วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 26 (ฉบับที่ 2) พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2564
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 26 (No.2) May – August 2021
บทความวิจัย

อิทธิพลของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะยูโทรฟิเคชั่นในบริเวณอ่าวตราด จังหวัดตราด

The Effects of Dissolved Inorganic Nutrients on Eutrophication Situations of Trat Bay, Trat Province

ภัทราวุธ ไทยพิชิตบูรพา[1*] และ จารุมาศ เมฆสัมพันธ์[2]
Patrawut Thaipichitburapa[1*] and Charumas Meksumpun[2]
[1] *ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*
[2] *ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*
[1] *Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University*
[2] *Department ofFishery Biology, Faculty of Fisheries Kasetsart University*

Received : 22 June 2020
Revised : 19 August 2020
Accepted : 24 August 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะยูโทรฟิเคชั่นในบริเวณอ่าวตราด โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ฤดูกาลได้แก่ ฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม) และฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม) ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลในพื้นที่อ่าวตราดทั้งสิ้น 15 สถานี ประกอบด้วยปัจจัยคุณภาพน้ำทั่วไป (อุณหภูมิ ความเค็ม และออกซิเจนละลายน้ำ) คลอโรฟิลล์-เอ แอมโมเนียม ไนไตรท์ ไนเตรท ซิลิเกต และออโธฟอสเฟต ผลการศึกษาพบว่าฤดูกาลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะยูโทรฟิเคชั่นในพื้นที่อ่าวตราด ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของสารอนินทรีย์ละลายน้ำในกลุ่มของไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยพบว่าในช่วงฤดูฝนสารอนินทรีย์ไนโตรเจนมีค่าสูงมากเกินระดับยูโทรฟิเคชั่น ซึ่งทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ สูงตามด้วยจนทำให้เข้าสู่สภาวะ Hypertrophic (สูงกว่า eutrophic 5 เท่า) นอกจากนี้ยังพบว่า ฟอสฟอรัสจะเป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในช่วงฤดูฝน โดยมีสัดส่วน redfield ratio (N:P) เท่ากับ 45.7 ทั้งนี้หากมีการเพิ่มฟอสฟอรัสลงในอ่าวผ่านทางกิจกรรมการใช้ประโยชน์ต่าง ๆบนแผ่นดินในช่วงเวลาดังกล่าว ก็จะส่งผลให้อ่าวตราดเข้าสู่สภาวะการเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำจากการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชในอนาคตได้

คำสำคัญ : สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ ; ยูโทรฟิเคชั่น ; อ่าวตราด

Abstract

The aim of this study was to investigate the effects of dissolved inorganic nutrients on eutrophication situations of Trat Bay during 2 seasons: dry season (March) and rainy season (July). The collected water samples from 15 stations were examined for water quality factors including temperature, salinity, dissolved oxygen, chlorophyll a, ammonia, nitrite, nitrate, silicate and orthophosphate. The results showed that the seasonal factor affecting the alteration of eutrophication situations in Trat Bay was related to the changing of dissolved inorganic groups of nitrogen and phosphorus especially in the rainy season with the high amount of inorganic nitrogen. The high inorganic nitrogen exceeding the eutrophic level caused high amount of the chlorophyll-a making the Trat bay into Hypertrophic situation (higher than eutrophication by 5 times). In addition, the phosphorus concentration was the limiting factor of phytoplankton growth in the rainy season which was correlated by Redfield ratio (N:P) of 45.7. Hence, discharging of phosphorus through various activities of land utilizations resulted in degrading the Trat Bay water qualities by algal bloom.

Keywords : dissolved inorganic nutrients ; eutrophication ; Trat Bay

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

บทนำ

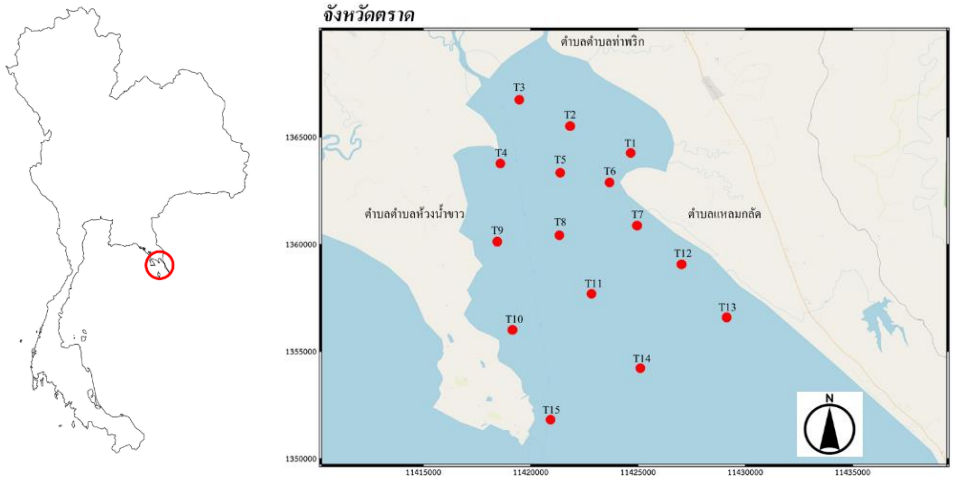
จังหวัดตราด เป็นจังหวัดที่มีแหล่งทรัพยากรทางธรรมชาติที่สำคัญจังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออก โดยเฉพาะทรัพยากรประมง เนื่องจากลักษณะพื้นที่ และสัณฐานของจังหวัดตราด ส่วนใหญ่ตั้งอยู่บริเวณเทือกเขาสูง มีแม่น้ำและคลองล้อมรอบบริเวณอ่าว โดยมีแม่น้ำที่สำคัญได้แก่ แม่น้ำตราด และแม่น้ำเวฬุ นอกจากนี้ยังมีลำคลองขนาดเล็กมากมายที่ล้อมรอบอ่าว และนำมวลน้ำไหลลงสู่ทะเลบริเวณที่เรียกว่า อ่าวตราด ซึ่งในสภาวะปกติสารอินทรีย์และแร่ธาตุที่มีอยู่ตามธรรมชาติจะไหลมากับมวลน้ำลงสู่อ่าวตราดด้วยปริมาณที่เหมาะสมทำให้แพลงก์ตอนพืชซึ่งเป็นกำลังผลิตขั้นต้นของแหล่งน้ำสามารถเจริญเติบโตเป็นผลผลิตให้กับห่วงโซ่อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงทำให้บริเวณอ่าวมีความอุดมสมบูรณ์อย่างมากโดยเฉพาะทรัพยากรประมง ซึ่งถือว่าเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีการใช้ร่วมกัน และจากสถิติการประมงแห่งประเทศไทย 2559 (Department of Fisheries, 2016) พบว่า บริเวณพื้นที่จังหวัดตราดเป็นแหล่งที่สามารถทำการประมงสัตว์น้ำได้มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับจังหวัดระยอง และจังหวัดจันทบุรี

จากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบัน ทำให้จังหวัดตราดมีการเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างต่อเนื่อง ทั้งที่เป็นคนไทย และแรงงานต่างด้าวจากประเทศเพื่อนบ้าน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติของสิ่งแวดล้อม ซึ่งทั้งหมดนี้ส่งผลต่อระบบนิเวศชายฝั่งทะเลทั้งสิ้น ซึ่งส่วนใหญ่มาจากน้ำทิ้งจากการใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ จะถูกปล่อยลงสู่แม่น้ำ และลำคลองที่ตั้งอยู่โดยรอบชายฝั่ง ทั้งนี้สสารต่าง ๆ ที่ปะปนมากับน้ำทิ้งจะทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เสื่อมโทรมลงส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทางน้ำและทรัพยากรสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำซึ่งเป็นปัจจัยที่ควบคุมความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ ทั้งนี้สารอนินทรีย์ละลายน้ำดังกล่าวจะปะปนมากับน้ำทิ้งที่เกิดจากกิจกรรมการใช้ประโยชน์บนพื้นที่ชายฝั่ง (Jayatilake, 2013) โดยเฉพาะในกลุ่มของไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำ (dissolved inorganic nitrogen; DIN) และฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำ (dissolved inorganic phosphorus; DIP) ซึ่งหากไหลลงสู่อ่าวหรือทะเลในปริมาณที่มาก (nutrient enrichment) ก็จะทำให้เกิดความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ สังเกตได้จากแพลงก์ตอนพืช หรือกำลังการผลิตขั้นต้นของแหล่งน้ำ (primary production) ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำสามารถแบ่งออกเป็นระดับต่าง ๆ (trophic status) การเติมสารอาหารในแหล่งน้ำอยู่เสมอ (well nourish) จะทำให้แหล่งน้ำนั้นแสดงออกถึงความอุดมสมบูรณ์ ที่เรียกว่า ยูโทรฟิเคชั่น (eutrophication) ซึ่งเป็นสภาวะที่สะท้อนถึงจุดสูงสุดของความอุดมสมบูรณ์ หากเกินจากระดับดังกล่าว ก็จะนำไปสู่สภาวะการเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำได้ ยกตัวอย่างเช่น เกิดการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืช (plankton bloom) การเกิดแพลงก์ตอนชนิดที่เป็นอันตราย (harmful algal bloom; HAB) และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำไม่เพียงพอต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ (hypoxia) เป็นต้น (Smith, 1999) ซึ่งกระบวนการที่เกิดขึ้นดังกล่าวเป็นการแสดงออกของการปรับสมดุลด้านสารอาหารที่มีมากเกินไป โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมักจะส่งผลด้านลบต่อทรัพยากรสิ่งมีชีวิต

จากความสำคัญดังกล่าวการศึกษาครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นศึกษาอิทธิพลของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะยูโทรฟิเคชั่น ในอ่าวตราด รวมถึงปัจจัยคุณภาพน้ำ และฤดูกาล ที่อาจส่งผลต่อการเกิดสภาวะยูโทรฟิเคชั่นในอ่าวตราดได้ ทั้งนี้ผลการศึกษาดังกล่าวสามารถนำไปบูรณาการด้านการเฝ้าระวังการเกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีและสภาวะการเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำของอ่าวตราดในอนาคตได้

วิธีดำเนินการวิจัย

ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำทั่วไป สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ในบริเวณอ่าวตราด ทั้งสิ้น 12 สถานี (ภาพที่ 1) ครอบคลุมพื้นที่ฝั่งตะวันตก ตำบลห้วงน้ำขาว อำเภอเมืองตราด ฝั่งตะวันออกตั้งแต่ตำบลแหลมกลัด อำเภอเมืองตราด ด้านทิศเหนือตำบลท่าพริก อำเภอเมืองตราด โดยแบ่งช่วงเวลาทำการศึกษาออกเป็น 2 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูแล้ง (dry season) ในเดือนมีนาคม 2560 และฤดูฝน (rainy season) ในเดือนกรกฎาคม 2560 ทั้งนี้การแบ่งฤดูกาลดังกล่าวได้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเป็นเกณฑ์ (TMD, 2017)



ภาพที่ 1 สถานีศึกษาคุณภาพน้ำและสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำบริเวณอ่าวตราด ในปี 2560

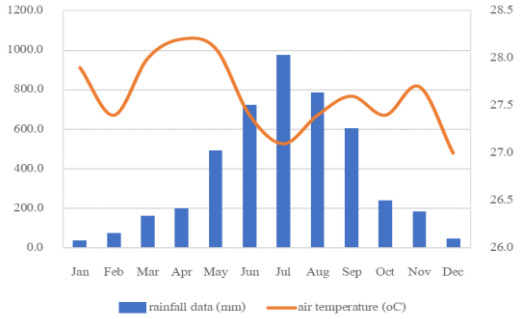
การศึกษาปัจจัยคุณภาพน้ำทั่วไป ประกอบด้วย อุณหภูมิ (temperature) ความเค็ม (salinity) และปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (dissolved oxygen) ด้วยเครื่องตรวจวัดภาคสนาม (YSI Model 2030) ในส่วนของปัจจัยด้านสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และคลอโรฟิลล์-เอ (chlorophyll *a*) จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำโดยพิจารณาตามเกณฑ์มาตรฐานของ PCD (2006) โดยเก็บตัวอย่างน้ำด้วยกระบอกเก็บน้ำที่ระดับความลึก 30 cm จากผิวหน้าน้ำ จำนวน 3 ซ้ำ ทั้งนี้การศึกษาสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ (dissolved inorganic) จะประกอบด้วย แอมโมเนียม (ammonium), ไนไตรท์ (nitrite), ไนเตรท (nitrate), ฟอสเฟต (phosphate) และซิลิเกต (silicate) โดยนำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ตามวิธีการดังตารางที่ 1 ข้อมูลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างโดยวิธี independent t-test และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ โดยใช้สถิติสหสัมพันธ์ (spearman's rank correlation coefficient)

ตารางที่ 1 วิธีวิเคราะห์สารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และคลอโรฟิลล์-เอ

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	วิธีการวิเคราะห์
คลอโรฟิลล์-เอ (µg/l)	Spectrophotometric (Strickland & Parsons, 1972)
แอมโมเนียม (µM)	Phenol-hypochloride (Grasshoff *et al*., 1999)
ไนไตรท์ (µM)	Diazotization (Strickland & Parsons, 1972)
ไนเตรท (µM)	Cadmium reduction + Diazotization (Strickland & Parsons, 1972)
ฟอสเฟต(µM)	Ascorbic acid (Strickland & Parsons,1972)
ซิลิเกต (µM)	Silicomolypdate (Strickland & Parsons,1972)

ผลการวิจัย

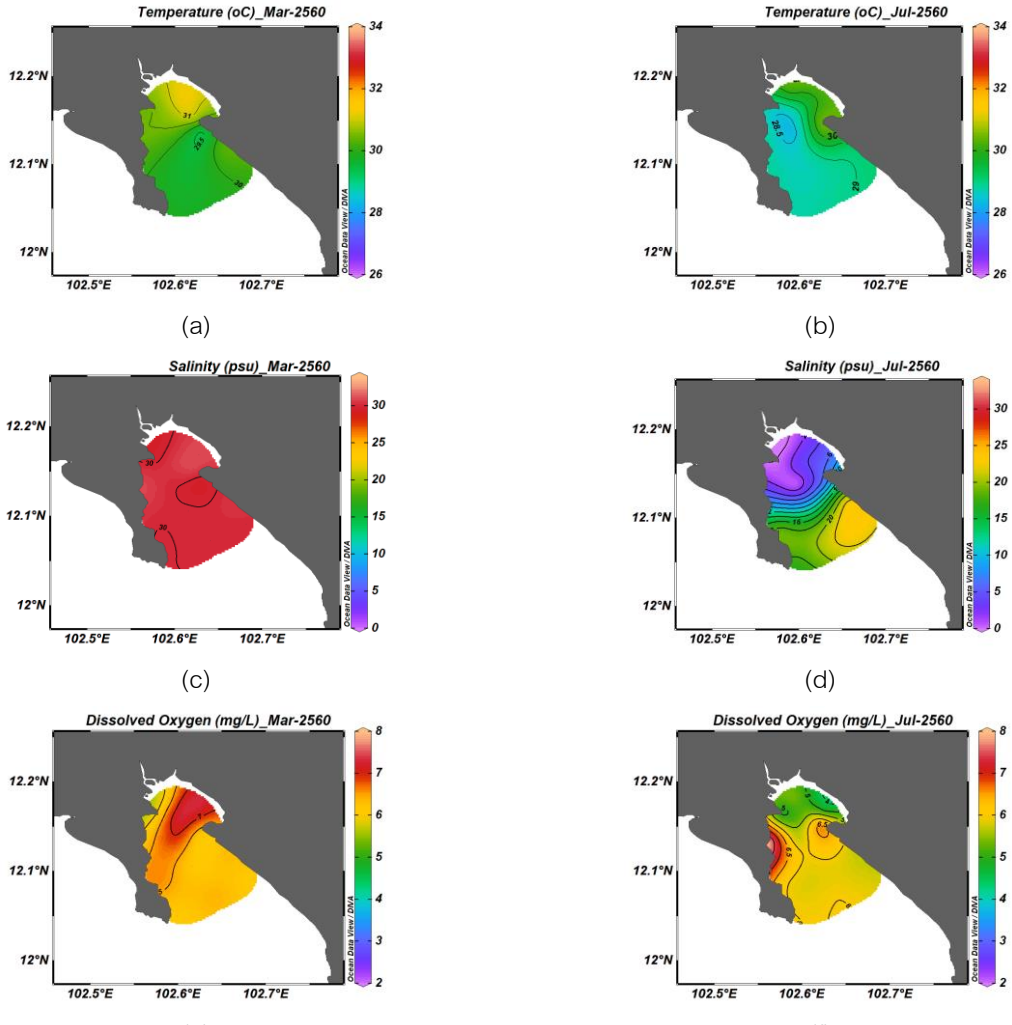
จากการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิของปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิของอากาศบริเวณพื้นที่จังหวัดตราด ในช่วงปี 2560 พบว่า ในเดือนมีนาคม และกรกฎาคม 2560 มีปริมาณน้ำฝน เท่ากับ 162.1 และ 976.6 mm ตามลำดับ และมีค่าของอุณหภูมิอากาศเท่ากับ 28.0 และ 27.1 °C ตามลำดับ (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ปริมาณน้ำฝน (rainfall data; mm)และอุณหภูมิของอากาศ (air temperature; °C) บริเวณพื้นที่อ่าวตราด จังหวัดตราด ในปี 2560 (TMD, 2017)

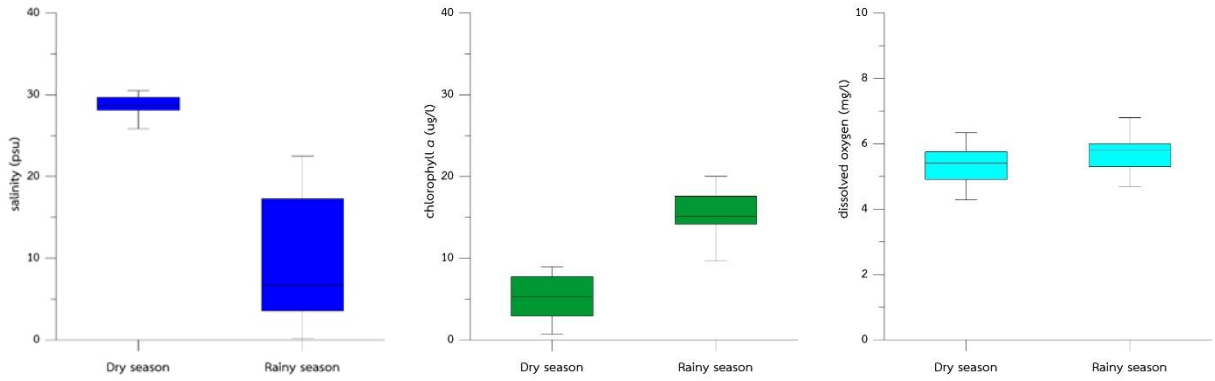
ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทั่วไป พบว่าอุณหภูมิของน้ำ ในช่วงเดือนมีนาคม (ฤดูแล้ง) มีค่าอยู่ในช่วง 29.3-31.3 °C โดยมีค่าสูงสุดบริเวณตอนในของอ่าว และต่ำสุดบริเวณฝั่งตะวันออก ซึ่งอุณหภูมิของน้ำในฤดูแล้งจะมีค่าที่ใกล้เคียงกันทั้งพื้นที่ (ภาพที่ 3a) ส่วนอุณหภูมิของน้ำ ในเดือนกรกฎาคม (ฤดูฝน) มีค่าอยู่ในช่วง 28.4-30.4 °C จะมีค่าสูงสุดบริเวณฝั่งตะวันออก และต่ำสุดบริเวณฝั่งตะวันตกของอ่าว โดยในเดือนดังกล่าวมีอุณหภูมิของน้ำภาพรวมต่ำกว่าในฤดูแล้ง (ภาพที่ 3b) สำหรับความเค็มของน้ำ ในช่วงเดือนมีนาคม 2560 (ฤดูแล้ง) พบว่าความเค็มของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 29.3-31.2 psu โดยความเค็มของน้ำมีค่าค่อนข้างสูงและใกล้เคียงกันทั้งพื้นที่อ่าว (ภาพที่ 3c) ส่วนเดือนกรกฎาคม 2560 (ฤดูฝน) ความเค็มของน้ำมีค่าอยู่

ระหว่าง 0.1-22.5 psu โดยมีความเค็มต่ำสุดในพื้นที่ตอนในของอ่าว และเพิ่มสูงขึ้นในบริเวณกลางอ่าว (ภาพที่ 3d) ในส่วนของการศึกษาปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในเดือนมีนาคม 2560 (ฤดูแล้ง) พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 6.0-7.3 mg/l โดยมีค่าสูงสุดอยู่บริเวณตอนในของอ่าว (ภาพที่ 3e) และเดือนกรกฎาคม 2560 (ฤดูฝน) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 4.7-7.9 mg/l โดยมีค่าสูงสุดอยู่บริเวณสถานี ฝั่งตะวันตกของอ่าว (ภาพที่ 3f)



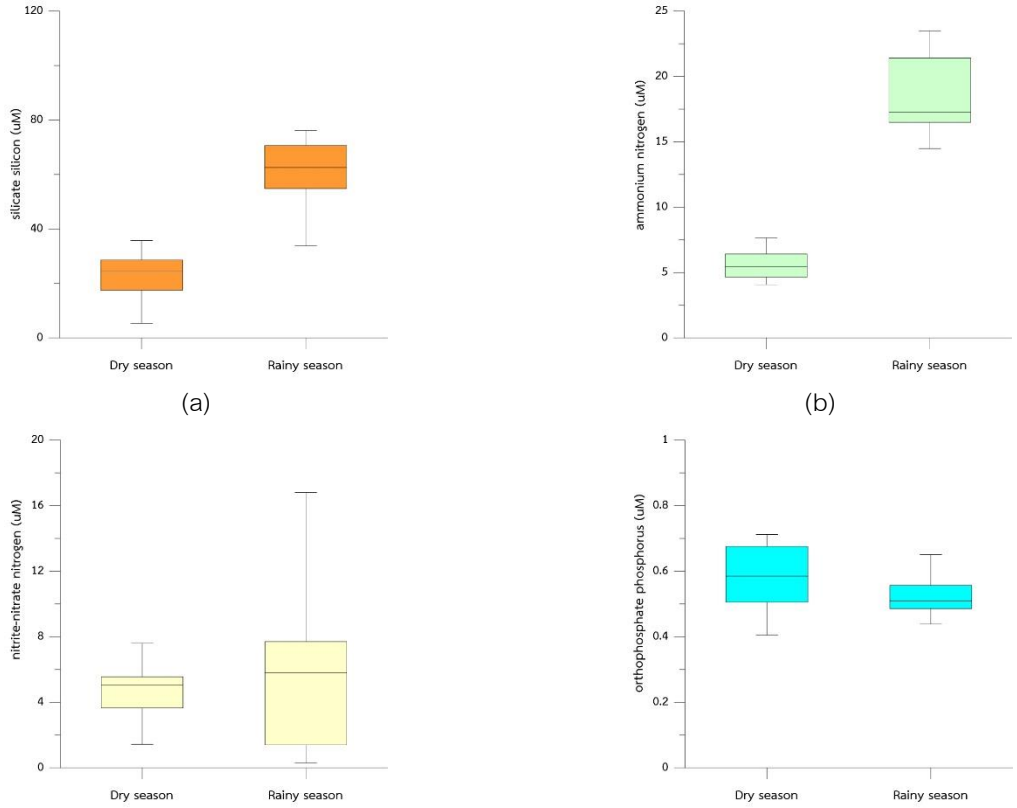
ภาพที่ 3 การกระจายอุณหภูมิน้ำ ความเค็ม และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำบริเวณพื้นที่อ่าวตราด ในเดือนมีนาคม (ฤดูแล้ง) และ กรกฎาคม (ฤดูฝน) ปี 2560

เมื่อพิจารณาปัจจัยคุณภาพน้ำที่สามารถแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างฤดูกาลด้วยกราฟ Box and Whisker Plots พบว่า ความเค็มของน้ำสามารถเป็นตัวแทนของฤดูกาลได้ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยในฤดูแล้ง (dry season) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.31±0.56 psu และฤดูฝน (rainy season) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.55± 8.66 psu (ภาพที่ 4a) ส่วนคลอโรฟิลล์-เอ ในช่วงฤดูฝนเฉลี่ยเท่ากับ 17.59±8.64 µg/l และฤดูแล้งมีค่าเท่ากับ 7.98±4.44 µg/l (ภาพที่ 4b) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลค่อนข้างน้อย โดยฤดูแล้งและฤดูฝนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.52±0.48 และ 5.85±0.80 mg/l ตามลำดับ (ภาพที่ 4c)



ภาพที่ 4 ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำ (a) คลอโรฟิลล์-เอ (b) และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (c) ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน ของอ่าวตราด ปี 2560

สำหรับผลการศึกษาความเข้มข้นสารอนินทรีย์ละลายน้ำประกอบด้วยด้วย ซิลิเกต ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส พบว่าซิลิเกต ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.20±8.45 และ 61.98±12.95 µM ตามลำดับ โดยในช่วงฤดูฝนมีค่าสูงกว่าค่อนข้างชัดเจน (ภาพที่ 5a) ความเข้มข้นของแอมโมเนียม มีความแตกต่างตามฤดูกาลชัดเจนโดยมีค่าเฉลี่ยในฤดูฝน 18.60±2.76 µM และมีค่าเฉลี่ยในฤดูแล้งเท่ากับ 6.09±1.77 µM (ภาพที่ 5b) ส่วนไนไตรท์-ไนเตรท ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างใกล้เคียงกันเท่ากับ 4.56±1.77 และ 6.09±5.79 µM ตามลำดับ (ภาพที่ 5c) สำหรับออร์โธฟอสเฟตจะมีค่าเฉลี่ยในฤดูแล้ง และฤดูฝนเท่ากับ 0.61±0.19 และ 0.54±0.07 µM ตามลำดับ (ภาพที่ 5d)



ภาพที่ 5 ค่าเฉลี่ยของซิลิเกต (a) แอมโมเนียม (b) ไนไตรท์และไนเตรท (c) และออร์โธฟอสเฟต (d) ในฤดูแล้งและฤดูฝน ปี 2560

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาเปรียบเทียบเกณฑ์ความอุดมสมบูรณ์ trophic state พบว่า ในฤดูแล้งไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำ (dissolved inorganic nitrogen; DIN) ซึ่งประกอบด้วย แอมโมเนียม ไนไตรท์-ไน**เตรท** มีค่าต่ำกว่าระดับ eutrophic state ส่วนฤดูฝน มีค่าใกล้เคียง eutrophic state (ตารางที่ 2) ซึ่งตรงกันข้ามกับฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำ (dissolved inorganic phosphorus; DIP) หรือออร์โธฟอสเฟต ที่มีค่าสูงในช่วงฤดูแล้ง นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่า redfiled ratio ซึ่งเป็นสัดส่วนของสารอาหารที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช พบว่าในช่วงฤดูแล้ง และฤดูฝนมีสัดส่วนเท่ากับ 17.4 และ 45.7 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความต้องการสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำที่แตกต่างกันตามฤดูกาล ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ด้วยค่าคลอโรฟิลล์-เอ ที่เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของแพลงก์ตอนพืช นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำต่าง ๆ กับคลอโรฟิลล์-เอ พบว่า ไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับ คลอโรฟิลล์-เอ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ คลอโรฟิลล์-เอ และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ บริเวณอ่าวตราด ในฤดูแล้ง และฤดูฝน ปี 2560

	DIN (μM)	DIP (μM)	N:P (μM)	Chl-*a* (μg/l)	DO (mg/l)
Dry season	10.64±2.66	0.61±0.19	17.4	7.98±4.44	6.52±0.48
Rainy season	24.68±6.89	0.54±0.07	45.7	17.59±8.64	5.85±0.81
Eutrophic Trophic state (Smith *et al*., 1999)	*25-28*	*0.9-1.3*	-	*3-5*	-

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาข้อมูลสภาพภูมิอากาศ และคุณภาพน้ำทั่วไปบริเวณอ่าวตราดช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน พบว่าอุณหภูมิอากาศมีการแปรผันตรงข้ามกับปริมาณน้ำฝน แต่การเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงค่อนข้างแคบเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 27.6±0.3 ^{o}C ทั้งนี้ลักษณะการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนจะมีอิทธิพลโดยตรงต่อมวลน้ำที่จะพัดพาเอาสารอาหารต่าง ๆ เข้าสู่อ่าวตราด ทั้งนี้จะมีรูปแบบคล้ายกันในเกือบทุกปี โดยปริมาณน้ำฝนจะเป็นตัวแทนช่วงเวลาที่มีการพัดพานำสารอาหารอินทรีย์-อนินทรีย์ต่าง ๆ เข้ามาได้ (Jessen *et al*, 2015) โดยเฉพาะที่มาจากแม่น้ำซึ่งมีประมาณร้อยละ 70 ของสารที่พัดพาลงมาบริเวณปากแม่น้ำ (Jayatilake, 2013) และยังมักส่งผลกระทบในทางลบกับสิ่งแวดล้อมทางน้ำ นอกจากนี้ปริมาณน้ำฝนยังแปรผันตรงกันข้ามกับความเค็มซึ่งจะมีค่าต่ำในฤดูฝน เนื่องจากมีกระบวนการเจือจาง (dilution) ความเค็มของน้ำทะเลด้วยมวลน้ำจืดจากแม่น้ำ ซึ่งมีแนวโน้มเคลื่อนตัวลงไปทางทิศใต้ของอ่าว ส่งผลให้พื้นที่ตอนใน (ทิศเหนือ) ของอ่าวมีค่าความเค็มที่ต่ำกว่า อย่างไรก็ตามความเค็มของน้ำยังคงอยู่ในช่วงที่สิ่งมีชีวิตบริเวณชายฝั่งสามารถอาศัยอยู่ได้ (PCD, 2015) สำหรับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ พบว่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าสูงอยู่บริเวณตอนนอกของอ่าว (ทิศใต้) ส่วนบริเวณชายฝั่งตะวันตกมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำเนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นที่ตั้งของชุมชมขนาดใหญ่ และเป็นพื้นที่เลี้ยงหอยซึ่งสามารถส่งผลต่อให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดต่ำลง (Tuntoolavest & Phornprapa ,1995) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งพบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในอ่าวตราดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำประเภทที่ 3 (คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) ซึ่งมีค่าไม่ต่ำกว่า 4 mg/l (PCD, 2015)

ในส่วนของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำซึ่งประกอบด้วย แอมโมเนียม ไนไตรท์และไนเตรท ซิลิเกต และออร์โธฟอสเฟต พบว่า ซิลิเกต เป็นตัวแทนของฤดูฝนอย่างชัดเจน สอดคล้องกับการศึกษาบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง (Yuenyong *et al,* 2019) และการศึกษาฟลักซ์ของสารอนินทรีย์ละลายน้ำบริเวณปากแม่น้ำตราดในปี พ.ศ. 2559 (Kanatireklarp *et al*, 2016) และยังเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มของไดอะตอมและไดโนแฟลกเจลเลต (Wongrat, 1999) โดยฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าซิลิเกตต่างกันประมาณ 3.8 เท่า (ใกล้เคียงกับความแตกต่างของความเค็ม) ซึ่งซิลิเกตจะมีที่มาจากกระบวนการกัดเซาะของหินและดินที่อยู่บริเวณโดยรอบชายฝั่ง (Hungspreugs, 1989)

และการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวยังสอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งคาดว่ามาจากเป็นแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มของไดอะตอมเป็นหลัก เนื่องจากมักพบการสะพรั่งอยู่บริเวณปากแม่น้ำอยู่เสมอ (Karthik *et al.*,2020) สำหรับแอมโมเนียมซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลเช่นเดียวกัน โดยแอมโมเนียมจะมีแหล่งกำเนิดมาจากน้ำทิ้งของชุมชน บ้านเรือน พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น (Tuntoollavest, 2004) ซึ่งจะพัดพาและปะปนมากับมวลน้ำในช่วงฤดูฝน ทั้งนี้แอมโมเนียมเป็นไนโตรเจน อนินทรีย์ละลายน้ำรูปแบบแรกที่แพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ได้โดยตรง ซึ่งการที่แอมโมเนียมสูง มักมีโอกาสพบการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชอยู่บ่อยครั้ง (Smith *et al*., 2014) นอกจากแอมโมเนียมจะมีแหล่งที่มาจากแผ่นดินแล้วยังเกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะแอโรบิก (aerobic condition) ทั้งนี้แอมโมเนียมจะไม่เป็นพิษถ้าระดับของความเป็นกรด-ด่างของอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม (Tuntoollavest, 2004) ในส่วนของไนไตรท์-ไนเตรท เป็นไนโตรเจนที่สำคัญอีกรูปหนึ่งที่มีแหล่งที่มาจากพื้นที่เกษตรกรรมในรูปของปุ๋ย โดยไนไตรท์-ไนเตรท จะมีความจำเป็นกับแพลงก์ตอนพืชโดยเฉพาะในกลุ่ม Chlorophyta ซึ่งมักจะพบในบริเวณพื้นที่ปากแม่น้ำ ทั้งนี้ปกติแล้วน้ำที่มาจากแม่น้ำจะมี ไนเตรท ปนอยู่ประมาณ 41 % (Jessen *et al*., 2015) ความเข้มข้นของไนไตรท์-ไนเตรท ในช่วงฤดูฝนมีความผันแปรค่อนข้างสูง ซึ่งเกิดจากการใช้ประโยชน์โดยรอบของอ่าวที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในด้านเกษตรกรรม (Tuntoollavest, 2004) ในส่วนของออร์โธฟอสเฟต ซึ่งเป็นสารอาหารที่สำคัญมากที่สุดในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช โดยเฉพาะในพื้นที่ทะเลเปิดหรือมหาสมุทร ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะมีแหล่งกำเนิดมาจากแผ่นดินเป็นหลักโดยปนมากับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบ้านเรือน-ชุมชน เช่น การซักล้าง (ผงซักฟอก) ไขมัน หรือน้ำมัน เป็นต้น จึงทำให้ฟอสฟอรัสกลายเป็นปัจจัยจำกัด (limiting factor) ในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช สำหรับพื้นที่อ่าวตราดพบความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในฤดูแล้ง และฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันอยู่ที่ 0.61±0.19 และ 0.54±0.07 µM ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ (eutrophic status) พบว่า ฟอสฟอรัสที่พบในอ่าวตราดมีค่าความอุดมสมบูรณ์ในระดับปานกลาง mesotrophic (Smith *et al*., 1999) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาทั้งสารอนินทรีย์ละลายน้ำในกลุ่มของไนโตรเจน และฟอสฟอรัสแสดงให้เห็นว่าอ่าวตราดมีความพร้อมที่จะทำให้แพลงก์ตอนพืชเกิดการสะพรั่งได้ โดยปริมาณสารอาหารที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชสามารถเปรียบเทียบเป็นสัดส่วนของ redfiled ratio (N:P) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 16:1

โดยเมื่อพิจารณาสัดส่วนของ N:P พบว่าในช่วงฤดูแล้ง และฤดูฝนมีสัดส่วนเท่ากับ 17.4 และ 45.7 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าในฤดูแล้งสัดส่วนของสารอาหารมีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชมากที่สุด (ใกล้เคียง 16) ส่วนในช่วงฤดูฝนสัดส่วนมีค่าสูงมากสะท้อนให้เห็นว่าฟอสฟอรัสในน้ำมีไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตหรือฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัด (P-limiting) อย่างไรก็ตามในช่วงฤดูฝนอาจมีแพลงก์ตอนบางกลุ่มที่สามารถใช้ สารอินทรีย์ละลายน้ำ (dissolved organic matter; DOM) ได้โดยตรงจึงส่งผลให้พบคลอโรฟิลล์-เอ สูงมากในช่วงเวลาดังกล่าว แม้ปริมาณฟอสฟอรัสจะไม่เพียงพอก็ตาม (Jessen *et al*., 2015) นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่า คลอโรฟิลล์-เอ มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงสารอาหาร ($p<0.05$) โดยเฉพาะไนโตรเจน

อนินทรีย์ละลายน้ำ (DIN) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Doering *et al.* (1995) ที่พบว่าไนโตรเจนเป็นปัจจัยหลักในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช

ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลพบว่า ความเค็มมีความแตกต่างตามฤดูกาลอย่างชัดเจน โดยในช่วงฤดูฝนมีความเค็มต่ำกว่าฤดูแล้งประมาณ 3 เท่า ความเค็มที่ลดลงในช่วงฤดูฝนแสดงถึงมวลน้ำจืดจากแผ่นดินที่สามารถพัดพานำสารอาหารต่าง ๆ เข้าสู่อ่าวตราด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนในช่วงฤดูฝนโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 17.59±8.64 µg/l ซึ่งเป็นค่าที่สูงมากและอยู่ในระดับ hypertrophic (Smith, 1999) อย่างไรก็ตามการที่ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ สูงในฤดูฝนไม่ได้ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งลักษณะดังกล่าวเนื่องมาจากปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงมาในช่วงฤดูฝนไม่ได้มีแต่สารอนินทรีย์ละลายน้ำเท่านั้น ยังมีสารอินทรีย์ที่ปะปนมาด้วย (U.S EPA, 2001) โดยสารอินทรีย์ดังกล่าวจะเข้าสู่กระบวนการย่อยสลายของแบคทีเรียทำให้ออกซิเจนที่ควรจะสูงในช่วงฤดูฝน กลับลดต่ำลงเพราะถูกใช้ในกระบวนการย่อยสลาย อย่างไรก็ตามปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่พบบริเวณอ่าวตราดทั้งสองฤดู ยังคงมีค่าที่สูงพอสำหรับการอยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต (PCD, 2006)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาวิจัยอิทธิพลของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะยูโทรฟิเคชั่นในบริเวณอ่าวตราด จังหวัดตราด ในปี 2560 แสดงให้เห็นว่าสภาวะยูโทรฟิเคชั่นบริเวณพื้นที่อ่าวตราดได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลอย่างชัดเจน โดยมีความเค็มของน้ำและสารอนินทรีย์ละลายน้ำซิลิเกต เป็นตัวบ่งชี้ฤดูกาล ทั้งนี้สภาวะคุณภาพน้ำทั่วไปในภาพรวมยังอยู่ในเกณฑ์ที่สิ่งมีชีวิตสามารถอาศัยอยู่ได้ โดยสามารถพิจารณาจากปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มากกว่า 4 mg/l สำหรับสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำที่สำคัญและส่งผลต่อสภาวะยูโทรฟิเคชั่น (eutrophication) ในอ่าวตราด ได้แก่ สารอนินทรีย์ละลายน้ำไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ซึ่งระดับความเข้มข้นที่พบมีความผันแปรไปตามฤดูกาล ทั้งนี้ฤดูฝนจะเป็นช่วงมีความเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะยูโทรฟิเคชั่นมากที่สุด โดยช่วงดังกล่าวจะมีสารอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำมากเกินพอสำหรับการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช และมีฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัด อย่างไรก็ตามหากพิจารณาเฉพาะปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ จะพบว่าเกินระดับของ ยูโทรฟิเคชั่นไปมาก (5 เท่า) จนเข้าสู่สภาวะ hypertrophic ซึ่งถือว่ามีความเสี่ยงสูงมากในการเกิดสภาวะเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ โดยเฉพาะการส่งผลทำให้ออกซิเจนละลายน้ำลดลงหรือเกิดสภาวะ hypoxia ดังนั้นผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงสะท้อนให้เห็นว่าสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำ และสภาวะยูโทรฟิเคชั่น มีความสอดคล้องกับฤดูกาล และจากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปสู่การพัฒนาหาแนวทางการเฝ้าระวังการเกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี**ในอ่าวตราด**เพื่อป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมทางน้ำและทรัพยากรของอ่าวตราดในอนาคตได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล ประจำปีงบประมาณ 2560 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 10/2560

เอกสารอ้างอิง

Department of Fisheries. (2016). *Fisheries Statistics of Thailand for the year 2016. No.12/2018*. Retrieved May 1, 2020, From https://www.fisheries.go.th/strategy-stat/themeWeb/books/2559/1/yearbook_2559.pdf. (in thai)

Doering P.H., Oviatt C. A., Nowicki B.L., Klos E.G.& L. W. (1995) Reed Phosphorus and Nitrogen Limitation of Primary Production in a Simulated Estuarine Gradient. *MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES*, *124,* 271-287 .

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

Helsinki Commission. (2009). *Eutrophication in the Baltic Sea*. Retrieved May 1, 2020, form https://helcom.fi/media/publications/BSEP115B-1.pdf.

Hungspreugs, M. (1989). *Chemical Oceanography*. Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)

Jayatilake S.M.D.P.A. (2013). *Nutrient loading and eutrophication of coastal waters of the South Asian Seas – a scoping study*. Retrieved May 1, 2020, form http://www.sacep.org/pdf/Scoping_study_on_Nutrient_loading_in_SAS_Region.pdf.

Jessen C., Bednarz V. N., Rix L., Teichberg M.& Wild C. (2015). *Marine Eutrophication*. Retrieved May 1, 2020, From https://www.researchgate.net/publication/271830085_Marine_Eutrophication.

Kan-atireklarp, S., Yuenyong, S., Meesub, B., Buranapratheprat, A. & Meesub, A. (2016). Fluxes of dissolved 429 inorganic nutrients and suspended sediment at the Trat River mouth, Trat Province in dry 430 and wet seasons in 2014. *Proceeding of the 5th Marine Science Conference*, 221-228. (in Thai)

Karthik R., Robin R.S., Anandavelu I., Purvaja R., Singh G., Mugilarasan M., Jayalakshmi T., Deepak S.I V. & Ramesh R. (2020). Diatom bloom in the Amba River, west coast of India: Anutrient-enriched tropical river-fed estuary. *Regional Studies in Marine Science 35*, 2020.

Meteorological Department of Thailand – TMD. (2017). *Monthly rainfall data; Trat station*. Bangkok, Thailand

Pollution Control Department - PCD. (2006). Marine pollution. Retrieved May 1, 2019, from http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water02.html#s4. (in Thai)

Pollution Control Department - PCD. (2015). Marine pollution. Retrieved May 1, 2019, from http://www.pcd.go.th/info_serv/water_marine.html. (in Thai)

Smith J.M., Chavez F.P. & Francis C. A. (2014). Ammonium Uptake by Phytoplankton Regulates Nitrification in the Sunlit Ocean. *PLOS ONE. 9*(9).

Smith V.H., Tilma G.D. & Nekola J.C. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution 100* (1999),179-196.

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

Tuntoollavest, M. (2004). *Chemicals and waste water* (2nd). Bankok: Chulalongkorn University (in Thai).

Tuntoolavest M. and Phornprapa P. (1995). *Water quality management and waste water treatment in fish pond and others aquatic animals*. Bangkok: Chulalongkorn University (in Thai)

U.S. Environmental Protection Agency-U.S. EPA. (2001*). Nutrient Criteria Technical Guidance Manual Estuarine and Coastal Marine Waters*. Retrieved May 1, 2020, from https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-10/documents/nutrient-criteria-manual-estuarine-coastal.pdf.

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

Yuenyong, S., Nimsuwan, N., Buranaprathepprat, A., Gunboa, V., Jintasaeranee, P., Thaipichitburapa, P & Suriyaphan, J. 2019. Water quality of the Bangpakong River during 2016 – 2018. *Burapha Science Journal*, *24*(1),138-155. (in Thai)