงทำให้เห็นสีของแพลงก์ตอนพืชนิดนั้นๆ ชัดเจนขึ้น การเพิ่มจำนวนที่ผิดปกติของแพลงก์ตอน อาจส่งผลทางลบได้แก่ เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในท้องทะเล ส่งผลต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สภาพแวดล้อมชายฝั่งทะเล รวมถึงอันตรายจากสารพิษจากแพลงก์ตอนเหล่านี้ต่อมนุษย์เอง

พื้นที่บริเวณอ่าวไทยตอนในตั้งแต่ ตำบลห้วยทรายเหนือ อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี ถึง แหลมบ้านช่องแสมสาน ต.สัตหีบ อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี ลักษณะภูมิประเทศที่มีความลึกไม่มาก ทำให้อินทรีย์และอนินทรีย์วัตถุจากก้นอ่าวทะเลสามารถหมุนเวียนมายังระดับผิวน้ำได้โดยสะดวกประกอบกับมีแม่น้ำสายสำคัญที่ไหลลงสู่อ่าวไทยได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยาไหลลงสู่อ่าวไทยตอนในที่ จ.สมุทรปราการ แม่น้ำแม่กลองไหลลงสู่อ่าวไทยตอนในที่ จ. สมุทรสงคราม แม่น้ำท่าจีนไหลลงสู่อ่าวไทยตอนในที่ จ.สมุทรสาคร แม่น้ำบางปะกงไหลลงสู่อ่าวไทยที่ จ.ฉะเชิงเทรา โดยเฉพาะพื้นที่บริเวณปากแม่น้ำ พบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีพบมากที่สุด ชายฝั่งอ่าวไทยตอนในเป็นบริเวณที่รองรับน้ำทิ้งจากชุมชน และอุตสาหกรรมและพื้นที่เกษตรกรรม ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความถี่และความรุนแรงของการเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสี

การศึกษาครั้งนี้ได้นำเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลมาประยุกต์เพื่อตรวจหาปริมาณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชและอุณหภูมิผิวน้ำทะเล เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันผลกระทบจากการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัด MODIS บนดาวเทียม TERRA และ AQUA ซึ่งครอบคลุมพื้นที่โดยกว้าง โดยใช้ Product ของ MODIS แถบที่ 1(SST) และ แถบที่ 13(CHL-A)

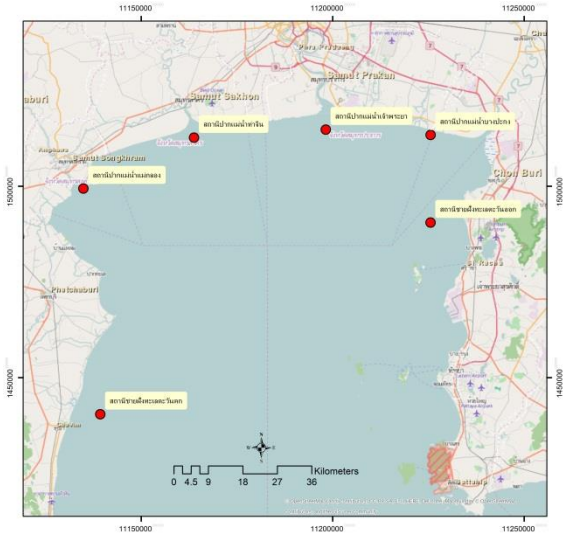
1.2 วัตถุประสงค์ในการศึกษา

2.1. เพื่อศึกษาการกระจายของแพลงก์ตอนพืช

2.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำทะเลที่มีผลต่อการเพิ่มของแพลงก์ตอนพืช

1.3 ขอบเขตเชิงพื้นที่

บริเวณทะเลอ่าวไทยตอนใน ตั้งแต่ชายฝั่งตำบลห้วยทรายเหนือ อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี ถึงชายฝั่งแหลมบ้านช่องแสมสาน ต.สัตหีบ จ.ชลบุรี มีพื้นที่ทั้งหมด 9336.54 ตารางกิโลเมตร จากเหนือถึงใต้ระยะทาง 99.73 กิโลเมตร จากด้านตะวันออกถึงตะวันตกระยะทาง 89 กิโลเมตร



ภาพที่ 1 สถานีเก็บตัวอย่างบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนใน

ที่มา: Arc GIS Online

1.4 ขอบเขตเชิงเวลา

ใน พ.ศ. 2554-2558 ระยะเวลา 5 ปี

2. กรอบแนวคิดและสมมุติฐาน

2.1 สมมติฐานในการวิจัย

อุณหภูมิผิวน้ำทะเลมีผลต่อการเพิ่มปริมาณของแพลงก์ตอนพืช

2.2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 แพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton)

แพลงก์ตอนพืชเป็นผู้ผลิตเบื้องต้น (primary producer) ที่สำคัญในแหล่งน้ำตามธรรมชาติโดยปกติจะพบแพลงก์ตอนพืชหลายกลุ่มและหลายชนิดอยู่ร่วมกันในปริมาณความหนาแน่นของแต่ละชนิดไม่มากนัก แต่ในบางครั้ง อาจพบว่ามีแพลงก์ตอนพืชบางชนิดเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว (bloom) หรือมีความหนาแน่นมากจนทำให้น้ำทะเลเปลี่ยนสี

2.2.2 อุณหภูมิผิวน้ำทะเล (SST)

ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิบนพื้นน้ำทะเล ที่จะเป็นตัวบ่งชี้อุณหภูมิอุณหภูมิบนพื้นน้ำเพียงไม่กี่เมตรหรือบนพื้นผิวน้ำของมหาสมุทร SST เป็นตัวแปรสำคัญสำหรับการศึกษาด้านมหาสมุทร รวมถึงลักษณะเฉพาะและพลังงานการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำ การกระจัดกระจายและการเคลื่อนที่ของสัตว์น้ำต่างๆ เพราะ SST มีผลสำคัญต่อปลาและแหล่งอาหาร

2.2.3 น้ำเปลี่ยนสี (Red tide)

ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในทะเลอันเป็นผลจากกระบวนการยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ได้แก่ ภาวะที่แหล่งน้ำมีปริมาณธาตุอาหารสูงมากกว่าระดับปกติ ซึ่งเกิดจากการชะล้างปุ๋ยและธาตุอาหารต่างๆ จากพื้นที่เกษตรลงสู่แหล่งน้ำและทะเล เป็นเหตุให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่ายหรือแพลงก์ตอนอย่างรวดเร็ว โดยจะเห็นน้ำทะเลเป็นสีต่างๆ ผิดจากสีของน้ำทะเลตามปกติ มีกลิ่นเหม็นและเป็นตะกอนแขวนลอยในน้ำ

2.2.4 กระแสน้ำอ่าวไทยตอนบน

กระแสน้ำในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาครอบคลุมพื้นที่ทั้งอ่าวไทยตอนบนจะเกิดขึ้นในช่วงที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือใน ช่วงตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-มกราคม สำหรับช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในระหว่างเดือนพฤษภาคม-สิงหาคมนั้น สามารถเกิดกระแสน้ำได้ทั้งแบบตามเข็มและทวนเข็มนาฬิกา

2.2.5 MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroraiometer)

เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม TERRA (ตรวจวัดตอนกลางวัน) และ AQUA (ตรวจวัดตอนกลางคืน) มีจำนวน 36 ช่วงคลื่น ช่วงคลื่นที่ใช้วัดอุณหภูมิผิวน้ำทะเลจะเป็นช่วงคลื่นอินฟราเรดกลางจำนวน 2 ช่วงคลื่น และอินฟราเรดใกล้ 2 ช่วงคลื่น (Pison and Nechad, 2006)

2.2.6 สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

$$r_{xy}=\frac{N\sum XY-(\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N\sum X^2-(\sum X)^2][N\sum Y^2-(\sum Y)^2]}}$$

ค่าเฉลี่ยหรือค่าตัวกลาง

$$\bar{X}=\frac{\sum_{i=1}^{n}X_i}{n}$$

4. เทคนิควิธีการวิจัย

ขั้นตอนการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนการศึกษาแบ่งออกเป็น การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแสดงผลของข้อมูล โดยมีรายละเอียดโดยรวมดังต่อไปนี้

4.1 รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิของภาพดาวเทียม Terra/Aqua–MODIS ที่เกี่ยวกับข้อมูลคลอโรฟิลล์เอและอุณหภูมิผิวน้ำทะเล แบบ 16 วัน โดยใช้ภาพของทุกเดือน ใน พ.ศ. 2554-2558 ข้อมูลนี้จาก NASA ดาวน์โหลดได้ที่ http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/

4.2 ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเลขาคณิตของทุกภาพ โดยใช้โปรแกรม SeaDAS7.2 เลือกใช้ Reproject

4.3 เลือกข้อมูลเฉพาะอุณหภูมิผิวน้ำทะเลและคลอโรฟิลล์เอ จากนั้นตัดขอบเขตของภาพในบริเวณอ่าวไทยตอนในที่เป็นพื้นที่ศึกษา

4.4 กำหนดสถานีตัวอย่าง มีพื้นที่ขนาด 25 ตารางกิโลเมตรอุณหภูมิผิวน้ำทะเลกับคลอโรฟิลล์เอ โดยเลือกทั้งหมด 6 สถานี คือ ปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปากแม่น้ำบางประกง ชายฝั่งตะวันออก ชายฝั่งตะวันตก ซึ่งจะกระจายบริเวณโดยรอบของอ่าวไทยตอนใน

4.5 สกัดข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเลและคลอโรฟิลล์เอใน.ปี 2554-2558 จากภาพถ่ายดาวเทียม MODIS

4.6 วิเคราะห์การกระจายตัวของแพลงก์ตอนพืชจากข้อมูลคลอโรฟิลล์เอ

4.7 วิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเลกับคลอโรฟิลล์เอ

4.8 วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา

5. ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ สามารถแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนที่สำคัญโดยมีรายละเอียดดังนี้

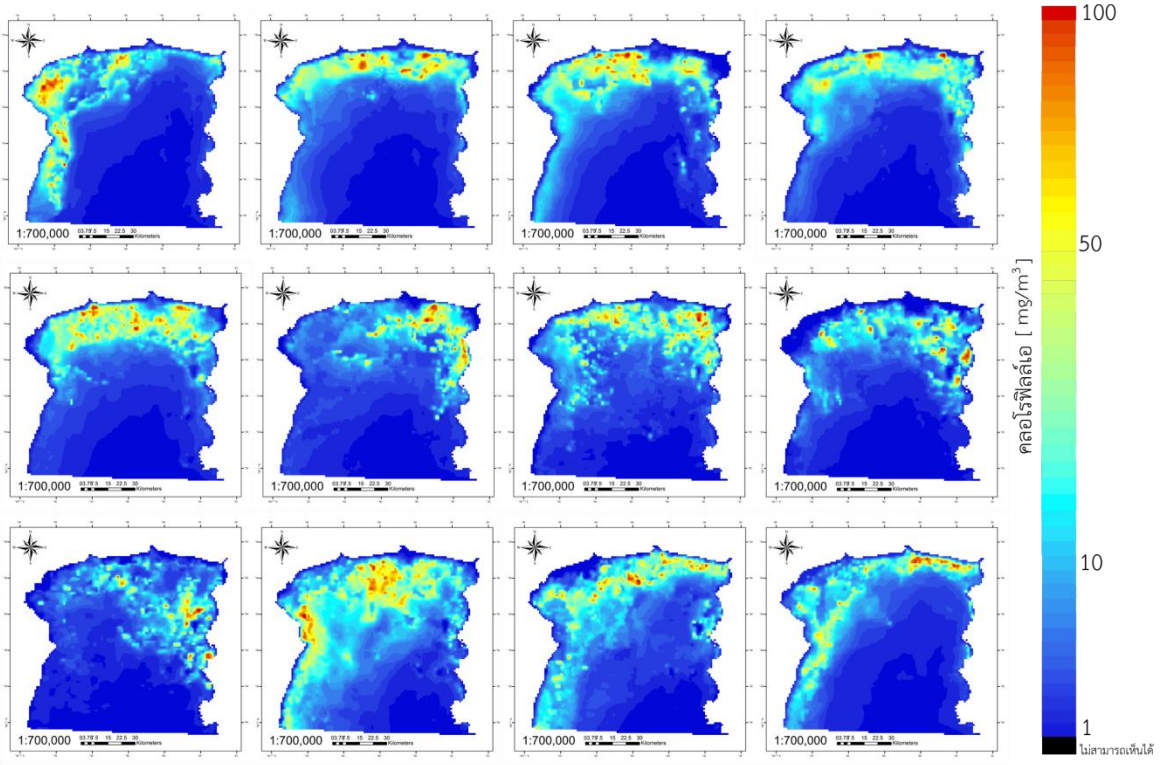
5.1 ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของแพลงก์ตอนพืช

การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลจาก Product ของเครื่องรับรู้ MODIS Bandที่ 1 (SST) และBandที่ 13 (CHL-A) ซึ่งสามารถสรุปออกเป็น 3 ช่วงเวลา ได้แก่

5.1.1 เดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม มีรูปแบบการกระจายตัวของแพลงก์ตอนพืชหนาแน่นบริเวณปากแม่น้ำ 4 สายที่ไหลลงอ่าวไทยตอนใน คือ ปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง

5.1.2 เดือนมิถุนายน –กันยายน มีรูปแบบการกระจายตัวของแพลงก์ตอนพืชตั้งแต่บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปากแม่น้ำบางปะกง และกระจายตัวหนาแน่นสูงบริเวณชายฝั่งตะวันออก

5.1.3 เดือนตุลาคม-มกราคมมีรูปแบบการกระจายตัวแพลงก์ตอนพืชตั้งแต่บริเวณชายฝั่งตะวันตกปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำบางปะกง



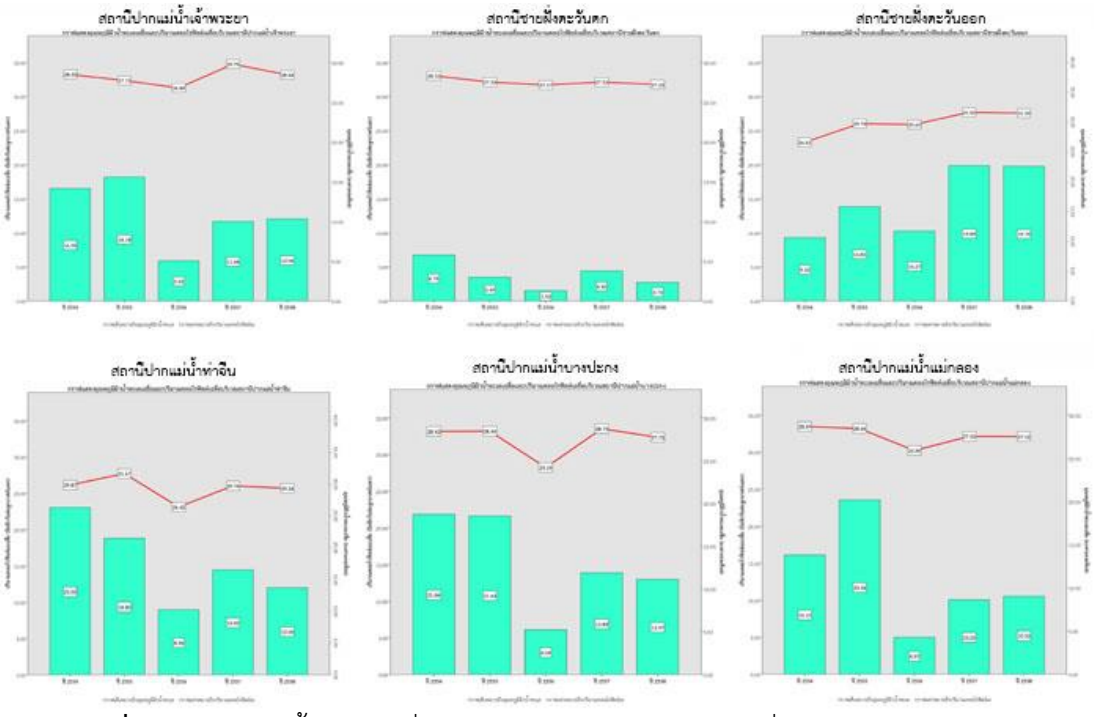
ภาพที่ 2 การกระจายตัวรวมของแพลงก์ตอนพืชระหว่างปี 2554-2558

5.2 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยปี 2554-2558(รายสถานี)

ตารางแสดงอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยปี 2554-2558(รายสถานี)

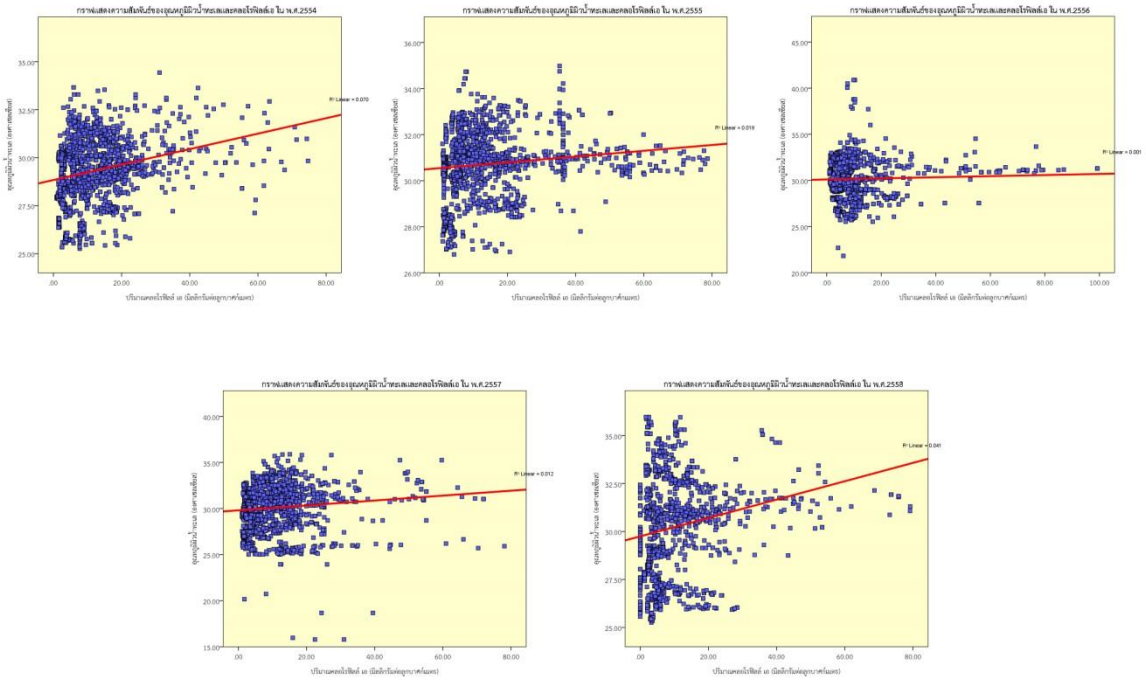
สถานี	สถานีปากแม่น้ำเจ้าพระยา		สถานีชายฝั่งตะวันตก		สถานีชายฝั่งตะวันออก		สถานีปากแม่น้ำท่าจีน		สถานีปากแม่น้ำบางปะกง		สถานีปากแม่น้ำแม่กลอง	
	SST (C°)	CHL-A (mg/m^3)	SST (C°)	CHL-A (mg/m^3)	SST (C°)	CHL-A (mg/m^3)	SST (C°)	CHL-A (mg/m^3)	SST (C°)	CHL-A (mg/m^3)	SST (C°)	CHL-A (mg/m^3)
2554	28.50	16.54	28.33	6.76	26.62	9.32	29.87	23.03	28.42	21.84	28.69	16.10
2555	27.73	18.18	27.53	3.49	29.74	13.85	31.67	18.80	28.44	21.63	28.44	23.54
2556	26.80	5.92	27.17	1.53	29.60	10.27	26.42	8.96	24.19	6.09	25.90	4.97
2557	29.79	11.68	27.53	4.42	31.65	19.89	29.74	14.45	28.73	13.89	27.53	10.05
2558	28.44	12.06	27.23	2.73	31.50	19.79	29.34	12.00	27.73	12.97	27.52	10.53

ตารางที่ 1 แสดงอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยปี 2554-2558(รายสถานี)



ภาพที่ 3 อุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยระหว่างปี(รายสถานี)

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเลและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในปี 2554-2558 คลอโรฟิลล์ เอ จะเกิดในช่วงอุณหภูมิที่ 25 – 35 องศาเซลเซียส ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 0 – 30 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรพบว่า อุณหภูมิผิวน้ำทะเลมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (r = 0.108 -0.34) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ 0.00 - 0.30 มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเลและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และค่าสัมประสิทธิ-สหสัมพันธ์ในปี 2554-2558

6. การอธิปรายผล

การกระจายความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน มีค่าค่อนข้างสูง เป็นแหล่งรองรับน้ำจากลำคลองและแม่น้ำสายต่างๆ ลักษณะในบริเวณนี้มีลักษณะเป็นอ่าวกึ่งปิดทำให้การหมุนเวียนและถ่ายเทของมวลน้ำเกิดขึ้นได้น้อย สารอาหารต่างๆจึงคงอยู่ในมวลน้ำได้ในระยะเวลานาน

การวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเลและแพลงกตอนพืชบริเวณอ่าวไทยตอนในทั้ง 6 สถานี พบว่า เมื่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเลสัมพันธ์เชิงบวกกับมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชอยู่ในคลอโรฟิลล์ เอ อุณหภูมิผิวน้ำทะเลมีผลต่อความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งจากการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ อุณหภูมิผิวน้ำทะเลมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณแพลงก์ตอนพืช ซึ่งสอดคล้องกับ Bricaud *et al*.(2002) สรุปว่า อุณหภูมิพื้นผิวน้ำทะเล(SST) เป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่สุดสำหรับแพลงก์ตอนพืชบลูม์

อุณหภูมิมีความสำคัญต่อการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชโดยที่อุณหภูมิจะมีผลต่อระบบเมทาบอริซึม (Metabolism) ภายในเซลล์ และอุณหภูมิยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อกระบวนการทางเคมีในทะเล อุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มของแสง ถ้ามีปริมาณของความเข้มแสงมาก ก็จะทำให้ผิวน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามสภาพอากาศและฤดูกาลแพลงก์ตอนพืชแต่ละกลุ่มจะมีความสามารถในการเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกัน บริเวณอ่าวไทยตอนในเป็นบริเวณที่มีแม่น้ำหลายสายไหลลง เป็นอ่าวกึ่งปิดการหมุนเวียนและถ่ายเทมวลน้ำเกิดขึ้นน้อยทำให้การกระจายตัวของสารอาหารสูงอยู่รวมกันได้นาน ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมทำให้แพลงก์ตอนพืชเกิดการเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้เกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสี

7. การสรุปผลการวิจัย

การแพร่การกระจายตัวของแพลงก์ตอนพืชในอ่าวไทยตอนใน บริเวณแม่น้ำท่าจีนเป็นบริเวณที่มีรูปแบบการกระจายตัวของแพลงก์ตอนกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั้ง 5 ปี ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเลและปริมาณคลอโรฟิลล์เอใน พ.ศ. 2554-2558 บริเวณชายฝั่งตะวันตก บริเวณชายฝั่งตะวันออก ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำบางปะกง ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำแม่กลอง อุณหภูมิผิวน้ำทะเลมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (r = 0.108 -0.34) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้คือ แพลงก์ตอนพืชมีความสำคัญในการเป็นอาหารธรรมชาติขั้นพื้นฐานของสัตว์น้ำซึ่งเป็นสิ่งที่ดี แต่การที่แพลงก์ตอนพืชมีความหนาแน่นมากเกินไป ย่อมส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่บริเวณนั้น ดังนั้นควรมีการเฝ้าติดตามและศึกษารายละเอียดการเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสี เพื่อวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงหรือสามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า สามารถแก้ปัญหาความเชื่อโยงของบริเวณอ่าวไทยตอนบนอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำการศึกษาขอขอบคุณอธิบดีศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบนที่ให้ความช่วยเหลือข้อมูลการเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสี ขอขอบคุณอธิบดีกรมชายฝั่งทะเลและชายฝั่งที่ให้ความช่วยเหลือข้อมูลคุณน้ำภาพน้ำทะเล

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาภูมิศาสตร์ ที่ให้การช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ก้องเกียรติ ปานพรหมมินทร์ และวารินทร์ ธนาสมหวัง. ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีกับคุณภาพน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดสมุทรสาคร. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2556.

ประดิษฐ์ พีระมน. ฮวงจุ้ยและทรัพยากรที่ยิ่งใหญ่ของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: หจก. มิตรเกษตรการตลาดและโฆษณา

ธวัชชัย นาอุดม อนุกูล บูรณประทีบรัตน กิตติยา หอมหวน และประสาร อินทเจริญ. การเปลี่ยนแปลงเชิงแสงและพื้นที่ของคุณภาพน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนในสองฤดูกาลช่วงปี พ.ศ. 2552. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 18 (2556)2 : 32.

รวมทรัพย์ ชำนาญธนา. แพลงก์ตอนพืชที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน. กรุงเทพฯ. ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน, 2549.

สราวุธ แสงสว่างโชติ. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงกลุ่มประชากรแพลงก์ตอนพืชบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงโดยกาวิเคราะห์รงควัตถุด้วยวิธีโครมาโทรกราฟฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต,สาขาวิชาวาริชศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา, 2547.

พิศิษฐ ตัณฑวณิช. สถิติเพื่องานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 5. นนทบุรี. บุ๊ค พอยท์, 2553.

Sufen Wang and Danling Tang. Remote Sensing of day/night Sea Surface Temperature Difference Related to Phytoplankton Bloom. International Journal of Remote Sensing 31 (September 2010) :17-18