รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ดัชนีคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลด้วยชนิดแพลงก์ตอนพืช

Index of coastal water quality by phytoplankton species

ชลี ไพบูลย์กิจกุล และ เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 2561A10802051
สัญญาเลขที่ 121/2561

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ดัชนีคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลด้วยชนิดแพลงก์ตอนพืช

Index of coastal water quality by phytoplankton species

หัวหน้าโครงการวิจัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชลี ไพบูลย์กิจกุล

ผู้ร่วมโครงการวิจัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล

คณะเทคโนโลยีทางทะเล
มหาวิทยาบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี
มีนาคม 2561

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพาผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 121/2561

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนและช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากคณะเทคโนโลยีทางทะเล ทำให้การวิจัยดำเนินไปได้อย่างราบรื่น คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ คุณชุติรัตน์ โตหมื่นไว และคุณทัศวรรณ แตงจันทร์ ที่ช่วยให้โครงการวิจัยดำเนินการจนสำเร็จ

ชลี ไพบูลย์กิจกุล
หัวหน้าโครงการวิจัย ฯ
มีนาคม 2562

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเกณฑ์ประเมินคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล โดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นเป็นดัชนีบ่งชี้ ทำการรวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำและสกุลแพลงก์ตอนพืชที่พบบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกในช่วงปี พ.ศ. 2547 – 2556 จากหน่วยวิจัยทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางทะเล คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพานำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดแพลงก์ตอนพืชกับความเข้มข้นแอมโมเนีย ไนไตร์ต และออร์โธฟอสเฟต ด้วยวิธีสหสัมพันธ์ จากนั้นนำค่าความสัมพันธ์ที่ได้มาปรับให้เป็นคะแนนของแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุล และทำการกำหนดช่วงคะแนนแพลงก์ตอนพืชเพื่อใช้ในการบ่งชี้คุณภาพน้ำ เพื่อสร้างการประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น ทำการทดสอบเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นที่จัดทำขึ้น โดยการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งจังหวัดจันทบุรีพบว่ามีความถูกต้องมากกว่า 80 เปอร์เซนต์ การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้ แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นมีความเหมาะสมสำหรับการประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเล

คำสำคัญ: การประเมิน, คุณภาพน้ำ, ชายฝั่ง, แพลงก์ตอนพืช, สกุลเด่น

Abstract

This study was conducted to create a coastal water quality assessment with the dominant genus of phytoplankton. The data of water qualities and lists of phytoplankton genus during 2004 - 2013 had been collected from Marine Resources and Environment Research Unit, Faculty of Marine Technology, Burapha University. The relationship between the genus of phytoplankton and water qualities including ammonia, nitrate, and orthophosphate concentration was calculated by correlation analysis. Then, the correlation values were adjusted to be the scores of each genus of phytoplankton. The phytoplankton score range for use in determining water quality was determined to establish coastal water quality assessments using dominant phytoplankton. Coastal water quality assessment criteria testing using coastal water quality assessments using dominant phytoplankton that have been implemented by collecting seawater samples at the coast of Chanthaburi province found that accuracy was more than 80 percent. Assessment of coastal water quality using the dominant phytoplankton was appropriate for coastal water quality assessment.

Keywords: assessment, water quality, coastal, phytoplankton, dominant species

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ ก

บทคัดย่อภาษาไทย ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ค

สารบัญ ง

สารบัญตาราง ฉ

สารบัญภาพ ช

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

1.2 ประโยชน์ของแพลงตอนพืช 2

1.3 ความสัมพันธ์ของแพลงก์ตอนพืชกับคุณสมบัติของน้ำ 4

1.4 ความสำคัญของธาตุอาหารในแหล่งน้ำ 5

1.5 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

1.6 วัตถุประสงค์โครงการวิจัย 9

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 9

1.8 ขอบเขตของโครงการวิจัย 9

บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย 10

2.1 ระยะเวลาการศึกษา และการเก็บตัวอย่าง 10

2.2 การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช 10

2.3 การจัดจำแนก 10

2.4 การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์ธาตุอาหารอนินทรีย์ 11

2.5 วิธีการวิเคราะห์ไนโตรเจน 11

2.6 วิธีการวิเคราะห์ออร์โธฟอสเฟต 12

2.7 การวิเคราะห์ข้อมูล 13

2.8 การเก็บตัวอย่างในภาคสนามเพื่อประเมินเกณฑ์การวัดคุณภาพน้ำที่สร้างขึ้น 13

2.9 ผลลัพธ์ 15

บทที่ 3 ผลการวิจัย 16

3.1 เกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ชนิดแพลงก์ตอนพืช 16

3.2 คะแนนแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดในการบ่งชี้คุณภาพน้ำ 17

3.3 การทดสอบเกณฑ์ประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืช 21

บทที่ 4 อภิปรายและสรุปผลการวิจัย 23

4.1 อภิปรายผลการวิจัย 23

4.2 สรุปผลการวิจัย 24

4.3 ข้อเสนอแนะ 24

4.4 คุณค่าและประโยชน์ของผลผลิตการวิจัย 25

4.5 แนวทางการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ และ/หรือพัฒนาต่อยอด 25

ผลผลิต (Output) 26

บทความวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่ 26

รายงานการเงิน 39

บรรณานุกรม 50

ภาคผนวก 40

ประวัติผู้วิจัย 44

สารบัญตาราง

2-1	พิกัดตำแหน่งเก็บตัวอย่าง	14
3-1	เกณฑ์คุณภาพน้ำที่สัมพันธ์กับคะแนนแพลงก์ตอนพืชตาม trophic level และตามคุณภาพน้ำทั่วไป	17
3-2	คะแนนแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิด	17
3-3	การประเมินคุณภาพน้ำภาคสนามโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น	21

สารบัญภาพ

1-1	ห่วงโซ่อาหารในแหล่งน้ำธรรมชาติ	3
2-1	แผนที่ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง	14

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การประเมินคุณภาพน้ำทะเลในปัจจุบัน มีการประเมินคุณภาพน้ำทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ คุณภาพน้ำทางกายภาพได้แก่ สีของน้ำ อุณหภูมิ หรือความขุ่นของน้ำ คุณภาพน้ำทางเคมีเป็นการวัดปริมาณสารเคมีต่างๆที่ละลายอยู่ในน้ำ สารเคมีที่นิยมวัดในน้ำได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตร์ท ไนเตรท และฟอสเฟตที่ละลายน้ำ ส่วนการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพได้แก่การวัดชนิดและปริมาณสิ่งมีชีวิตต่างๆที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้นๆ กลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่นิยมประเมินได้แก่ แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ สิ่งมีชีวิตหน้าดิน และสัตว์น้ำเศรษฐกิจ เป็นต้น ในการประเมินคุณภาพน้ำทะเลแต่ละครั้ง จะมีการเก็บพารามิเตอร์คุณภาพน้ำในทุกมิติ คือมีการเก็บคุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพควบคู่กันไป สิ่งมีชีวิตกลุ่มแพลงก์ตอนพืชเป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มที่มีความสัมพันธ์อย่างมากต่อการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพกายภาพและทางเคมีของแหล่งน้ำ (Alam et al., 2016; Bowes et al., 2016) และตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศในแหล่งน้ำนั้น ๆ (Katsiapi et al., 2016) ในกลุ่มคุณภาพน้ำทางเคมีกลุ่มที่เป็นสารอนินทรีย์ที่เป็นแหล่งสารตั้งต้นในการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช ได้แก่ แอมโมเนีย และฟอสเฟต จะมีความสัมพันธ์ค่อนข้างเด่นชัดกับชนิดแพลงก์ตอนพืชที่พบ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย และฟอสเฟต ในแหล่งน้ำชายฝั่งทะเล จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงชนิด และจำนวนของแพลงก์ตอนพืชที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น

การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพโดยใช้สิ่งมีชีวิตที่มีการปรับตัวเพื่อให้สามารถอยู่รอดในระบบนิเวศนั้น เป็นดัชนีประเมินคุณภาพน้ำมีการศึกษาในสิ่งมีชีวิตหลายกลุ่ม ได้แก่ แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ ตัวอ่อนของแมลง สัตว์หน้าดิน และปลา (Gaufin, 1973; Gannon and Stemberger, 1978; Stoemer, 1978; Klerks and Weis, 1987; Metcalfe, 1989; Lagadic et al., 1994; Willen, 2000; Bianchi et al., 2003; Rosenberg et al., 2004; Padisak et al., 2006; Peerapornpisal et al., 2007; Case et al., 2008; Sagert et al. 2008; Shekhar et al., 2008; Jeppersen et al., 2011; Obolewski et al., 2018) โดยกลุ่มของแพลงก์ตอนพืชและสัตว์หน้าดินจะมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำได้รวดเร็วกว่ากลุ่มสิ่งมีชีวิตอื่น (Hellawell, 1986; Willen, 2000)

การใช้ชนิดแพลงก์ตอนพืชในการประเมินคุณภาพน้ำที่ผ่านในประเทศไทยมีการสร้างดัชนีการประเมินที่มีการเผยแพร่ได้แก่ AARL-PP score (Peerapornpisal et al., 2007) ซึ่งดัชนีดังกล่าวสร้างขึ้นเพื่อประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืดนิ่ง (ยุวดี, 2552) ในขณะที่น้ำชายฝั่งทะเลมีการศึกษาคุณภาพน้ำทางเคมีกับแพลงก์ตอนพืชที่พบค่อนข้างมาก แต่ยังไม่มีแนวคิดในการสร้างดัชนีการประเมินคุณภาพน้ำ

ทะเลด้วยชนิดแพลงก์ตอนพืช ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อสร้าดัชนีการประเมินคุณภาพชายฝั่งทะเล แอมโมเนีย ไนไตร์ท และฟอสเฟต โดยใช้ชนิดแพลงก์ตอนพืชเป็นตัววัด

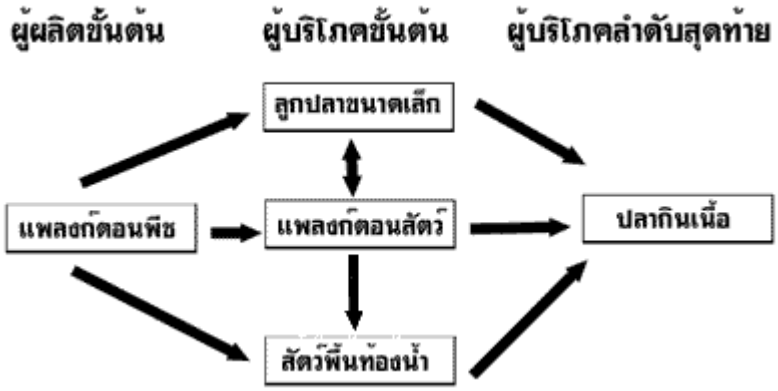
สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กกลุ่มแพลงก์ตอนพืชเป็นสาหร่ายขนาดเล็กที่ลอยอยู่ในมวลน้ำ สามารถทรงตัวและเคลื่อนไหวในน้ำ แต่ไม่สามารถต้านการไหลของกระแสน้ำได้ ดังนั้นการกระจายของแพลงก์ตอนพืชจะขึ้นอยู่กับการไหลของมวลน้ำที่มันอาศัยอยู่ แพลงก์ตอนพืชเป็นกลุ่มที่มีมวลชีวภาพมากที่สุดในแพลงก์ตอนทั้งหมด แพลงก์ตอนพืชเป็นพวกที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการเปลี่ยนแปลงสารอาหารพวกอนินทรีย์ให้เป็นสารอินทรีย์ที่สลับซับซ้อน ตัวอย่างของแพลงก์ตอนพืช เช่น *Chaetoceros* sp., *Oscillatoria* sp. และ *Chlorella* sp. เป็นต้น

แพลงก์ตอนพืชที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจะมีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำบริเวณนั้น โดยทั่วไปคุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว ทั้งจากธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเกิดฝนตก การเกิดพายุ การทิ้งน้ำเสียจากชุมชนลงสู่ทะเล เหล่านี้เป็นเหตุให้คุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวย่อมมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น ๆ แพลงก์ตอนพืชเป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มผู้ผลิตย่อมได้ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชนอกจากขึ้นอยู่กับปริมาณสารอนินทรีย์ที่เป็นแหล่งวัตถุดิบในการสังเคราะห์แสงแล้ว ยังขึ้นกับปัจจัยทางกายภาพอื่น เช่น สภาพแสง อุณหภูมิ ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้แพลงก์ตอนพืชบางชนิดที่มีการปรับตัวได้มีการเจริญเติบโต ขยายพันธุ์เป็น species เด่นในระบบนิเวศนั้น ดังนั้นชนิดแพลงก์ตอนพืชที่อยู่ในแหล่งน้ำสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนั้นได้

แพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) หมายถึง สาหร่ายขนาดเล็กที่ล่องลอยอยู่ในมวลน้ำ สามารถทรงตัว เคลื่อนไหวในน้ำได้แต่การเคลื่อนไหวไม่สามารถต้านการไหลของน้ำได้ และการเคลื่อนไหวนั้นไม่สามารถกระทำด้วยแรงของตัวเองได้จะเกิดจากการกระทำของคลื่น ลม และกระแสน้ำ แพลงก์ตอนพืชสามารถสังเคราะห์แสงนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาเพื่อสังเคราะห์แสงได้ ตัวอย่างของแพลงก์ตอนพืช เช่น *Chaetoceros* sp. *Oscillatoria* sp. และ *Chlorella* sp. (เบ็ญจมาศ, 2559)

1.2 ประโยชน์ของแพลงตอนพืช

1. เป็นองค์ประกอบเบื้องต้นของห่วงโซ่อาหารในแหล่งน้ำธรรมชาติห่วงโซ่อาหารนั้นจะยาวหรือสั้นก็ได้ขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำนั้นๆ เช่น แถบชายฝั่งทะเลจะมีโซ่อาหารยาวเพียง 4 ห่วง (ลัดดา, 2544)



ภาพที่ 1-1 ห่วงโซ่อาหารในแหล่งน้ำธรรมชาติ

ที่มา: http://www.sa.ac.th

2. เป็นตัวบ่งชี้ระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ การวัดความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำสามารถวัดได้ 3 แบบ ได้แก่ วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ซึ่งเท่ากับปริมาณการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช หรือเป็นการวัดผลผลิตเบื้องต้น (primary productivity) วัดอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และวัดเป็นหน่วยพลังงาน (ลัดดา, 2544)

3. เป็นตัวบ่งชี้กระแสน้ำ (Currents) ในมหาสมุทรและทะเล แพลงก์ตอนพืชที่มีขนาดใหญ่จะได้รับความนิยมมากกว่า เช่น กลุ่มไดอะตอมทะเล เช่น Thalassiosira hyaline พบในบริเวณที่มีกระแสน้ำเย็นจากขั้นโลกไหลผ่าน (ลัดดา, 2544)

4. ชนิดของแพลงก์ตอนพืชเป็นตัวบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์ของน้ำธรรมชาติ ในทะเลบริเวณที่มีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ เช่น บริเวณใกล้ฝั่งที่เกิดน้ำผุด (Upwelling) ของประเทศเปรู จะพบไดอะตอมในสกุล *Thalassiosira* และ *Chaetoceros* ถ้าบริเวณห่างฝั่งจะมีธาตุอาหารน้อย พบไดอะตอมในสกุล *Rhizosolenia* และ *Planktoniella* เป็นต้น (ลัดดา, 2544)

5. ใช้ชนิดของแพลงก์ตอนพืชตรวจสอบมลภาวะ (Pollution) ของแหล่งน้ำ จะใช้ได้ผลดีกับมลภาวะที่เกิดจากสารอินทรีย์ แพลงก์ตอนพืชที่เป็นดัชนี 5 อันดับแรก ซึ่งก่อให้เกิดมลภาวะในแหล่งน้ำได้แก่ *Euglena viridis*, *Nitzschia palea*, *Oscillatoria limosa*, *Scenedesmus quadricauda*, *Oscillatoria tenuis* การใช้ค่าดัชนีความหลากหลาย (Diversity Index) คำนวณจากข้อมูลชนิดของแพลงก์ตอนและปริมาณของแพลงก์ตอนแต่ละชนิด ประเมินภาวะมลพิษของแหล่งน้ำที่เราต้องการศึกษา หลักการง่ายๆ คือ ในแหล่งน้ำปกติจะมีชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชไม่มาก แต่ถ้าเกิดมลพิษจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชจะลดลงเหลือ 2-3 ชนิด หรือเหลือชนิดเดียวแต่จำนวนมาก เช่น การเกิดปรากฏการณ์ขี้ปลาวาฬ (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2544)

6. ใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรม การใช้แพลงก์ตอนที่มีชีวิต (Live form) อาจจะนำมาใช้ได้ทั้งเซลล์ หรือโดยการสกัดผลผลิตที่เซลล์ผลิตขึ้นมา แพลงก์ตอนพืชที่มีชีวิตมีประโยชน์ ดังต่อไปนี้ เช่น นำมาทำอาหารสำหรับการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน อาหารมนุษย์ และยา

การใช้ในรูปซากเหลือ (Fossil form) หินปูนที่เกิดจากเซลล์ส่วนที่ตายแล้วของแพลงก์ตอนพืช สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรม เช่น เซรามิค พลาสติก ยาง และแพลงก์ตอนพืชบางชนิดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมน้ำมันและใช้ในการสำรวจแหล่งน้ำมันได้อีกด้วย

7. การศึกษาและทดลองวิทยาศาสตร์

แพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่มีวงจรชีวิตที่สั้น โตง่าย ปรับตัวเข้ากับวิ่งแวดล้อมค่อนข้างง่าย จึงเหมาะกับการนำมาทดลองเลี้ยงในห้องปฏิบัติการเพื่อทำการศึกษาในด้านต่างๆ (เบ็ญจมาศ, 2559)

1.3 ความสัมพันธ์ของแพลงก์ตอนพืชกับคุณสมบัติของน้ำ

1. ไนโตรเจน

ไนโตรเจน เป็นธาตุอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชและเป็นปัจจัยสำคัญของระบบนิเวศในแหล่งน้ำ รวมถึงทะเลเปิดและชายฝั่งทะเล เมื่อปริมาณไนโตรเจนในแหล่งน้ำเพิ่มปริมาณขึ้นจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดรวมของแพลงก์ตอนพืช (Plankton bloom) โฉมยง (2541) ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ไดอะตอมบางชนิด เช่น Melosira varians สามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีไนเตรตสูงประมาณ 2.0-3.0 mg/L สารประกอบไนโตรเจนที่ละลายน้ำแบ่งออกเป็นแอมโมเนีย ไนไตร์ท และไนเตรท

2. แอมโมเนีย (NH_3)

แอมโมเนียที่อุณหภูมิปกติจะอยู่ในสภาวะก๊าซ และสามารถพบได้ในน้ำธรรมชาติ ในสภาวะสมดุลในน้ำจะเกิดเป็นแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) จุลินทรีย์ในน้ำสามารถมีผลทำให้ค่า BOD ของแหล่งน้ำ การวิเคราะห์แอมโมเนียในน้ำที่ได้รับการปนเปื้อนสามารถบอกคุณภาพน้ำได้ โดยปกติแอมโมเนียจะอยู่ในน้ำธรรมชาติในปริมาณน้อยกว่า 1 mg-N/L (เบ็ญจมาศ, 2559)

3. ไนไตร์ต (NO_2^-)

ไนไตร์ตเป็นก๊าซตัวกลางที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปไปมาได้ระหว่าง แอมโมเนียและไนเตรต โดยทั่วไปไนไตร์ตมีความเป็นพิษน้อยกว่าแอมโมเนียแต่ถ้าหากอยู่ในน้ำปริมาณมากๆ ก็สามารถทำให้คุณภาพของน้ำเสื่อมได้เช่นกัน ไนไตร์ตเป็นไอออนที่ไม่คงตัว ความเข้มข้นในน้ำผิวดินและใต้ดินมักจะไม่เกิน 0.1 mg-N/L

4. ไนเตรต (NO_3^-)

ไนเตรตเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายของวัฏจักรไนโตรเจน มีพิษต่ำมาก น้ำผิวดินจะพบปริมาณไนเตรตปริมาณน้อยมากโดยส่วนใหญ่ต่ำกว่า 1 mg-N/L อย่างสูงไม่เกิน 5 mg-N/L

5. ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งในรูปสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ในเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชสามารถสะสมฟอสเฟตได้มากเมื่อระดับสารอินทรีย์ในน้ำสูง ฟอสฟอรัสจัดเป็นปัจจัยจำกัดต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนพืชสามารถเจริญได้อย่างรวดเร็วหากอยู่ในแหล่งน้ำที่มีฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปละลายน้ำอยู่มาก และสามารถทำให้เปิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันได้

1.4 ความสำคัญของธาตุอาหารในแหล่งน้ำ

ธาตุอาหารหรือสารอาหารในแหล่งน้ำ มีความสำคัญในด้านการทำให้เกิดผลผลิตเบื้องต้นหรือผลผลิตแพลงก์ตอน ซึ่งเป็นอาหารตามธรรมชาติที่สำคัญของสัตว์น้ำ ฟอสฟอรัสและไนโตรเจนมักเป็นตัวจำกัดผลผลิตของแพลงก์ตอนในแหล่งน้ำ และเป็นปัจจัยหนึ่งที่กำหนดความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ สารอาหารเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต และการเจริญเติบโตของของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ แหล่งที่สำคัญของสารอาหารได้จากการชะล้างของดินและการพัดพามากับน้ำลงสู่ทะเล โดยสารอาหารที่ได้นั้นพืชจะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งสารอาหารที่มีอยู่ในแหล่งน้ำอาจเป็นสารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นสารอาหารที่มีความจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตและยังเป็นปัจจัยที่กำหนดความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ การกระจายขององค์ประกอบเคมีภายในปากแม่น้ำมาจากกระบวนการหลายอย่างที่เกิดขึ้นพร้อมๆกัน สารต่างๆที่เกิดนั้นเกิดจากธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ต่างก็ส่งผลสู่บริเวณปากแม่น้ำ ส่วนหนึ่งจะถูกสะสมอยู่ในบริเวณปากแม่น้ำ และอีกส่วนหนึ่งจะถูกพัดพาออกไปสู่ทะเล สารต่างๆเหล่านี้จะอยู่ในรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป (มนุวดี, 2532)

1. แอมโมเนีย – ไนโตรเจน

แอมโมเนียเป็นสารอนินทรีย์ไนโตรเจนที่เกิดจากการย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจน การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต อาหารที่ตกค้างอยู่ในบ่อ และการย่อยยูเรีย เป็นต้น สารละลายแอมโมเนียจะแตกตัวออกเป็น 2 รูป คือ Un-ionized (NH_3) และ Ionized (NH_4^+) ซึ่งรูปที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ คือ Un-ionized ammonia ส่วนรูป Ionized ammonia จะไม่เป็นพิษ ผลรวมของแอมโมเนียทั้ง 2 รูปแบบ เรียกว่า แอมโมเนียรวม (Total ammonia nitrogen; TAN) หรือเรียกง่ายว่า แอมโมเนีย โดยปกติ NH_3-N จะอยู่ในน้ำธรรมชาติปริมาณน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร

แพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำใช้แอมโมเนียเพื่อสร้างโปรตีน (กรดอะมิโน) ส่วนแอมโมเนียที่เกินความต้องการจะถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ในสภาวะที่มีออกซิเจนในแหล่งน้ำ พบว่า แอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรียพวก Nitrifying bacteria ในขณะที่ไม่มีออกซิเจน (Anaerobic condition) ไนเตรทจะถูกแบคทีเรียจำพวก Denitrifying bacteria เปลี่ยนไปเป็นไนไตร์ท และก๊าซไนโตรเจนตามลำดับ ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่า Denitrifrication

โดยทั่วไปแล้วในแหล่งน้ำทั่วไป จะพบแอมโมเนียในรูปที่มีประจุเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสัดส่วนของแอมโมเนียทั้ง 2 รูปแบบนี้จะขึ้นอยู่กับค่าพีเอช อุณหภูมิ และ Ionic strength โดยพีเอชมีอิทธิพลมากที่สุด (เบ็ญจมาศ, 2559)

2. ไนไตร์ท – ไนโตรเจน (NO_2^--N)

ไนไตร์ท-ไนโตรเจน เป็นสารประกอบซึ่งอยู่กึ่งกลางของปฏิกิริยา ในกระบวนการไนตริฟิเคชั่น โดยทั่วไปพบไนไตร์ทสะสมอยู่ในแหล่งน้ำ เพราะไนไตร์ทจะเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรทอย่างรวดเร็วด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชั่น แต่ในบางกรณีหากอัตราการออกซิไดซ์แอมโมเนียเร็วกว่าอัตราการออกซิไดซ์ไนไตร์ทก็จะเกิดการสะสมของไนไตร์ทขึ้น แหล่งน้ำทั่วไป พบว่ามีความเข้มข้นของไนไตร์ทไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมไนไตร์ทต่อลิตร ในสภาวะที่ไร้ออกซิเจน ไนไตร์ทสามารถูกรีดิวซ์ได้เป็นแอมโมเนียด้วยกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น และในสภาวะที่มีออกซิเจนไนไตร์ท สามารถถูกออกซิไดซ์เป็นไนเตรทด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชั่น โดยไนโตรแบคเตอร์แบคทีเรีย

ความเป็นพิษของไนไตร์ทอาจเป็นผลเนื่องมาจากความเข้มข้นของกรดไนตรัส ซึ่งปริมาณของกรดไนตรัสจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และค่า pH ตลอดจนความเค็มของน้ำ โดยเมื่อน้ำมีค่า pH และอุณหภูมิต่ำจะเกิดกรดไนตรัสได้ดี สำหรับผลกระทบของไนไตร์ทที่มีต่อสัตว์น้ำเกิดจากการที่เฟอรัสไอออน (Fe_2^+) ซึ่งอยู่ในโมเลกุลของฮีโมโกลบินในเลือด เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและเปลี่ยนไปเป็นเฟอร์ริกไอออน (Fe_3^+) ซึ่งทำให้ฮีโมโกลบิน มีความสามารถในการรับออกซิเจนได้ต่ำลง ทำให้เกิดสภาวะที่เม็ดเลือดมีปริมาณออกซิเจนต่ำกว่าปกติ (Hypoxia) หรือที่เรียกว่า “Brown blood disease” ความเป็นพิษของไนไตร์ทจะเพิ่มมากขึ้นในสภาวะที่มีระดับออกซิเจนต่ำ และอุณหภูมิสูงในบางครั้งพบว่าหากไนไตร์ทสูงเกิน 1 มิลลิกรัมไนไตร์ทต่อลิตร จะเป็นอันตรายต่อปลา (เบ็ญจมาศ, 2559)

3. ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีความสำคัญในแหล่งน้ำ เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำและเป็นธาตุหนึ่งที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพวกจุลินทรีย์ต่างๆ เช่นเดียวกับไนโตรเจน และถ้ามีฟอสฟอรัสมากเกินไปในแหล่งน้ำลำคลองก็จะทำให้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตมาก ซึ่งจะทำให้ในสิ่งแวดล้อมในแม่น้ำเน่าเสีย โดยทั่วไปจะพบความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำธรรมชาติไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร

ฟอสฟอรัสที่อยู่ในแหล่งน้ำสามารถอยู่ในรูปของโพลีฟอสเฟต (Inorganic polyphosphate) ซึ่งเมื่อละลายน้ำจะได้ฟอสๆอรัสในรูปของออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) นอกจากนี้จุลินทรีย์ในน้ำยังสามารถเปลี่ยนฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำให้เป็นออร์โธฟอสเฟต เป็นรูปที่พืชน้ำจะนำไปใช้ได้อีกด้วย โดยปกติความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำจะต่ำมาก คือ จะมีปริมาณของออร์โธฟอสเฟตอยู่ไม่เกิน 5-20 ไมโครกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร แม้แต่ในแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์มากๆหรือในน้ำเสียก็จะมีปริมาณไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus) ซึ่งหมายถึงฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปต่างๆในน้ำธรรมชาติรวมกัน ซึ่งมักจะมีค่าไม่เกิน 1 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร (วิรัช, 2544)

โดยแหล่งที่มาของฟอสฟอรัสมาจากหลายแหล่งดังต่อไปนี้

1. จากธรรมชาติ เกิดจากการกัดกร่อนและการผุพังสลายตัวของหิน การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์และของเสียต่างๆ โดยผ่านทางการชะล้างจากแผ่นดิน

2. จากกิจกรรมของมนุษย์ มาจากของเสียที่มนุษย์ถ่ายทิ้งลงสู่แหล่งน้ำทุกวัน เช่น น้ำทิ้งจากชุมชนบ้านเรือน ซึ่งมีการซักล้างปนเปื้อน

3. จากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท

4. จากกิจกรรมการเกษตร เช่น การใช้ปุ๋ยในปริมาณมากเกินความจำเป็น ของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ของเสียจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

1.5 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วาสนา และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ และแพลงก์ตอนพืช บริเวณชายฝั่งอ่าวประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ในรอบปี พ.ศ. 2551-2552 พบว่าพบแพลงก์ตอนพืช 3 ดิวิชั่น คือ Cyanophyta, Chlorophyta และ Chromophyta โดยแพลงก์ตอนพืชที่เป็นสกุลเด่น ได้แก่ *Chaetoceros, Rhizosolenia* และ *Thalassionema* ส่วนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับปริมาณแพลงก์ตอนพืชพบว่า แพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งอ่าวประจวบฯ มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณซิลิเกต ($r = 1.00$, $P<0.01$) และมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณไนไตรท์ ($r = -1.00$, $P<0.01$) และคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งอ่าวประจวบฯ ยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้สำหรับมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง แต่ก็ควรมีการเฝ้าระวังต่อการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในบริเวณอ่าวประจวบคีรีขันธ์

ศิริเพ็ญ และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำและสาหร่ายในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล (ปี พ.ศ. 2540 – 2544) โดยมีวัตถุประสงค์ในการติดตามตรวจสอบและประเมินคุณภาพน้ำ จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำและสาหร่ายพบว่า สาหร่ายส่วนใหญ่อยู่ในดิวิชั่น Cyanophyta และ Chlorophyta โดยสาหร่ายในดิวิชัน Cyanophyta ที่เป็นชนิดเด่น ได้แก่ *Lyngbya limnetica* Lemmerman และ *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolosz) Seenayya & Subba ส่วนสาหร่ายในดิวิชัน Chlorophyta ที่เป็นชนิดเด่น ได้แก่ *Ankistrodesmus* sp., *Chlorella vulgaris* Beij., *Closterium* sp. และ *Staurastrum* sp. การประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้สาหร่ายชนิดเด่นพบว่าคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชลอยู่ในระดับปานกลาง (Mesotrophic status)

สุเทพ และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาการใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในการชี้วัดคุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำประแส จังหวัดระยอง และผู้วิจัยได้มีการนำวิธีการ AARL –PP Score (Applied Algal Research Laboratory : AARL) (ยุวดี พีรพรพิศาล และคณะ, 2550) มาใช้ในการชี้วัดด้านคุณภาพน้ำโดยใช้ข้อมูลทางชีวภาพ พบว่าแม่น้ำประแสมีคุณภาพน้ำโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ถึงไม่ดี

(Moderate- polluted) มีคะแนนเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชทุกเดือน เท่ากับ 5.61 และ Trophic level เป็นแบบ Meso-eutrophic status

Sakset and Chankaew (2013) ได้ทำการศึกษาการใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของคุณภาพน้ำในพื้นที่น้ำจืดประมงของลุ่มแม่น้ำปากพนัง พบว่าแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น ได้แก่ *Trachelomonas* sp., *Peridinium* sp. และ *Protoperidinium* sp. ดัชนีความหลากหลาย (Shannon-Wiener diversity index) แสดงความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชที่เป็นปกติในระดับปานกลาง และคุณภาพน้ำอยู่ในระดับปานกลางถึงไม่ดี (Moderately-polluted) และการใช้เกณฑ์ AARL-PP score ประเมินคุณภาพน้ำตามระดับสารอาหารอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (Meso-eutrophic) คุณภาพน้ำทั่วไปอยู่ในระดับปานกลางถึงไม่ดี (Moderately-polluted)

เสถียรพงษ์ และคณะ (2558) ทำการศึกษาความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืชและความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย : โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี โดยทำการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง คือฤดูฝน เดือนกันยายน พ.ศ. 2555 และฤดูร้อน เดือนมีนาคม พ.ศ. 2556 ผลการศึกษาพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 2 ดิวิชัน ได้แก่ ดิวิชัน Cyanophyta 5 สกุล และดิวิชัน Chromophyta 47 สกุล รวม 52 สกุล โดยแพลงก์ตอนพืชดิวิชัน Chromophyta เป็นสกุลเด่น ได้แก่ *Coscinodiscus* และ *Chaetoceros* ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดและค่าดัชนีความสม่ำเสมอของแพลงก์ตอนพืชมีค่าเท่ากับ 3.61 และ 0.80 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยยังอยู่เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ส่วนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับปริมาณแพลงก์ตอนพืช พบว่าแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยมีความสัมพันธ์ไปในทิศเดียวกันกับค่าอุณหภูมิ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ค่า TKN ค่าไนเตรท ค่าออร์โธฟอสเฟต และค่าคลอโรฟิลล์เอ อย่างมีนัยสำคัญ แต่มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงข้ามกันกับค่าความเค็ม ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าความขุ่น ค่าแอมโมเนีย ค่าไฮโดรเจนซัลไฟด์ ค่าบีโอดี อย่างมีนัยสำคัญ

จากงานวิจัยที่ผ่านๆมามีการประเมินคุณภาพน้ำในระบบนิเวศโดยใช้แพลงก์ตอนพืช โดยใช้ลำดับคะแนนอย่างง่าย AARL-PP score (Applied Algae Research Laboratory Phytoplankton Score) (Peerapornpisal et al., 2007) เป็นการประเมินคุณภาพน้ำในระบบนิเวศโดยใช้ลำดับคะแนนอย่างง่าย AARL-PP score (Applied Algae Research Laboratory Phytoplankton Score) เป็นการให้คะแนนแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุลเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำในระดับต่างๆ โดยคะแนนคุณภาพน้ำจะแบ่งตามสถานะสารอาหารและคุณภาพน้ำทั่วไป ในส่วนของคะแนนแพลงก์ตอนพืชที่จะนำมาใช้เป็นดัชนีทางชีวภาพบ่งชี้คุณภาพน้ำซึ่งจะเป็นแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นที่เจริญอย่างมากในแหล่งน้ำที่มีคุณภาพต่างกัน โดยจะกำหนดช่วงของคะแนน คือ คะแนนน้อยแสดงถึงสกุลที่บ่งชี้คุณภาพน้ำดี คะแนนปานกลางบ่งชี้คุณภาพน้ำปานกลาง และคะแนนมากบ่งชี้คุณภาพน้ำไม่ดี ซึ่งการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืช ด้วยวิธี AARL-PP score นี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของชนิดของแพลงก์ตอนกับคุณภาพน้ำที่เน้นข้อมูลจากแหล่งน้ำนิ่ง ซึ่งองค์ประกอบชนิดแพลงก์ตอนพืชมีความแตกต่างจากแพลงก์ตอนพืชจากทะเล ดังนั้นใน

กรณีศึกษานี้จะเป็นการสร้างเกณฑ์คะแนนขึ้นใหม่ เพื่อเป็นการประเมินคุณภาพน้ำจากชนิดของแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งทะเล

1.6 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาชนิดของแพลงก์ตอนพืชเพื่อเป็นดัชนีทางชีวภาพในการบ่งชี้คุณภาพน้ำที่แตกต่างกัน
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำ
3. เพื่อสร้างเกณฑ์ในการประเมินคุณภาพน้ำคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล โดยใช้ชนิดแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เกณฑ์ประเมินคุณภาพน้ำคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล โดยใช้ชนิดแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น ที่สามารถในไปประยุกต์ใช้กับแหล่งน้ำชายฝั่งทะเลได้
2. ทราบความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำบริเวณแหล่งน้ำชายฝั่งทะเล

1.8 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ขอบเขตการวิจัยของโครงการเป็นโครงการวิจัย 1 ปี ข้อมูลที่นำมาใช้สร้างเกณฑ์ประเมินคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งรวบรวมจาก 2 แหล่ง ได้แก่ ข้อมูลย้อนหลังประมาณ 10 ปี ซึ่งเป็นข้อมูลที่คณะผู้วิจัยดำเนินโครงการวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลและชนิดแพลงก์ตอนพืช และข้อมูลที่จะทำการรวบรวมใหม่เพื่อนำข้อมูลทั้ง 2 ส่วนมาประกอบกันให้เป็นฐานข้อมูลขนาดใหญ่ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลและชนิดแพลงก์ตอนพืชที่พบ แล้วทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทะเล แอมโมเนีย ไนไตร์ท และฟอสเฟต กับชนิดแพลงก์ตอนพืชเพื่อสร้างคะแนนให้กับแพลงก์ตอนแต่ละชนิด จากนั้นจะทำการตรวจสอบเกณฑ์ดัชนีที่สร้างขึ้นด้วยการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช และคุณภาพน้ำ แอมโมเนีย ไนไตรท์ และฟอสเฟต เพื่อประเมินความถูกต้องของเกณฑ์ที่สร้างขึ้นและเผยแพร่ผลงานสู่สาธารณะ

บทที่ 2
วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ระยะเวลาการศึกษา และการเก็บตัวอย่าง

ระยะเวลาในการศึกษาวิจัยทั้งสิ้น 12 เดือน โดยทำการรวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำ แอมโมเนีย ไนไตร์ท ไนเตรต ออร์โธฟอสเฟต และชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่พบบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ในช่วงปี พ.ศ. 2547 – 2557 และเก็บตัวอย่างไม่น้อยกว่า 10 สถานี พร้อมทั้งระบุพิกัดโดยเครื่อง GPS

2.2 การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช

เก็บตัวอย่างน้ำจากแต่ละสถานี ๆ ละประมาณ 50 ลิตร โดยการใช้ถังน้ำขนาด 10 ลิตร ลึกลงไปจากผิวน้ำประมาณ 30 เซนติเมตร จากนั้นนำน้ำมากรองผ่านถุงแพลงก์ตอนพืช ขนาด 21 ไมโครเมตร เก็บตัวอย่างในขวดเก็บน้ำขนาด 120 มิลลิลิตร ดองด้วยฟอร์มาลีน 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำตัวอย่างไปศึกษาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในห้องปฏิบัติการต่อไป

2.3 การจัดจำแนก

ก) ศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืช ตามวิธีของ ลัดดา และโสภณา (2546) ซึ่งมีวิธีในการศึกษาดังนี้

- นำตัวอย่างน้ำมาเขย่าเบาๆให้เข้ากัน
- ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างน้ำจากขวดออกมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในสไลด์นับจำนวน
- ตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์
- นับจำนวนเซลล์ของแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ ทำขวดละ 3 ซ้ำ แล้วมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย
- รายงานผลเป็นจำนวนเซลล์ จะได้ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ต่อน้ำ 1 มิลลิลิตร แล้วนำมาคำนวณหาความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชต่อน้ำ 1 ลิตร

ข) การคำนวณหาแพลงก์ตอนพืช สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{จำนวนแพลงก์ตอนพืช (หน่วย/ลิตร)} = (C \times v) / (Vs \times V)$$

เมื่อ ; C = ปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่นับได้

v = ปริมาตรน้ำตัวอย่างเข้มข้น (มิลลิลิตร)

Vs = ปริมาณน้ำตัวอย่างที่นับ (มิลลิลิตร)

V = ปริมาตรของน้ำที่ผ่านถุงกรอง (ลิตร)

2.4 การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์ธาตุอาหารอนินทรีย์

เก็บตัวอย่างน้ำจากแต่ละสถานีๆ ด้วยกระบอกเก็บน้ำแบบแวนดอน (Van Dorn) โดยเก็บที่ความลึกของน้ำในแต่ละสถานี สถานีละ 1000 มิลลิลิตร เมื่อถึงห้องปฏิบัติการให้กรองน้ำผ่านแผ่นกรอง GF/C โดยใช้ชุดกรองน้ำเพื่อเตรียมการวิเคราะห์คุณภาพน้ำต่อไป

ตารางที่ 2-1 วิธีการวิเคราะห์ธาตุอาหารอนินทรีย์ในน้ำ และ ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง

Parameter/ Unit	**Methods**
Ammonia (mg/L)	Phenol-hypochloride (Grasshoff et al., 1999)
Nitrite (mg/L)	Diazotization (Strickland and Parsons, 1972)
Nitrate (mg/L)	Cadmium reduction + Diazotization (Strickland and Parsons, 1972)
Phosphate (mg/L)	Ascorbic acid (Strickland and Parsons, 1972)

2.5 วิธีการวิเคราะห์ไนโตรเจน

ขั้นตอนการวิเคราะห์สารประกอบไนโตรเจน

นำน้ำตัวอย่างกรองผ่านกระดาษ GF/C แล้วทำตามขั้นตอนต่อไปนี้ (Strickland and Parsons, 1972)

ก) ขั้นตอนการวิเคราะห์แอมโมเนีย

ก. เตรียมกราฟมาตรฐาน

ข. ปิเปตน้ำตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่หลอดทดลอง 5 ml

ค. เติม phenol solution 0.2 ml เขย่าให้เข้ากัน

ง. เติม Sodium nitroprusside solution 0.2 ml เขย่าให้เข้ากัน

จ. เติม Oxidizing reagent 0.5 ml เขย่าให้เข้ากัน

ฉ. เก็บน้ำตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ ไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เก็บในที่มืดตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 1 ชั่งโมง จึงนำไปวัดค่า Absorbance ที่ความยาวคลื่น 640 nm จากนั้นนำไปแทนค่าในสมการเส้นตรง (y = ax + b) เพื่อให้ทราบความเข้มข้นของน้ำตัวอย่าง

ข) ขั้นตอนการวิเคราะห์ไนไตรท์

ก. เตรียมการทำกราฟมาตรฐาน (Standard curve) ที่ความเข้มข้น blank, 0.0014, 0.014, 0.056, 0.12, 0.28 และ 0.35 mg-N/L

ข. ปิเปตน้ำตัวอย่าง 5 ml ใส่ในหลอดทดลอง

ค. เติมสารละลาย Sulfanilamide 0.1 ml เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 2-10 นาที

ง. เติมสารละลาย N-NED 0.1 ml เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 10 นาที

จ. นำไปวัดค่า Absorbance ที่ความยาวคลื่น 543 nm จากนั้นนำไปแทนค่าในสมการเส้นตรง (y = ax + b) เพื่อให้ทราบความเข้มข้นของน้ำตัวอย่าง

2.6 วิธีการวิเคราะห์ออร์โธฟอสเฟต

โดยการนำน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองมาแล้ว มาวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ ในรูปของออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) ตามวิธี Ascorbic Acid Method (Strickland and Parsons, 1972) วัดด้วยค่าดูดกลืนแสง UV Spectrophotometer 885 nm

Ammonium molybdate และ Potassium antimonyl-tartrate จะทำปฏิกิริยาในสารละลายที่เป็นกรดกับสารละลายฟอสเฟตเจือจางเกิดเป็น Heteropoly acid – phosphomilybdic acid ซึ่งจะถูกรีดิวซ์โดย Ascorbic acid ได้สี Moltbdenum blue วิธีนี้วัดสีได้ถึงความเข้มข้นต่ำสุด 10 ไมโครกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร ซึ่งความยาวของ Light path ขึ้นอยู่กับความเข็มข้นของฟอสฟอc Acid Method (Strickland and Parsons, 1972) วัดด้วยค่าดูดกลืนแสง UV Spectrophotometer 885 nm

Ammonium molybdate และ Potassium antimonyl-tartrate จะทำปฏิกิริยาในสารละลายที่เป็นกรดกับสารละลายฟอสเฟตเจือจางเกิดเป็น Heteropoly acid – phosphomilybdic acid ซึ่งจะถูกรีดิวซ์โดย Ascorbic acid ได้สี Moltbdenum blue วิธีนี้วัดสีได้ถึงความเข้มข้นต่ำสุด 10 ไมโครกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร ซึ่งความยาวของ Light path ขึ้นอยู่กับความเข็มข้นของฟอสฟอรัส

ก) ขั้นตอนการวิเคราะห์ออร์โธฟอสเฟต

- นำน้ำตัวอย่างที่เก็บมาได้นั้นกรองผ่านกระดาษกรอง GF/C
- ปิเปตน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองแล้ว 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง
- เติม Mixed Reagent ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองแล้วผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน และตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาสมบูรณ์กัน ประมาณ 5 นาที และห้ามเกิน 2 ชั่วโมง
- นำไปวัดค่าดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่น 885 นาโนเมตร
- นำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ ไปสร้างเป็นกราฟมาตรฐานเพื่อหาความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต

2.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

การหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางเคมีและชีวภาพ

วิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation analysis) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม R (Crawley, 2005) โดยค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ชนิดของแพลงก์ตอนพืชกับแอมโมเนีย (NH_3^-) ไนไตร์ต (NO_2^-) และชนิดของแพลงก์ตอนพืชกับฟอสเฟต (PO_4^{3-})

การคำนวณคะแนนแพลงก์ตอนพืช

นำค่าสหสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ได้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนคุณภาพน้ำจากชนิดของแพลงก์ตอนพืช จากนั้นนำค่าสหสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ได้มาแปลงให้เป็นคะแนนของแพลงก์ตอนพืช โดยคะแนนแพลงก์ตอนพืชจะมีช่วงคะแนนระหว่าง 1 - 10

การสร้างเกณฑ์ประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืช

ทำการกำหนดเกณฑ์คุณภาพน้ำ 5 ระดับ จากคุณภาพน้ำ แอมโมเนีย ไนไตร์ต และฟอสเฟต ทำการเปลี่ยนระดับคุณภาพน้ำ 5 ระดับ ให้อยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำตาม trophic level และคุณภาพน้ำทั่วไป

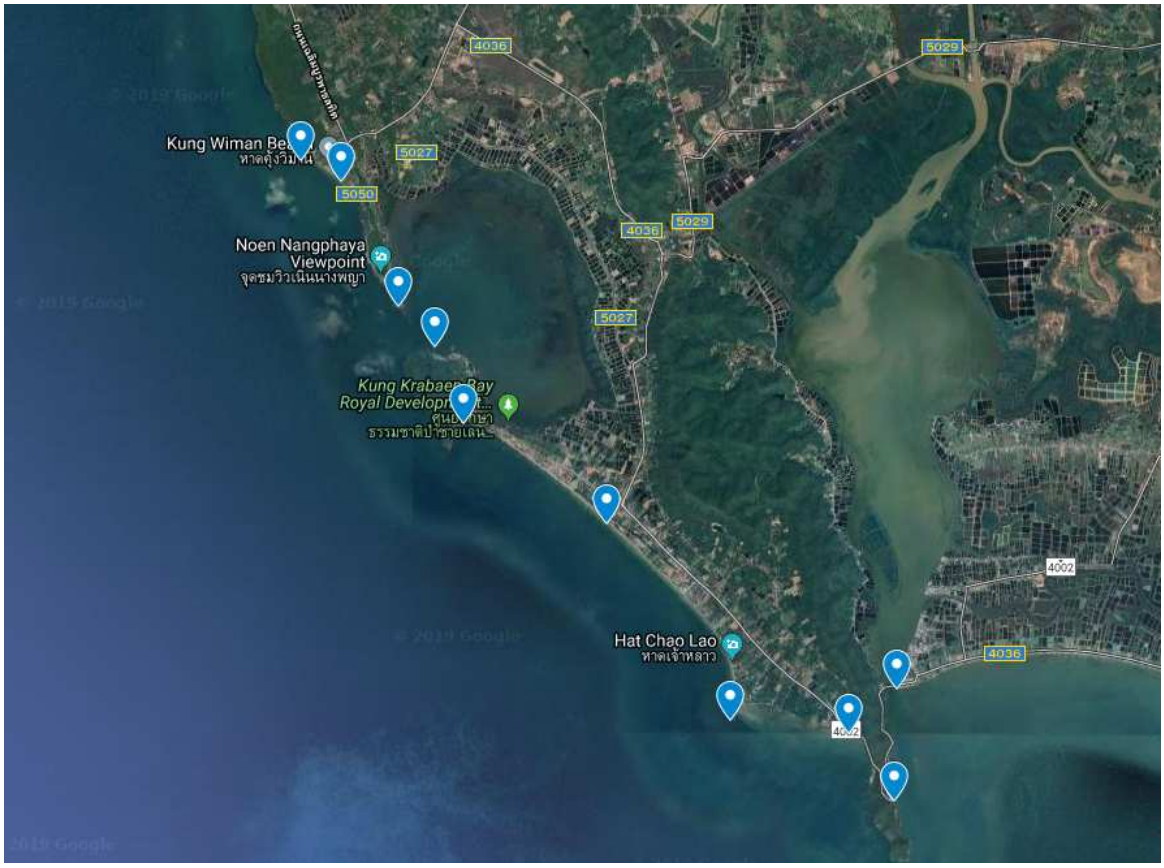
การประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืช

เลือกแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น 3 ชนิดแรก ทำการคำนวณคะแนนเฉลี่ยจากคะแนนแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดที่กำหนดไว้ จากนั้นนำคะแนนที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืช

2.8 การเก็บตัวอย่างในภาคสนามเพื่อประเมินเกณฑ์การวัดคุณภาพน้ำที่สร้างขึ้น

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำและแพลงก์ตอนพืชจากบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดจันทบุรีแล้วนำมาตรวจหาแพลงก์ตอนพืชในระดับสกุล (Genus) และวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ซึ่งได้แก่ แอมโมเนีย (NH_3^-) ไนไตร์ต (NO_2^-) และฟอสเฟต (PO_4^{3-}) จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่สร้างขึ้น

การทดสอบการให้คะแนนแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำทำการเก็บตัวอย่างจากภาคสนามในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างน้ำแสดงดังภาพที่ 2-1 และตารางที่ 2-1 โดยนำแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น 3 ชนิดให้คะแนนแพลงก์ตอนพืชจากคะแนนแพลงก์ตอนพืชที่ได้คำนวณไว้ และค่าความเข้มข้นของฟอสเฟต (mg – P/L) และความเข้มข้นรวมของแอมโมเนียกับไนไตร์ต (mg – N/L) จากนั้นนำเปรียบเทียบกับเกณฑ์ประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืชที่ได้จัดทำขึ้น



ภาพที่ 2-1 แผนที่ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 2-1 พิกัดตำแหน่งเก็บตัวอย่าง

Station	Latitude	Longitude
1	12.60644 °N	101.87293 °E
2	12.60352 °N	101.87671 °E
3	12.58782 °N	101.88432 °E
4	12.58164 °N	101.89093 °E
5	12.57278 °N	101.89361 °E
6	12.55954 °N	101.91206 °E
7	12.53456 °N	101.92751 °E
8	12.53289 °N	101.94322 °E
9	12.53876 °N	101.94963 °E
10	12.52171 °N	101.94957 °E

2.9 ผลลัพธ์

ผลลัพธ์จากการศึกษาจะได้เกณฑ์ประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเล โดยการใช้ชนิดแพลงก์ตอนพืชเป็นดัชนีประเมิน

บทที่ 3
ผลการวิจัย

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและชนิดแพลงก์ตอนพืชจากฐานข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ชนิดแพลงก์ตอนพืช และส่วนที่ 2 คะแนนแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดในการบ่งชี้คุณภาพน้ำ

3.1 เกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ชนิดแพลงก์ตอนพืช

เกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ชนิดแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น เกณฑ์คุณภาพน้ำที่สัมพันธ์กับคะแนนแพลงก์ตอนพืชตาม trophic level และตามคุณภาพน้ำทั่วไป แสดงดังตารางที่ 3-1 คะแนนแพลงก์ตอน พืชในช่วง 1.1 - 3.0 คุณภาพน้ำตาม trophic level จะอยู่ในช่วงธาตุอาหารต่ำ ลักษณะน้ำทั่วไปจะอยู่ในช่วงน้ำสะอาด คะแนนแพลงก์ตอนพืชในช่วง 3.1 - 4.0 คุณภาพน้ำตาม trophic level จะอยู่ในช่วงธาตุอาหารต่ำถึงปานกลาง ลักษณะน้ำทั่วไปจะอยู่ในช่วงน้ำสะอาดถึงปานกลาง ะแนนแพลงก์ตอนพืชในช่วง 5.1 - 6.0 คุณภาพน้ำตาม trophic level จะอยู่ในช่วงธาตุอาหารปานกลาง ลักษณะน้ำทั่วไปจะอยู่ในช่วงน้ำคุณภาพปานกลาง คะแนนแพลงก์ตอนพืชในช่วง 6.1 - 8.0 คุณภาพน้ำตาม trophic level จะอยู่ในช่วงธาตุอาหารปานกลางถึงสูง ลักษณะน้ำทั่วไปจะอยู่ในช่วงน้ำมีคุณภาพปานกลางถึงคุณภาพมีมลพิษ และคะแนนแพลงก์ตอนพืชในช่วง 8.1 - 10.0 คุณภาพน้ำตาม trophic level จะอยู่ในช่วงธาตุอาหารสูง ลักษณะน้ำทั่วไปจะอยู่ในช่วงน้ำมีมลพิษ

การใช้งานการประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น สามารถทำได้โดยเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชด้วยถุงลากแพลงก์ตอนพืชขนาด 20 μm หรือเก็บตัวอย่างน้ำที่ต้องการศึกษา นำมาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศ์ทำการประเมินชนิดแพลงก์ตอนพืชที่เด่น 3 สกุล นำชนิดแพลงก์ตอนพืชทั้ง 3 สกุล มาเปรียบเทียบกับตารางคะแนนการประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น เพื่อหาค่าเฉลี่ยคะแนน (ตารางที่ 3-2) นำคะแนนที่ได้เปรียบเทียบกับตารางคะแนนคุณภาพน้ำ (ตารางที่ 3-1)

ตารางที่ 3-1 เกณฑ์คุณภาพน้ำที่สัมพันธ์กับคะแนนแพลงก์ตอนพืชตาม trophic level และตามคุณภาพน้ำทั่วไป

Score	Water quality by trophic level	General water quality
1.1 - 3.0	Oligotrophic status	Clean
3.1 - 4.0	Oligo-mesotrophic status	Clean-moderate
4.1 - 6.0	Mesotrophic status	Moderate
6.1 - 8.0	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
8.1 - 10.0	Eutrophic status	Polluted

3.2 คะแนนแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดในการบ่งชี้คุณภาพน้ำ

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดกับคุณภาพน้ำ โดยวิธีวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation analysis) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากนั้นนำค่าสหสัมพันธ์ที่ได้มาคำนวณคะแนนแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิด รายละเอียดคะแนนแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดแสดงดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 คะแนนแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิด

Genus	Score	Genus	Score
Achnanthidium	5.1	Achnathes	4.7
Actinocyclus	6.5	Actinoptychus	3.4
Alexandrium	4.3	Amphidinium	5.6
Amphipleura	5.1	Amphisolenia	4.6
Amphora	5.1	Anabaena	6.0
Anomoeoneis	4.8	Asterionella	5.6
Asteromphalus	4.6	Aulacoseira	5.0
Bacillaria	4.1	Bacteriastrum	6.2

Bambusina	5.6	Bellerochea	4.9
Biddulphia	4.9	Campylodiscus	4.9
Cerataulina	4.8	Ceratium	5.8
Chaetoceros	6.0	Chorella	5.2
Chroococcus	4.2	Climacodium	4.3
Climacosphenia	5.9	Closteriopsis	4.6
Closterium	4.1	Cocconeis	5.0
Coelastrum	5.1	Coelosphaerium	4.3
Corethron	6.1	Coscinodiscus	5.2
Cosmarium	4.8	Craticula	5.2
Cyclotella	4.4	Cylindrotheca	9.1
Cymatosira	5.0	Cymbella	4.6
Cystodinium	4.7	Dactyliosolen	4.8
Desmidium	4.8	Detonula	3.3
Diatoma	3.9	Dicthylum	4.6
Dictyocha	4.8	Dinobryon	5.9
Dinophysis	4.6	Diploneis	4.6
Distigma	4.9	Ditylum	5.9
Dunaliella	4.4	Entomoneis	7.9
Epithemia	4.9	Eraticula	5.1
Eucampia	5.1	Euglena	7.7
Eunotia	5.0	Fragilariforme	4.8

Fragilariopsis	4.9	Franceia	5.7
Frustulia	7.3	Geminella	4.8
Gloeocapha	3.8	Gonyaulax	5.4
Grammatophora	4.9	Guinardia	4.5
Gymnodinium	6.2	Gyrodinium	5.0
Gyrosigma	4.1	Halosphaera	5.0
Haslea	5.0	Helicotheca	5.1
Hemiaulus	6.1	Hyalotheca	4.7
Hymenomonas	6.1	Kirchneriella	4.8
Lauderia	4.7	Lepocinclis	5.0
Licmophora	9.0	Lioloma	4.9
Lyngbya	4.8	Mallomonas	5.6
Melosira	6.7	Menoidium	4.9
Merismopedia	6.1	Mesotaenium	4.4
Mestogloia	5.0	Micrasterias	4.2
Micromonas	4.9	Navicula	4.3
Neostreptotheca	5.1	Netrium	5.1
Nitzschia	5.7	Noctiluca	8.7
Odontella	5.5	Oedogonium	5.1
Oscillatoria	7.0	Pandorina	4.9
Paralia	5.7	Pediastrum	4.5
Penium	5.3	Peranema	5.2

Peridinium	4.5	Peronia	5.0
Phacus	6.9	Phaeocystis	6.1
Phaeodactylum	4.9	Phormidium	7.6
Pinnularia	4.0	Planktoniella	4.7
Pleurosigma	6.7	Pleurotaenium	5.1
Podosira	5.0	Prorocentrum	4.4
Protoperidinium	4.8	Pseudogalenia	4.9
Psuedo-nitzschia	5.2	Pyrocystis	5.0
Pyrodinium	4.5	Pyrophacus	5.8
Raphidiopsis	4.5	Rhabdonema	5.1
Rhizosolenia	7.1	Scenedesmus	4.8
Sellaphora	4.1	Skeletonema	6.2
Sphaerozosma	4.3	Staurastrum	4.7
Stauroneis	4.8	Stenopterobia	4.4
Stephanodiscus	7.5	Striatella	5.1
Strombomonas	4.2	Surirella	5.1
Tetraedron	4.9	Thalassionema	4.9
Thalassiosira	4.8	Thalassiothrix	4.3
Toxaria	4.9	Triceratium	5.0
Ulothrix	5.8	Uroglenopsis	5.1
Urosolenia	4.9	Volvox	7.5
Xanthidium	5.1		

3.3 การทดสอบเกณฑ์ประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืช

การทดสอบความถูกต้องของเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่ง โดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น พบว่าคุณภาพน้ำที่ประเมินได้จากการใช้เกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่ง โดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น มีความถูกต้องมากกว่า 80 เปอร์เซนต์ รายละเอียดแสดงดัง ตารางที่ 3-3 ผลการประเมินพบว่าคุณภาพน้ำส่วนใหญ่อยู่ในระดับ Moderate และ Moderate-polluted เนื่องจากการเก็บตัวอย่างน้ำที่นำมาใช้ตรวจสอบการประเมินในช่วงเวลาเดียวกัน แต่ต่างพื้นที่ซึ่งอาจทำให้คุณภาพน้ำในแต่ละตัวอย่างมีคุณภาพใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 3-3 การประเมินคุณภาพน้ำภาคสนามโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น

Station	Dominant species of phytoplankton	Phytoplantkon score	Average score	Water quality by trophic level	General water quality
1	*Nitzschia* *Plurosigma* *Gyrosigma*	5.7 6.7 4.1	5.5	Mesotrophic status	Moderate
2	*Nitzschia* *Plurosigma* *Oscillatoria*	5.7 6.7 7	6.5	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
3	*Chaetoceros* *Nitzschia* *Oscillatoria*	6 5.7 7	6.2	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
4	*Chaetoceros* *Oscillatoria* *Anabaena*	6 7 6	6.3	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
5	*Chaetoceros* *Plurosigma* *Oscillatoria*	6 6.7 7	6.6	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
6	*Psuedo-nitzschia* *Bacteriastrum* *Noctiluca*	5.2 6.2 8.7	6.7	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted

7	*Chaetoceros* *Cosinodiscus* *Nitzschia*	6 5.2 5.7	5.6	Mesotrophic status	Moderate
8	*Bellerochea* *Odontella* *Haslea*	4.9 5.5 5	5.1	Mesotrophic status	Moderate
9	*Chaetoceros* *Pleurosigma* *Asterionella*	6 6.7 5.6	6.1	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
10	*Chaetoceros* *Oscillatoria* *Gyrosigma*	6 7 4.1	5.7	Mesotrophic status	Moderate

บทที่ 4
อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

4.1 อภิปรายผลการวิจัย

การติดตาม ตรวจสอบ ประเมินการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำมีการศึกษาประยุกต์ใช้สิ่งมีชีวิตหลายกลุ่ม ทั้งสัตว์หน้าดิน ตัวอ่อนของแมลง และแพลงก์ตอนพืช เพื่อประเมินติดตามการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม และบ่งบอกสภาวะปัจจุบันของสิ่งแวดล้อม (มีนา และคณะ, 2551; นัสรียา และคณะ, 2555; สิริพร และ ปริญญา, 2558; Peerapornpisal et al., 2007) การศึกษาครั้งนี้เป็นการติดตามการเปลี่ยนแปลงสกุลแพลงก์ตอนพืชที่สัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ บริเวณชายฝั่งทะเล

การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น (Coastal water quality assessment using dominant genus of phytoplankton) ประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน คือชนิดแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในแหล่งน้ำ และตารางคะแนนคุณภาพน้ำ การนำวิธีการประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นไปใช้ สามารถทำได้โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลชายฝั่ง นำมาส่องกล้องจุลทรรศ์เพื่อประเมินแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น 3 อันดับแรก นำสกุลแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นเปรียบเทียบข้อมูลในตารางคะแนนแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิด (ตาราง 3-2) หาค่าเฉลี่ยของคะแนน นำคะแนนเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำที่สัมพันธ์กับคะแนนแพลงก์ตอนพืชตาม trophic level และตามคุณภาพ (ตาราง 3-1)

การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น ที่พัฒนาขึ้นจากฐานข้อมูลคุณภาพน้ำและสกุล แพลงก์ตอนพืชบริเวณทะเลชายฝั่งนี้ เหมาะสำหรับใช้ประเมินคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล ในขณะที่การประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นด้วย AARL - PP Score เหมาะสำหรับคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่ง (Peerapornpisal et al., 2007)

การประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นด้วย AARL - PP Score บริเวณห้วยสำราญ จังหวัดศรีสะเกษ โดย สิริพร และ ปริญญา (2558) พบว่าแพลงก์ตอนพืชบางชนิดมีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ และสามารถสรุปได้ว่าคุณภาพน้ำห้วยสำราญมีค่าคะแนน AARL - PP Score เท่ากับ 5.0 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินของกรมควบคุมมลพิษ จัดอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8, 2537) ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภค และบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน หรือการเกษตร สอดคล้องกับผลการทดสอบเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล โดยใช้ชนิดแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พัฒนาขึ้น คะแนนส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 5.0-6.5 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลของกรมควบคุมมลพิษ (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล, 2560) พบว่าจัดอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ประเภทที่ 3 คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ถึงแม้ผลการศึกษาจะเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำแตกต่างกัน แต่

ผลการประเมินสอดคล้องกัน คุณภาพที่ประเมินได้จะอยู่ในช่วงคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการทำการเกษตรกรรม หรือการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ช่วงคะแนนของแพลงก์ตอนแต่ละชนิดที่กำหนดในเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล โดยใช้ชนิดแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นอาจยังไม่ครอบคลุมถึงช่วงคะแนนต่ำสุด และคะแนนสูงสุดของเกณฑ์คุณภาพน้ำที่สัมพันธ์กับคะแนนแพลงก์ตอนพืชตาม trophic level และตามคุณภาพน้ำทั่วไป เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นด้วย AARL - PP Score (Peerapornpisal et al., 2007) ที่มีช่วงคะแนนของแพลงก์ตอนพืชที่พบกระจายอยู่ในช่วงกว้างครอบคลุมเกณฑ์คุณภาพน้ำมากกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องจากคุณภาพแหล่งน้ำนิ่งซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำจืด มีค่าการแปรผันค่อนข้างมาก จากแหล่งน้ำที่เป็นแหล่งต้นกำเนิดที่มีคุณภาพดีเยี่ยม ไปจนถึงแหล่งน้ำจืดที่รองรับน้ำทิ้ง น้ำเสีย และถูกกักขังจนเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำเสีย ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ต้องได้รับการบำบัดก่อนนำมาใช้ใหม่ ในขณะที่

คะแนนแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุล อาจแตกต่างจากเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นด้วย AARL - PP Score (Peerapornpisal et al., 2007) เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแพลงก์ตอนพืชที่พบกับคุณภาพน้ำมีความแตกต่างกัน และมีความแตกต่างกันในแต่ละระบบนิเวศ (Hellawell, 1986) รวมถึงสกุลแพลงก์ตอนพืชที่พบในตัวอย่างน้ำอาจแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ซึ่งอาจพบแพลงก์ตอนพืชบางสกุลไม่มีการกำหนดคะแนนไว้ในตาราง คณะผู้จัดทำน้อมรับและพร้อมจะดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาฐานข้อมูลในโอกาสต่อไป

4.2 สรุปผลการวิจัย

การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น (Coastal water quality assessment using dominant genus of phytoplankton) ที่พัฒนาขึ้นมามีความเหมาะสมในการประเมินคุณภาพชายฝั่งทะเล สามารถใช้ประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลได้โดยการหาคะแนนเฉลี่ยจากแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น 3 สกุล ที่พบในตัวอย่างน้ำแล้วนำไปเทียบกับตารางคุณภาพน้ำ

4.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการพัฒนาฐานข้อมูลสกุลแพลงก์ตอนพืชที่นำมาใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำให้ครอบคลุมแพลงก์ตอนพืชที่พบในบริเวณชายฝั่งทะเล ประเทศไทย

4.4 คุณค่าและประโยชน์ของผลผลิตการวิจัย

งานวิจัยนี้มีคุณค่าและประโยชน์โดยตรงจากผลการศึกษาที่สามารถนำไปใช้ประเมินคุณภาพน้ำได้ทันที ตามวิธีการประเมินที่แนะนำไว้แล้ว

การประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น สามารถทำได้โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลชายฝั่ง นำมาส่องกล้องจุลทรรศ์เพื่อประเมินแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น 3 อันดับแรก นำสกุลแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นเปรียบเทียบข้อมูลในตารางคะแนนแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิด (ตาราง 3-2) หาค่าเฉลี่ยของคะแนน นำคะแนนเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำที่สัมพันธ์กับคะแนนแพลงก์ตอนพืชตาม trophic level และตามคุณภาพ (ตาราง 3-1)

4.5 แนวทางการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ และ/หรือพัฒนาต่อยอด

ผลงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ในการประเมินคุณภาพน้ำขายฝั่งทะเล สำหรับการพัฒนาต่อยอดการศึกษานี้ ควรพัฒนาฐานข้อมูลสกุลแพลงก์ตอนพืชให้ครอบคลุมแพลงก์ตอนพืชที่พบในประเทศไทย

ผลผลิต (Output)

บทความวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่

ชลี ไพบูลย์กิจกุล, ชุติรัตน์ โตหมื่นไวย, ทัศวรรณ แตงจันทร์ และ เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล. (2562). การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า,* XX: XXX-XXX.

การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น

Coastal water quality assessment using dominant genus of phytoplankton

ชลี ไพบูลย์กิจกุล[1], ชุติรัตน์ โตหมื่นไวย[1], ทัศวรรณ แตงจันทร์[1] และ เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล[1]
Chalee Paibulkichakul[1], Chutirat Tomuenwai[1], Tatsawan Tangjan[1] and Benjamas Paibulkichakul[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเกณฑ์ประเมินคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล โดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นเป็นดัชนีบ่งชี้ ทำการรวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำและสกุลแพลงก์ตอนพืชที่พบบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกในช่วงปี พ.ศ. 2547 – 2556 จากหน่วยวิจัยทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางทะเล คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา นำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดแพลงก์ตอนพืชกับความเข้มข้นแอมโมเนีย ไนไตร์ต และออร์โธฟอสเฟต ด้วยวิธีสหสัมพันธ์ จากนั้นนำค่าความสัมพันธ์ที่ได้มาปรับให้เป็นคะแนนของแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุล และทำการกำหนดช่วงคะแนนแพลงก์ตอนพืชเพื่อใช้ในการบ่งชี้คุณภาพน้ำ เพื่อสร้างการประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น ทำการทดสอบเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นที่จัดทำขึ้น โดยการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งจังหวัดจันทบุรีพบว่ามีความถูกต้องมากกว่า 80 เปอร์เซนต์ การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นมีความเหมาะสมสำหรับการประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเล

คำสำคัญ: คุณภาพน้ำชายฝั่ง แพลงก์ตอนพืช การประเมิน

Abstract

This study was conducted to create a coastal water quality assessment with the dominant genus of phytoplankton. The data of water qualities and lists of phytoplankton genus during 2004 - 2013 had been collected from Marine Resources and Environment Research Unit, Faculty of Marine Technology, Burapha University. The relationship between the genus of phytoplankton and water qualities including ammonia, nitrate, and orthophosphate concentration was calculated by correlation analysis. Then, the correlation values

[1] หน่วยวิจัยทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางทะเล คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี

[1] Marine Resources and Environment Research Unit, Faculty of Marine Technology, Burapha University, Chanthaburi Campus

were adjusted to be the scores of each genus of phytoplankton. The phytoplankton score range for use in determining water quality was determined to establish coastal water quality assessments using dominant phytoplankton. Coastal water quality assessment criteria testing using coastal water quality assessments using dominant phytoplankton that have been implemented by collecting seawater samples at the coast of Chanthaburi province found that accuracy was more than 80 percent. Assessment of coastal water quality using the dominant phytoplankton was appropriate for coastal water quality assessment.

Keywords: coastal water quality phytoplankton assessment

คำนำ

การประเมินคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งมีทั้งการประเมินทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ แต่การประเมินคุณภาพน้ำทางเคมีได้รับนิยมมากที่สุด ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลส่วนใหญ่ได้รับการกำหนดค่าทางเคมี (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560) การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพโดยใช้สิ่งมีชีวิตที่มีการปรับตัวเพื่อให้สามารถอยู่รอดในระบบนิเวศนั้น เป็นดัชนีประเมินคุณภาพน้ำมีการศึกษาในสิ่งมีชีวิตหลายกลุ่ม ได้แก่ แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ ตัวอ่อนของแมลง สัตว์หน้าดิน และปลา (Willen, 2000; Bianchi et al., 2003; Rosenberg et al., 2004; Mouillot et al., 2005; Padisak et al., 2006; Salmaso et al., 2006; Peerapornpisal et al., 2007; Case et al., 2008; Sagert et al. 2008; Shekhar et al., 2008; Jaanus et al., 2009; Jeppersen et al., 2011; Popovskaya et al., 2012; Visinskiene and Bernotiene, 2012; Govenor et al., 2017; da Silva and Petrucio, 2018; Obolewski et al., 2018) โดยกลุ่มของแพลงก์ตอนพืชและสัตว์หน้าดินจะมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำได้รวดเร็วกว่ากลุ่มสิ่งมีชีวิตอื่น (Willen, 2000; Hellawell, 2012)

แพลงก์ตอนพืชสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งทะเลสาบ บริเวณพื้นที่ที่มีน้ำไหลช้า แหล่งน้ำชายฝั่งทะเล ดัชนีตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม Peerapornpisal et al. (2007) ได้กำหนดเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นด้วย AARL - PP Score เพื่อใช้ชนิดแพลงก์ตอนพืชที่พบในแหล่งน้ำประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่ง เป็นการให้คะแนนแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุลเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำในระดับต่างๆ โดยคะแนนคุณภาพน้ำจะแบ่งตามสถานะสารอาหารและคุณภาพน้ำทั่วไป ในส่วนของคะแนนแพลงก์ตอนพืชที่นำมาใช้เป็นดัชนีทางชีวภาพบ่งชี้คุณภาพน้ำซึ่งจะเป็นแพลงก์ตอน

พืชสกุลเด่นที่เจริญอย่างมากในแหล่งน้ำที่มีคุณภาพต่างกัน โดยจะกำหนดช่วงของคะแนน คือ คะแนนน้อยแสดงถึงสกุลที่บ่งชี้คุณภาพน้ำดี คะแนนปานกลางบ่งชี้คุณภาพน้ำปานกลาง และคะแนนมากบ่งชี้คุณภาพน้ำไม่ดี ซึ่งเกณฑ์การประเมินที่เผยแพร่ออกมาได้มีการนำไปใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำหลายรายงาน (สุเทพ และคณะ, 2553; สิริพร และ ปริญญา, 2558; ศรัญญา, 2561) ซึ่งการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นตามวิธี AARL-PP score นี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของสกุลของแพลงก์ตอนกับคุณภาพน้ำในบริเวณแหล่งน้ำนิ่ง และแหล่งน้ำจืดเป็นหลัก ในขณะที่ความสัมพันธ์ของชนิดแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งยังไม่มีรายงาน ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาการประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งด้วยการใช้ข้อมูลของแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการรวบรวมและเรียบเรียงข้อมูลสกุลของแพลงก์ตอนพืช และคุณภาพน้ำที่พบบริเวณชายฝั่งทะเล ภาคตะวันออก จังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด ในช่วงปี พ.ศ. 2547 – 2556 จากหน่วยวิจัยทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางทะเล คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา คุณภาพน้ำทางเคมีที่ทำการวิเคราะห์ คือ แอมโมเนีย (NH_3) ไนไตร์ต (NO_2^-) และออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) การวิเคราะห์ตามวิธีของ Parsons et al. (1984) และจำแนกชนิดแพลงก์ตอนพืชตามวิธีของ ลัดดา (2544) คุณภาพน้ำทางเคมีและการจำแนกชนิดแพลงก์ตอนพืชดำเนินการพร้อมกันในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง

การกำหนดคะแนนของแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุล คำนวณโดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางเคมีกับจำนวนแพลงก์ตอนพืชที่พบแต่ละชนิดด้วยวิธีวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation analysis) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม R (Crawley, 2012) นำค่าสหสัมพันธ์ที่คำนวณได้เปลี่ยนเป็นคะแนนแพลงก์ตอนพืชโดยนำค่าสหสัมพันธ์บวกหนึ่งแล้วคูณด้วยห้า

การกำหนดเกณฑ์คุณภาพน้ำ นำค่าสหสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ได้มากำหนดคะแนนของแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุล นำข้อมูลทั้งสองส่วนมาสร้างเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งเรียกว่า การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น ในการประเมินคุณภาพน้ำโดยการใช้สกุลเด่นของแพลงก์ตอนพืช จะทำการพิจารณาแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น 3 ชนิด ในตัวอย่างน้ำที่ต้องการประเมิน แปลงสกุลแพลงก์ตอนพืชที่พบให้เป็นคะแนน โดยการหาค่าเฉลี่ยของคะแนนแพลงก์ตอนพืชทั้งสามสกุล คะแนนของแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุลแสดงดัง Table 2 นำคะแนนเฉลี่ยที่ได้มาเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำ

การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น (Coastal water quality assessment using dominant genus of phytoplankton) ประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน คือชนิดแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในแหล่งน้ำ และตารางคะแนนคุณภาพน้ำ การใช้งานการประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น สามารถทำได้โดยเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชด้วยถุงลากแพลงก์ตอนพืชขนาด 20 μm หรือเก็บตัวอย่างน้ำที่ต้องการศึกษา นำมาส่องภายใต้

กล้องจุลทรรศ์ทำการประเมินชนิดแพลงก์ตอนพืชที่เด่น 3 สกุล นำชนิดแพลงก์ตอนพืชทั้ง 3 สกุล มาเปรียบเทียบกับตารางคะแนนการประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น เพื่อหาค่าเฉลี่ยคะแนน (Table 2) นำคะแนนที่ได้เปรียบเทียบกับตารางคะแนนคุณภาพน้ำ (Table 1)

การทดสอบความถูกต้องของเกณฑ์ที่พัฒนาขึ้นโดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำและแพลงก์ตอนพืชจากบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดจันทบุรี จำนวน 10 จุด นำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำและจัดจำแนกแพลงก์ตอนพืชในระดับสกุล ในห้องปฏิบัติการ ณ ห้องปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี จากนั้นนำข้อมูลมาประเมินตามเกณฑ์ที่สร้างขึ้น เปรียบเทียบความถูกต้องของการประเมิน

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ และสกุลของแพลงก์ตอนพืชจากฐานข้อมูลย้อนหลัง ข้อมูลสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 คะแนนแพลงก์ตอนพืชเพื่อใช้ในการบ่งชี้คุณภาพน้ำ และส่วนที่ 2 เกณฑ์ประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้สกุลของแพลงก์ตอนพืช คะแนนคุณภาพน้ำแยกตาม trophic level และแยกตามคุณภาพน้ำทั่วไปแสดงดัง Table 1 และคะแนนของแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุลแสดงดัง Table 2

Table 1 Water quality score separated by trophic level and general water quality.

Source: modified from Peerapornpisal et al. (2007)

Score	Water quality by trophic level	General water quality
1.0 - 3.0	Oligotrophic status	Clean
3.1 - 4.0	Oligo-mesotrophic status	Clean-moderate
4.1 - 6.0	Mesotrophic status	Moderate
6.1 - 8.0	Meso-eutrophic status	Moderate-polluted
8.1 - 10.0	Eutrophic status	Polluted

Table 2 Score of each genus of phytoplankton

Genus	Score	Genus	Score

Achnanthidium	5.1	Achnathes	4.7
Actinocyclus	6.5	Actinoptychus	3.4
Alexandrium	4.3	Amphidinium	5.6
Amphipleura	5.1	Amphisolenia	4.6
Amphora	5.1	Anabaena	6.0
Anomoeoneis	4.8	Asterionella	5.6
Asteromphalus	4.6	Aulacoseira	5.0
Bacillaria	4.1	Bacteriastrum	6.2
Bambusina	5.6	Bellerochea	4.9
Biddulphia	4.9	Campylodiscus	4.9
Cerataulina	4.8	Ceratium	5.8
Chaetoceros	6.0	Chorella	5.2
Chroococcus	4.2	Climacodium	4.3
Climacosphenia	5.9	Closteriopsis	4.6
Closterium	4.1	Cocconeis	5.0
Coelastrum	5.1	Coelosphaerium	4.3
Corethron	6.1	Coscinodiscus	5.2
Cosmarium	4.8	Craticula	5.2
Cyclotella	4.4	Cylindrotheca	9.1
Cymatosira	5.0	Cymbella	4.6

Cystodinium	4.7	Dactyliosolen	4.8
Desmidium	4.8	Detonula	3.3
Diatoma	3.9	Dicthylum	4.6
Dictyocha	4.8	Dinobryon	5.9
Dinophysis	4.6	Diploneis	4.6
Distigma	4.9	Ditylum	5.9
Dunaliella	4.4	Entomoneis	7.9
Epithemia	4.9	Eraticula	5.1
Eucampia	5.1	Euglena	7.7
Eunotia	5.0	Fragilariforme	4.8
Fragilariopsis	4.9	Franceia	5.7
Frustulia	7.3	Geminella	4.8
Gloeocapha	3.8	Gonyaulax	5.4
Grammatophora	4.9	Guinardia	4.5
Gymnodinium	6.2	Gyrodinium	5.0
Gyrosigma	4.1	Halosphaera	5.0
Haslea	5.0	Helicotheca	5.1
Herniaulus	6.1	Hyalotheca	4.7
Hymenomonas	6.1	Kirchneriella	4.8
Lauderia	4.7	Lepocinclis	5.0

7

Licmophora	9.0	Lioloma	4.9
Lyngbya	4.8	Mallomonas	5.6
Melosira	6.7	Menoidium	4.9
Merismopedia	6.1	Mesotaenium	4.4
Mestogloia	5.0	Micrasterias	4.2
Micromonas	4.9	Navicula	4.3
Neostreptotheca	5.1	Netrium	5.1
Nitzschia	5.7	Noctiluca	8.7
Odontella	5.5	Oedogonium	5.1
Oscillatoria	7.0	Pandorina	4.9
Paralia	5.7	Pediastrum	4.5
Penium	5.3	Peranema	5.2
Peridinium	4.5	Peronia	5.0
Phacus	6.9	Phaeocystis	6.1
Phaeodactylum	4.9	Phormidium	7.6
Pinnularia	4.0	Planktoniella	4.7
Pleurosigma	6.7	Pleurotaenium	5.1
Podosira	5.0	Prorocentrum	4.4
Protoperidinium	4.8	Pseudogalenia	4.9
Psuedo-nitzschia	5.2	Pyrocystis	5.0

Pyrodinium	4.5	Pyrophacus	5.8
Raphidiopsis	4.5	Rhabdonema	5.1
Rhizosolenia	7.1	Scenedesmus	4.8
Sellaphora	4.1	Skeletonema	6.2
Sphaerozosma	4.3	Staurastrum	4.7
Stauroneis	4.8	Stenopterobia	4.4
Stephanodiscus	7.5	Striatella	5.1
Strombomonas	4.2	Surirella	5.1
Tetraedron	4.9	Thalassionema	4.9
Thalassiosira	4.8	Thalassiothrix	4.3
Toxaria	4.9	Triceratium	5.0
Ulothrix	5.8	Uroglenopsis	5.1
Urosolenia	4.9	Volvox	7.5
Xanthidium	5.1		

การทดสอบความถูกต้องของเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น พบว่าคุณภาพน้ำที่ประเมินได้จากการใช้เกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น มีความถูกต้องมากกว่า 80 เปอร์เซนต์ รายละเอียดแสดงดัง Table 3 ผลการประเมินพบว่าคุณภาพน้ำส่วนใหญ่อยู่ในระดับ Moderate และ Moderate-polluted เนื่องจากการเก็บตัวอย่างน้ำที่นำมาใช้ตรวจสอบการประเมินในช่วงเวลาเดียวกัน แต่ต่างพื้นที่ซึ่งอาจทำให้คุณภาพน้ำในแต่ละตัวอย่างมีคุณภาพใกล้เคียงกัน

Table 3 Water quality assessment using Coastal water quality assessment with three dominant genus of phytoplankton

St	Latitude	Longitude	Location	Dominant genus	Average score	General water quality
1	12.60644 °N	101.87293 °E	Kung Viman Beach	Nitzschia Plurosigma Gyrosigma	5.5	Moderate
2	12.60352 °N	101.87671 °E	Kung Viman Beach	Nitzschia Plurosigma Oscillatoria	6.5	Moderate-polluted
3	12.58782 °N	101.88432 °E	Kung Viman Beach	Chaetoceros Nitzschia Oscillatoria	6.2	Moderate-polluted
4	12.58164 °N	101.89093 °E	Kung Krabaen Bay	Chaetoceros Oscillatoria Anabaena	6.3	Moderate-polluted
5	12.57278 °N	101.89361 °E	Laem Sadet Beach	Chaetoceros Plurosigma Oscillatoria	6.6	Moderate-polluted
6	12.55954 °N	101.91206 °E	Laem Sadet Beach	Psuedo-nitzschia Bacteriastrum Noctiluca	6.7	Moderate-polluted
7	12.53456 °N	101.92751 °E	Chao Lao Beach	Chaetoceros Cosinodiscus Nitzschia	5.6	Moderate
8	12.53289 °N	101.94322 °E	Chao Lao Beach	Bellerochea Odontella Haslea	5.1	Moderate

9	12.53876 °N	101.94963 °E	Chao Lao Beach	Chaetoceros Pleurosigma Asterionella	6.1	Moderate-polluted
10	12.52171 °N	101.94957 °E	Khaem Nu Estuary	Chaetoceros Oscillatoria Gyrosigma	5.7	Moderate

การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น ที่พัฒนาขึ้นจากฐานข้อมูลคุณภาพน้ำและสกุลแพลงก์ตอนพืชบริเวณทะเลชายฝั่งนี้ เหมาะสำหรับใช้ประเมินคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล ในขณะที่การประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นด้วย AARL - PP Score เหมาะสำหรับคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่ง (Peerapornpisal et al., 2007)

คะแนนแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุลอาจแตกต่างจากเกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นด้วย AARL - PP Score (Peerapornpisal et al., 2007) เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแพลงก์ตอนพืชที่พบกับคุณภาพน้ำมีความแตกต่างกัน และมีความแตกต่างกันในแต่ละระบบนิเวศ (Hellawell, 1986) รวมถึงสกุลแพลงก์ตอนพืชที่พบในตัวอย่างน้ำอาจแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ซึ่งอาจพบแพลงก์ตอนพืชบางสกุลไม่มีการกำหนดคะแนนไว้ในตาราง คณะผู้จัดทำน้อมรับและพร้อมจะดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาฐานข้อมูลในโอกาสต่อไป

สรุปผลการทดลอง

การประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งโดยใช้แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น (Coastal water quality assessment using dominant genus of phytoplankton) ที่พัฒนาขึ้นมามีความเหมาะสมในการประเมินคุณภาพชายฝั่งทะเล สามารถใช้ประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลได้โดยการหาคะแนนเฉลี่ยจากแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น 3 สกุล ที่พบในตัวอย่างน้ำแล้วนำไปเทียบกับตารางคุณภาพน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 121/2561

เอกสารอ้างอิง

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2544. แพลงก์ตอนพืช. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล. 2560. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 134 ตอนพิเศษ 288 ง. 23 พฤศจิกายน 2560.

สุเทพ เจือละออง, สุทธิดา กาญจน์อติเรกลาภ และ มิคมินทร์ จารุจินดา. 2553. การใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในการชี้วัดคุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำประแส จังหวัดระยอง. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 41(1): 126-140.

สิริพร ยศแสน และ ปริญญา มูลสิน. 2558. การใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในการบ่งชี้คุณภาพน้ำในห้วยสำราญ จังหวัดศรีสะเกษ. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 38: 295-309.

ศรัญญา ยิ้มย่อง. 2561. ดัชนีชีวภาพเพื่อบ่งชี้คุณภาพของระบบนิเวศน้ำจืด. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 46(3): 408-417.

Bianchi, F., Acri, F., Aubry, F.B., Berton, A., Boldrin, A., Camatti, E., Cassin, D. and Comaschi, A. 2003. Can plankton communities be considered as bio-indicators of water quality in the Lagoon of Venice?. Marine Pollution Bulletin 46(8): 964-971.

Casé, M., Leça, E.E., Leitão, S.N., Sant, E.E., Schwamborn, R. and de Moraes Junior, A.T. 2008. Plankton community as an indicator of water quality in tropical shrimp culture ponds. Marine Pollution Bulletin 56(7): 1343-1352.

Crawley, M.J. 2012. The R book. West Sussex: John Wiley & Sons.

da Silva, A.L.L. and Petrucio, M.M. 2018. Relationships between aquatic invertebrate communities, water-level fluctuations and different habitats in a subtropical lake. Environmental monitoring and assessment, 190(9): 548.

Govenor, H., Krometis, L.A.H. and Hession, W.C. 2017. Invertebrate-based water quality impairments and associated stressors identified through the US Clean Water Act. Environmental management, 60(4): 598-614.

Hellawell, J.M. 2012. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Springer Science & Business Media.

Jaanus, A., Toming, K., Hällfors, S., Kaljurand, K., and Lips, I. 2009. Potential phytoplankton indicator species for monitoring Baltic coastal waters in the summer period. Hydrobiologia 629(1): 157-158.

Jeppesen, E., Nõges, P., Davidson, T.A., Haberman, J., Nõges, T., Blank, K., Lauridsen, T.L., Sondergaard, M., Sayer, C., Laugaste, R., Johansson, L.S., Bjerring, R. and Johansson, L.S. 2011. Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). Hydrobiologia 676(1): 279.

Mouillot, D., Laune, J., Tomasini, J.A., Allaume, C., Brehmer, P., Dutrieux, E. and Do Chi, T. 2005. Assessment of coastal lagoon quality with taxonomic diversity indices of fish, zoobenthos and macrophyte communities. Hydrobiologia, 550(1): 121-130.

Obolewski, K., Glinska-Lewczuk, K., Bakowska, M., Szymanska, M. and Mrozibska, N. 2018. Patterns of phytoplankton composition in coastal lakes differed by connectivity with the Baltic Sea. Science of The Total Environment 631: 951-961.

Padisák, J., Borics, G., Grigorszky, I. and Soroczki-Pinter, E. 2006. Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index. Hydrobiologia 553(1): 1-14.

Parsons, T.R., Maita, Y. and Lalli, C.M. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Great Britain: Pergamon Press.

Peerapornpisal, Y., Pekkoh, J., Powangprasit, D., Tonkhamdee, T., Hongsirichat, A. and Kunpradid, T. 2007. Assessment of Water Quality in Standing Water by Using Dominant Phytoplankton (AARL- PP Score). Journal of Fisheries Technology Research 2(1): 71-81.

Popovskaya, G.I., Firsova, A. D., Bessudova, A.Y., Sakirko, M.V., Suturin, A.N. and Likhoshway, Y.V. 2012. Phytoplankton of the Irkutsk Reservoir as an indicator of water quality. Oceanological and Hydrobiological Studies, 41(2): 29-38.

Rosenberg, R., Blomqvist, M., Nilsson, H.C., Cederwall, H. and Dimming, A. 2004. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. Marine pollution bulletin 49(9-10): 728-739.

Sagert, S., Rieling, T., Eggert, A. and Schubert, H. 2008. Development of a phytoplankton indicator system for the ecological assessment of brackish coastal waters (German Baltic Sea coast). Hydrobiologia 611(1): 91-103.

Salmaso, N., Morabito, G., Buzzi, F., Garibaldi, L., Simona, M. and Mosello, R. 2006. Phytoplankton as an indicator of the water quality of the deep lakes south of the Alps. Hydrobiologia, 563(1): 167-187.

Shekhar, T.S., Kiran, B.R., Puttaiah, E.T., Shivaraj, Y. and Mahadevan, K.M. 2008. Phytoplankton as index of water quality with reference to industrial pollution. Journal of Environmental Biology 29(2): 233-236.

Višinskiene, G. and Bernotiene, R. 2012. The use of benthic macroinvertebrate families for river quality assessment in Lithuania. Open Life Sciences, 7(4): 741-758.

Willén, E. 2000. Phytoplankton in water quality assessment–an indicator concept. Hydrological and limnological aspects of lake monitoring 2: 58-80.

รายงานการเงิน

เลขที่โครงการระบบบริหารงานวิจัย (2561A10802051) สัญญาเลขที่ 121/2561

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อโครงการ ดัชนีคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลด้วยชนิดแพลงก์ตอนพืช

ชื่อหัวหน้าโครงการผู้รับทุน / ผู้วิจัย ผศ. ดร. ชลี ไพบูลย์กิจกุล

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2559 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2560

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2560 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2561

รายจ่าย

หมวด	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่ายงวดปัจจุบัน	คงเหลือ (หรือเกิน)
1. ค่าตอบแทน	35,000	35,000	-
2. ค่าจ้าง	180,000	180,000	-
3. ค่าใช้สอย	35,000	35,000	-
4. ค่าวัสดุ	65,000	65,000	-
5. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	-	-	-
ค่าธรรมเนียมอุดหนุนสถาบัน	35,000	35,000	-
รวม	350,000	350,000	-

จำนวนเงินที่ได้รับและจำนวนเงินคงเหลือ

จำนวนเงินที่ได้รับ 350,000 บาท

งวดที่ 1 175,000 บาท เมื่อ 20 ตุลาคม 2560

งวดที่ 2 140,000 บาท เมื่อ 27 ธันวาคม 2561

รวม 315,000 บาท

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

วันที่ 30 มีนาคม 2562

บรรณานุกรม

นัสรียา หมีนหวัง, อำพล พยัคฆา และ แตงอ่อน พรหมมิ. (2555). การประยุกต์ใช้ดัชนีชีวภาพประเมินคุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก. *วารสารวิจัย มสด.*, 5, 113-123.

เบ็ญจมาศ จันทะภา ไพบูลย์กิจกุล. (2559). *เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคนิคการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.* คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. 328 หน้า

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. (2537). ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง. 24 กุมภาพันธ์ 2537.

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล. (2560). ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 134 ตอนพิเศษ 288 ง. 23 พฤศจิกายน 2560.

มนูวดี หังสพฤกษ์. (2532). *สมุทรศาสตร์เคมี*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มีนา กรมมี, กิตติ เอกอำพน และนฤมล แสงประดับ. (2551). การใช้ดัชนีชีวภาพประเมินคุณภาพน้ำในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร. *วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา)*, 8, 9-20.

ยุวดี พีรพรพิศาล. (2552). สาหร่ายน้ำจืด สาหร่ายทะเลและการประชุมทบทวนทะเบียนรายการชนิดพันธุ์สาหร่ายในประเทศไทย. เอกสารประกอบการประชุมการดำเนินการสนับสนุนการอนุวัตรอนุสัญญาว่าด้วยความหลากหลายทางชีวภาพ พ.ศ. 2552.

ลัดดา วงศ์รัตน์. (2544). *แพลงก์ตอนพืช* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลัดดา วงศ์รัตน์ และ โสภณา บุญญาภิวัฒน์. (2546). คู่มือวิธีการเก็บและวิเคราะห์แพลงก์ตอน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วาสนา อากรรัตน์, วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม และลิขิต ชูชิต. (2555) ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ และแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งอ่าวประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ในรอบปี พ.ศ. 2551-2552. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา,* 17, 108-116

วิรัช จิ๋วแหยม (2544) ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร, ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม, พรศิริ ตู้ลารักษ์ และธำรงค์ ปรุงเกียรติ. (2551). คุณภาพน้ำและสาหร่ายในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล (ปี พ.ศ. 2540 – 2544). วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง, 2(2), 141-151.

สุเทพ เจือละออง, สุทธิดา กาญจน์อติเรกลาภ, และมิคมินทร์ จารุจิดา. (2553). การใช้แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในการชี้วัดคุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำประแส. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง*, 4(1), 126-140.

เสถียรพงษ์ ขาวหิต, เกษม จันทร์แก้ว, วศิน อิงคพัฒนากุล, อรอนงค์ ผิวนิล, อนุกรณ์ บุตรสันติ์ และเอกชัย บุดดา. (2558). ความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืชและความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย: โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนา

สิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ., 38 (2), 167-179.

Alam, R.Q., Benson, B.C., Visser, J.M. and Gang, D.D. (2016). Response of estuarine phytoplankton to nutrient and spatio-temporal pattern of physico-chemical water quality parameters in Little Vermilion Bay, Louisiana. *Ecological Informatics*, 32, 79-90.

Bowes, M.J., Loewenthal, M., Read, D.S.,Hutchins, M.G., Prudhomme, C., Armstrong, L.K., Harman, S.A., Wickham, H.D., Gozzard, E., and Carvalho, L. (2016). Identifying multiple stressor controls on phytoplankton dynamics in the River Thames (UK) using high-frequency water quality data. *Science of The Total Environment*, 569-570, 1489–1499.

Bianchi, F., Acri, F., Aubry, F.B., Berton, A., Boldrin, A., Camatti, E., Cassin, D. and Comaschi, A. (2003). Can plankton communities be considered as bio-indicators of water quality in the Lagoon of Venice?. *Marine Pollution Bulletin*, 46(8), 964-971.

Casé, M., Leça, E.E., Leitão, S.N., Sant, E.E., Schwamborn, R. and de Moraes Junior, A.T. (2008). Plankton community as an indicator of water quality in tropical shrimp culture ponds. *Marine Pollution Bulletin,* 56(7), 1343-1352.

Crawley, M.J. (2005). *Statistics: An introduction using R*. West Sussex: John Wiley & Sons.

Gannon, J.E., and Stemberger, R.S. (1978). Zooplankton (especially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. *Transactions of the American Microscopical Society,* 97, 16-35.

Gaufin, A.R. (1973). *Use of aquatic invertebrates in the assessment of water quality. In Biological methods for the assessment of water quality*. ASTM International.

Grasshoff, K., Kremling, K. and Ehrhardt, M. (1999). *Methods of Seawater Analysis 3rd Eds*. Weinheim: Wiley-VCH.

Hellawell, J.M. (2012). *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Springer Science & Business Media.

Jeppesen, E., Nõges, P., Davidson, T.A., Haberman, J., Nõges, T., Blank, K., Lauridsen, T.L., Sondergaard, M., Sayer, C., Laugaste, R., Johansson, L.S., Bjerring, R. and Johansson, L.S. (2011). Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia*, 676(1), 279.

Lagadic, L., Caquet, T., and Ramade, F. (1994). The role of biomarkers in environmental assessment (5). Invertebrate populations and communities. *Ecotoxicology*, 3(3), 193-208.

Katsiapia, M., Moustaka-Gounia, M. and Sommer, U. (2016). Assessing ecological water quality of freshwaters: PhyCoI—a new phytoplankton community Index. *Ecological* Informatics, 31, 22-29.

Klerks, P.L. and Weis, J.S. (1987). Genetic adaptation to heavy metals in aquatic organisms: a review. *Environmental Pollution*, 45(3), 173-205.

Metcalfe, J.L. (1989). Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: history and present status in Europe. *Environmental Pollution*, 60(1-2), 101-139.

Obolewski, K., Glinska-Lewczuk, K., Bakowska, M., Szymanska, M. and Mrozibska, N. (2018). Patterns of phytoplankton composition in coastal lakes differed by connectivity with the Baltic Sea. *Science of The Total Environment*, 631, 951-961.

Padisák, J., Borics, G., Grigorszky, I. and Soroczki-Pinter, E. (2006). Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index. *Hydrobiologia*, 553(1), 1-14.

Peerapornpisal, Y., Pekkoh, J., Powangprasit, D., Tonkhamdee, T., Hongsirichat, A. and Kunpradid, T. (2007). Assessment of Water Quality in Standing Water by Using Dominant Phytoplankton (AARL- PP Score). *Journal of Fisheries Technology Research*, 2(1), 71-81.

Rosenberg, R., Blomqvist, M., Nilsson, H.C., Cederwall, H. and Dimming, A. (2004). Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Marine pollution bulletin*, 49(9-10), 728-739.

Sagert, S., Rieling, T., Eggert, A. and Schubert, H. (2008). Development of a phytoplankton indicator system for the ecological assessment of brackish coastal waters (German Baltic Sea coast). *Hydrobiologia*, 611(1), 91-103.

Sakset, A. and Chankaew, W. (2013). Phytoplankton as a Bio-indicator of Water Quality in the Freshwater Fishing Area of Pak Phanang River Basin (Southern Thailand). *Chiang Mai J. Sci.*, 40(3), 344-355.

Shekhar, T.S., Kiran, B.R., Puttaiah, E.T., Shivaraj, Y. and Mahadevan, K.M. (2008). Phytoplankton as index of water quality with reference to industrial pollution. *Journal of Environmental Biology*, 29(2), 233-236.

Stoermer, E.F. (1978). Phytoplankton assemblages as indicators of water quality in the Laurentian Great Lakes. *Transactions of the American Microscopical Society,* 97, 2-16.

Strickland, J.D.H., Parsons, T.R. (1972). *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. *Fishery* Research Board of Canada, Ottawa.

Willén, E. (2000). Phytoplankton in water quality assessment–an indicator concept. *Hydrological and limnological aspects of lake monitoring*, 2, 58-80.