



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ปัจจัยของธาตุอาหารต่อมวลชีวภาพและประชาคมของอีพีไฟต์
ในแนวหญ้าทะเล อ่าวสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

Factor effecting of nutrient on biomass and epiphytic
community in seagrass bed, Sattahip bay, Chon Buri Province

ผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรย์วดี สุริยพันธุ์

ดร.จิตรา ตีระเมธี

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้

จากส่วนงาน (คณะวิทยาศาสตร์)

ประจำปี พ.ศ. ๒๕๖๒

มหาวิทยาลัยบูรพา

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ปัจจัยของธาตุอาหารต่อมวลชีวภาพและประชาคมของอีพีไฟต์
ในแนวหญ้าทะเล อ่าวสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

Factor effecting of nutrient on biomass and epiphytic
community in seagrass bed, Sattahip bay, Chon Buri Province

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จริยาวิดี สุริยพันธุ์
ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ผู้ร่วมวิจัย

ดร.จิตรา ตีระเมธี
สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากส่วนงาน
(คณะวิทยาศาสตร์) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๒ มหาวิทยาลัยบูรพา เลขที่สัญญา
SC ๑๒/๒๕๖๒

ผู้วิจัย

กรกฎาคม ๒๕๖๓

บทคัดย่อ

มวลชีวภาพและประชาคมของอิฟิไฟต์บนใบหญ้าทะเลชนิด *Halodule uninervis* อ่าวสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึง เดือนกรกฎาคม 2563 กำหนดแนวเก็บตัวอย่าง ทั้งหมด 3 แนว ครอบคลุมพื้นที่แนวหญ้าทะเลบริเวณระดับน้ำขึ้นสูงสุด น้ำขึ้นน้ำลง และน้ำลงต่ำสุด ครอบคลุมพื้นที่หน้าโรงพยาบาลอาภากรเกียรติวงศ์ แต่ละสถานีเก็บตัวอย่างหญ้าทะเลเป็นพื้นที่ 25x25 เซนติเมตร พบอิฟิไฟต์กลุ่มพืชใน 3 ดิวิชัน 6 ชั้น 16 อันดับ 21 วงศ์ 28 สกุล และ 3 กลุ่ม ได้แก่ ดิวิชัน Cyanophyta ดิวิชัน Chlorophyta และดิวิชัน Chromophyta อิฟิไฟต์กลุ่มสัตว์พบ 3 ไฟลัม 1 สกุล และ 7 กลุ่ม อิฟิไฟต์กลุ่มพืชที่พบเป็นกลุ่มเด่น คือ *Cocconeis*, *Pleurosigma*, *Nitzschia* และ pennate diatom ในดิวิชัน Chromophyta อิฟิไฟต์กลุ่มสัตว์ที่พบกลุ่มเด่น คือ *Tintinnopsis* และ unidentified protozoa 1 ในไฟลัม Protozoa มวลชีวภาพของอิฟิไฟต์เฉลี่ยตลอดการศึกษา มีค่า 3.65 ± 0.16 ถึง 6.96 ± 0.48 น้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักแห้งใบหญ้าทะเล สูงสุดในเดือนมีนาคม 2563 เมื่อวิเคราะห์ปัจจัยของธาตุอาหารที่มีผลต่อมวลชีวภาพของอิฟิไฟต์ พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำส่งผลต่อมวลชีวภาพของอิฟิไฟต์ในบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง และมวลชีวภาพของอิฟิไฟต์ยังส่งผลให้มวลชีวภาพของหญ้าทะเลลดลง

คำสำคัญ : อิฟิไฟต์, หญ้าทะเล, ธาตุอาหาร

Abstract

Study of biomass and epiphytic community on *Halodule uninervis* blade, Sattahip bay, Chon Buri Province was investigated during September 2019 to July 2020. A total of a stations along 3 transect lines were set at upper intertidal area, intertidal area and subtidal area in from Arpakorn Kiattiwong Hospital. At each station, collected the seagrass biomass by using 25 x 25 cm² quadrat. The results showed 3 division of phytoplankton and 3 phylum of zooplankton. The dominant group was *Cocconeis*, *Pleurosigma*, *Nitzschia* and pennate diatom in Division Chromophyta. The average of epiphyte biomass was between 3.65±0.16 - 6.96±0.48 g DW/g DW seagrass leave and showed highest in March, 2020. Epiphyte biomass was indicated by nutrient in water column. The phosphorus effect epiphyte load. Especially on upper intertidal area. Otherwise, the change in epiphyte were relate the decrease in seagrass biomass.

Keywords : .epiphytes, seagrass, nutrient

สารบัญ

	หน้า
หน้าปกใน	
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
- ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย	1
- วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
- ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	17
บทที่ 4 ผลการศึกษา	23
บทที่ 5 วิจัยรณผลการศึกษา และสรุปผลการศึกษา	39
บรรณานุกรม	41
ภาคผนวก	50

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2 - 1	ชนิดของอิพีไฟต์บนหญ้าทะเลที่มีการรายงานในประเทศไทย	5
2 - 2	ชนิดของหญ้าทะเลที่สำรวจพบในฝั่งอ่าวไทย ฝั่งทะเลอันดามัน	13
2 - 3	ชนิดของหญ้าทะเลที่สำรวจพบบริเวณอำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี	16
3 - 1	พิกัดพื้นที่ทำการศึกษาระยะบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี	18
4 - 1	ชนิดของอิพีไฟต์ที่พบบนใบหญ้าทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาล อภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563	24
4 - 2	มวลชีวภาพของอิพีไฟต์ที่พบบนใบหญ้าทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาล อภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563	26
4 - 3	มวลชีวภาพของหญ้าทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือน กรกฎาคม 2563	27
4 - 4	ค่าพีเอชในน้ำทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือน กรกฎาคม 2563	27
4 - 5	ความเค็มของน้ำทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือน กรกฎาคม 2563	28
4 - 6	อุณหภูมิของน้ำทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือน กรกฎาคม 2563	29

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4 - 7	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาล อภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563	29
4 - 8	ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาล อภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563	30
4 - 9	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากร- เกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึง เดือนกรกฎาคม 2563	31
4 - 10	ปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากร- เกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึง เดือนกรกฎาคม 2563	31
4 - 11	ปริมาณไนโตรเจนในน้ำทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือน กรกฎาคม 2563	32
4 - 12	ปริมาณไนเตรทในน้ำทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือน กรกฎาคม 2563	33
4 - 13	ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากร- เกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึง เดือนกรกฎาคม 2563	33
4 - 14	ปริมาณน้ำในดินบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ อำเภอ สัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563	34
4 - 15	ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากร เกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึง เดือนกรกฎาคม 2563	35

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4 - 16	ปริมาณแอมโมเนียรวมในดินบริเวณหน้าโรงพยาบาลอากาศ- เกียรติวงศ์ อำเภอสีตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึง เดือนกรกฎาคม 2563	35
4 - 17	ปริมาณไนโตรเจนในดินบริเวณหน้าโรงพยาบาลอากาศเกียรติวงศ์ อำเภอสีตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือน กรกฎาคม 2563	36
4 - 18	ปริมาณไนเตรทในดินบริเวณหน้าโรงพยาบาลอากาศเกียรติวงศ์ อำเภอสีตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือน กรกฎาคม 2563	37
4 - 19	ปริมาณฟอสฟอรัสในดินบริเวณหน้าโรงพยาบาลอากาศเกียรติวงศ์ อำเภอสีตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือน กรกฎาคม 2563	37
4 - 20	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอาหารและมวลชีวภาพของ อีพีไฟต์บนใบหญ้าทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอากาศเกียรติวงศ์ อำเภอสีตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือน กรกฎาคม 2563	38
ตารางภาคผนวกที่		
2 - 1	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนีย	55
2 - 2	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรท	57
2 - 3	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรท	59
2 - 4	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส	62

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2 - 1	ลักษณะของอิพิไฟต์บนใบหญ้าทะเล	3
2 - 2	วัฏจักรไนโตรเจนในน้ำ	9
2 - 3	ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์ (% CO ₂) ไบคาร์บอเนต (HCO ₃ ⁻) และคาร์บอเนต (CO ₃ ²⁻) ในน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงของพีเอช (pH)	10
3 - 1	พื้นที่ทำการศึกษابริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี	17
ภาพภาคผนวกที่		
1 - 1	ชนิดของอิพิไฟต์ที่พบบนใบหญ้าทะเล	51
1 - 2	ลักษณะการเกาะติดของอิพิไฟต์บนใบหญ้าทะเล	53

บทที่ 1

บทนำ

หญ้าทะเลเป็นผู้ผลิตเบื้องต้นบริเวณชายฝั่งทะเล ถือเป็นระบบนิเวศที่มีความอุดมสมบูรณ์มากที่สุดระบบหนึ่ง และมีโครงสร้างที่สลับซับซ้อน (จิตติมา นิยมศิลป์ชัย และคณะ, 2553) เหมาะที่จะเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย หลบภัย และแหล่งหาอาหารของสัตว์น้ำ แนวหญ้าทะเลจึงมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง เช่น พะยูน เต่า สาหร่าย แบคทีเรีย แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอื่น ๆ

อีพีไฟต์เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กเป็นได้ทั้งพืชและสัตว์อาศัยเกาะติดอยู่บนพืช โดยเฉพาะบนใบของหญ้าทะเล (Borowitzka & Lethbridge, 1989) อีพีไฟต์ที่พบบนใบหญ้าทะเล ได้แก่ แบคทีเรีย สาหร่าย แพลงก์ตอน และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็ก อีพีไฟต์เป็นตัวที่ทำให้เกิดการกระจายของห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศ ถ้ามีการแพร่กระจายของอีพีไฟต์มากเกินไปจะส่งผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงของหญ้าทะเลลดลง (Tomasko & Dawes, 1989) ปัจจัยที่ส่งผลต่อการแพร่กระจายของอีพีไฟต์ คือ พื้นที่ของใบหญ้าทะเล อายุของใบหญ้าทะเล และปัจจัยทางเคมีและกายภาพของสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความลึก แสง และสารอาหาร โดยสารอาหารในแนวหญ้าทะเลจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนรูปจากอีพีไฟต์ก่อน หญ้าทะเลจึงสามารถนำไปใช้ได้โดยการดูดซับสารอาหารทางลำต้นใต้ดิน ราก และใบ (Frankovich & Fourqurean, 1997)

อย่างไรก็ตามปริมาณสารอาหารด้วยสภาพอากาศ ผลกระทบที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ การเกิด eutrophication และการทำประมงเกินขนาด (overfishing) เป็นปัจจัยที่ทำให้หญ้าทะเลลดลง สารอาหารที่มากเกินไปจะกระตุ้นให้เกิดสิ่งมีชีวิตเกาะติดบนใบของหญ้าทะเลมากกว่าปกติ ทำให้การสังเคราะห์แสงของหญ้าทะเลลดลง (Duarte, 2002) ซึ่งการติดตามการเปลี่ยนแปลงประชาคมของอีพีไฟต์ตลอดฤดูกาล และปัจจัยของธาตุอาหารที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของประชาคมอีพีไฟต์ ยังไม่มีการรายงานในประเทศไทย และในพื้นที่อ่าวสหัสขันธ์ ซึ่งบริเวณชายฝั่งมักเกิดสภาวะยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) อย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพและประชาคมของอีพีไฟต์ในแนวหญ้าทะเลตลอดทั้งฤดูกาล ร่วมกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอาหารที่เกิดขึ้นในรอบปี เพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดการเปลี่ยนแปลงของแนวหญ้าทะเลต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงชนิดและมวลชีวภาพประชาคมของอิฟิไฟต์ในแนวหญ้าทะเลตลอดฤดูกาล
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอาหารกับมวลชีวภาพ และการเปลี่ยนแปลงของประชาคมอิฟิไฟต์ ในรอบปี

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบชนิดและมวลชีวภาพของอิฟิไฟต์บนใบหญ้าทะเล
2. ทราบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารกับมวลชีวภาพของอิฟิไฟต์บนหญ้าทะเล

ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาอิฟิไฟต์บนใบหญ้าทะเลตลอดทั้งปี โดยสุ่มเก็บตัวอย่างหญ้าทะเลในแนวหญ้าทะเลบริเวณพื้นที่หน้าโรงพยาบาลอากาศรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2563 เก็บตัวอย่างทุกเดือน เดือนละ 1 ครั้ง กำหนดพื้นที่การศึกษาตามระดับความลึกของน้ำแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ น้ำชั้นสูงสุด น้ำชั้นน้ำลง และน้ำลงต่ำสุด ซึ่งครอบคลุมการแพร่กระจายของหญ้าทะเลในพื้นที่ แต่ละส่วนแบ่งเป็น 3 สถานี รวมเป็น 9 สถานี ขนาดพื้นที่ 50x50 เซนติเมตร สถานีละ 2 ซ้ำ รักษาตัวอย่างด้วยบัฟเฟอร์ฟอร์มาลิน 10 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำตัวอย่างมาวิเคราะห์อิฟิไฟต์ในห้องปฏิบัติการ โดยนำใบหญ้าทะเลมาปิดด้วยแปรงขนอ่อน เพื่อให้อิฟิไฟต์หลุดออก จำแนกชนิดตามวิธีของลัดดา วงศ์รัตน์ (2543) และนับจำนวนของอิฟิไฟต์ตามวิธีของลัดดา วงศ์รัตน์ และโสภณา บุญญาภิวัฒน์ (2546) วิเคราะห์มวลชีวภาพของหญ้าทะเลและปริมาณธาตุอาหารในน้ำทะเลและดินตะกอน ได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสฟอรัส รวมทั้งปัจจัยทางกายภาพอื่น ๆ ได้แก่ ความเค็ม ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ พีเอชน้ำ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

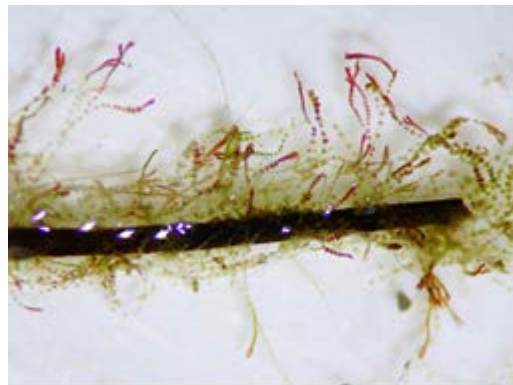
1. อีพิไฟต์ (epiphytes)

1.1 คำนิยาม

Turner (1982) ได้ให้ความหมายของคำว่า อีพิไฟต์ คือ epi- แปลว่า บน และ -phyte แปลว่า พืช ซึ่งต่อมาได้มีคำนิยามที่แตกต่างกันออกไป โดย

Frankovich & Zieman (1994) ได้ให้ความหมายของคำว่า อีพิไฟต์ คือ สัตว์หรือพืชที่อาศัยอยู่บนพืช อีพิไฟต์ของหญ้าทะเล ได้แก่ สาหร่ายทะเลขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ แบคทีเรีย เชื้อรา ฟองน้ำ ไบรโอซัว ยูโรคอร์ดาตา โปรโตซัว ไฮดรอยด์ กุ้ง และหอย เป็นต้น

English, et al. (1997) และ Kurilenko, et al. (2001) ได้ให้ความหมายของคำว่า อีพิไฟต์ คือ พืชที่ยึดเกาะพืชอื่น เช่น แพลงก์ตอน หรือสาหร่าย ซึ่งสาหร่ายจัดเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่อุดมสมบูรณ์และมีความหลากหลายมากที่สุดที่พบบนใบหญ้าทะเล (ภาพที่ 2 - 1)



ภาพที่ 2 - 1 ลักษณะของอีพิไฟต์บนใบหญ้าทะเล

ที่มา: จริยวดี สุริยพันธุ์ (2558)

อีพิไฟต์มีความสำคัญต่อการผลิตขั้นต้นของระบบนิเวศ และเป็นอาหารที่อยู่ภายในแนวหญ้าทะเล (Larkum et al., 2006) นอกจากนี้อีพิไฟต์ยังมีบทบาทต่อการตรึงไนโตรเจนและการหมุนเวียนสารอาหาร โดยเฉพาะสารอาหารกลุ่มไนโตรเจนจากการตรึงของไซยาโนแบคทีเรีย (Welsh, 2000) และให้ไนโตรเจน 4 - 38 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตขั้นต้น (Capone & Taylor, 1977) และไนโตรเจนจะถูกปล่อยเพื่อดูดซึมโดยหญ้าทะเล (Yamamuro, 1999) โดยประชาคมสิ่งมีชีวิตที่ปกคลุมใบหญ้าทะเลสามารถลดอัตราการสังเคราะห์แสงของหญ้าทะเล ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าทะเลได้ (Dennison & Alberte, 1982; Tomasko & Dawes, 1989; Cebrian, et al., 1999)

และยังส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์มีกระดูกสันหลังขนาดเล็กที่อาศัยบนใบหญ้าทะเล (Hall & Bell, 1993) สัตว์บางชนิดอาศัยอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของหญ้าทะเล เช่น บริเวณใบ หรือแม้กระทั่งรากหรือเหง้าที่อยู่ใต้ดิน บางชนิดฝังตัวอยู่ตามพื้น และบางชนิดก็เคลื่อนที่หรือว่ายน้ำอยู่ในแหล่งหญ้าทะเล สิ่งมีชีวิตกลุ่มต่าง ๆ เหล่านี้ คือ ปลา กุ้ง และปู จะเป็นกลุ่มที่ค่อนข้างมีความสำคัญ เนื่องจากเป็นกลุ่มสัตว์ทะเลที่มีบทบาทในทางเศรษฐกิจการประมงซึ่งเป็นแหล่งรายได้ และเป็นแหล่งอาหารของมนุษย์ (วรรณ กิ่งกาญจน์, 2543)

1.2 กลุ่มของอฟีไฟต์ที่พบในแนวหญ้าทะเล

สิ่งมีชีวิตที่มักพบเป็นอฟีไฟต์บนใบหญ้าทะเล ดังตารางที่ 2 - 1 มีหลายกลุ่ม ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ดังนี้

1.2.1 แบคทีเรีย ฟังไจ และโพรโตซัว แบคทีเรียจะยึดเกาะกับพื้นผิวของใบหญ้าทะเล โดยความหนาแน่นของแบคทีเรียบนใบหญ้าทะเลใบอ่อนจะน้อยกว่าใบแก่ ความหนาแน่นของแบคทีเรียที่พบจะมากที่สุดที่ปลายใบ (Kurilenko et al., 2001)

1.2.2 สาหร่าย เป็นกลุ่มอฟีไฟต์ที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว อุดมสมบูรณ์และพบมากที่สุดใหญ้าทะเลมีตั้งแต่ไดอะตอมเซลล์เดี่ยว และไดโนแฟลกเจลเลต (Mazzella, 1999) ไปจนถึงสาหร่ายขนาดใหญ่ พบความหลากหลายและมวลชีวภาพของสาหร่ายบนใบแก่บริเวณปลายใบมากที่สุด (Uku & Bjoerk, 2001)

1.2.3 สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง อยู่ปลายส่วนล่างของใบและลำต้นหญ้าทะเลไม่มีแนวโน้มการกระจายไปตามใบ เช่น ไบรโอซัว ไฮดรอยด์

ตารางที่ 2 - 1 ชนิดของอปีไฟต์บนหญ้าทะเลที่มีการรายงานในประเทศไทย

Division/Phylum	Class	Order	Genus/Group	รัฐติมาและ	สุซาดาและ		
				คณะ	จரியาวดี		
				(2553)	(2555)		
Cyanophyta	Cyanophyceae	Chroococcales	<i>Merismopedia</i>	-	x		
		Nostocales	<i>Oscillatoria</i>	-	x		
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	<i>Scenedesmus</i>	-	x		
		Zygnematales	<i>Spirogyra</i>	-	x		
	Euglenophyceae	Euglenales	<i>Euglena</i>	-	x		
Chromophyta	Bacillariophyceae	Biddulphiales	<i>Cyclotella</i>	x	x		
			<i>Coscinodiscus</i>	-	x		
			<i>Arachnoidiscus</i>	-	x		
					<i>Bacteriastrum</i>	-	x
			Bacillariales	<i>pennate diatom</i>	-	x	
				<i>Licmophora</i>	x	x	
				<i>Striatella</i>	x	x	
				<i>Navicula</i>	x	x	
				<i>Pleurosigma</i>	x	x	
				<i>Diploneis</i>	x	x	
				<i>Pseudonitzschia</i>	x	x	
				<i>Nitzschia</i>	x	x	
Protozoa			Protozoa	-	x		
	Sarcodina	Foraminiferida	Foraminifera	-	x		
	Ciliata	Tintinnida	<i>Tintinnopsis</i>	-	x		

1.3 ประโยชน์ของอปีไฟต์บนใบหญ้าทะเล

อปีไฟต์ที่พบคือคลาน และเกาะอยู่บนใบหญ้าทะเล มีประโยชน์หลายประการ คือ

1.3.1 เป็นอาหารของสัตว์ทะเล Kikuchi & Peres (1973) รายงานว่าความหนาแน่น และความสมบูรณ์ของอปีไฟต์เป็นลักษณะเฉพาะ ซึ่งมีความสำคัญต่อระบบนิเวศในแนวหญ้าทะเล โดย Kikuchi (1980) ได้จำแนกสัตว์ในแนวหญ้าทะเลเป็น 4 กลุ่ม คือ สัตว์ที่กินเฉพาะใบหญ้าทะเล สัตว์ที่กินเฉพาะอปีไฟต์ สัตว์ที่กินหญ้าทะเลและอปีไฟต์ และสัตว์ที่ได้รับสารอาหารในแนวหญ้าทะเล Morgan & Kitting (1984) รายงานว่า สังคมของอปีไฟต์บนใบหญ้าทะเล *Halodule wrightii* มีผลผลิตเบื้องต้นประมาณ 48 – 56 เปอร์เซ็นต์ อปีไฟต์จัดเป็นผู้ผลิตเบื้องต้นทั้งหมดในบริเวณแนวหญ้าทะเล (Cambridge & Hocking, 1997) โดยเฉพาะอปีไฟต์ที่เป็นสาหร่ายขนาดใหญ่ จะทำให้มวลชีวภาพในแนวหญ้าทะเลเพิ่มขึ้น (Paling & McComb, 2000)

1.3.2 เป็นแหล่งแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO₃) ที่สำคัญ อีฟิไฟต์โดยเฉพาะกลุ่มของสาหร่ายสีแดงจะมีโครงสร้างที่มีหินปูนเป็นองค์ประกอบ (Land, 1971) ซึ่ง CaCO₃ จะเป็นแหล่งให้แคลเซียมคาร์บอเนต ไบคาร์บอเนตในแนวหญ้าทะเล ซึ่งหญ้าทะเลจะดูดซับไบคาร์บอเนตเข้าไปในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Millhouse & Strother, 1986) และส่งผลการเจริญเติบโต (Bramwell & Woelkerling, 1984)

1.3.3 กระบวนการตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation) Lee & Dunton (1999) รายงานว่า อีฟิไฟต์บริเวณแนวหญ้าทะเลจะมีกระบวนการตรึงไนโตรเจนโดยเฉพาะกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบนใบหญ้าทะเล *Thalassia testudium*, *Syringodium filiforme*, *Halodule wrightii* และ *Ruppia maritima* บริเวณ Redfish Bay รัฐเท็กซัส ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าหญ้าทะเลสามารถตรึงไนโตรเจนในอัตรา 2.4 - 16.5 ไมโครกรัมไนโตรเจน/มิลลิกรัมไนโตรเจนหญ้าทะเล/ชั่วโมงในช่วงเวลาที่มีแสง (Goering & Parker, 1972) นอกจากนี้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินยังผลิตรงควัตถุไฟโคอีรีทริน (Phycocerythrin) ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนากระบวนการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเล

1.3.4 เป็นดัชนีสภาพแวดล้อม อีฟิไฟต์ใช้เป็นดัชนีในการบ่งชี้สภาพแวดล้อมได้ โดยการศึกษาจากชนิด และจำนวนของสาหร่ายที่เป็นอีฟิไฟต์ (May, 1982; May et al., 1978) เนื่องจากอีฟิไฟต์มีการเจริญ และแพร่กระจายขึ้นกับสภาพแวดล้อม จากการศึกษา Neverauskas (1987) พบว่า แนวหญ้าทะเลเป็นบริเวณที่มีความเหมาะสมมากในการเจริญเติบโตของอีฟิไฟต์ ซึ่งโครงสร้างและความซับซ้อนของแนวหญ้าทะเล รวมถึงอีฟิไฟต์ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตมีความหลากหลายและอุดมสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น (Humm, 1964; Ballantine & Humm, 1975; Sullivan, 1979; Thursby & Davis, 1984)

1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอีฟิไฟต์และหญ้าทะเล

หญ้าทะเล เป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีความต้องการอาหารสูง โดยใช้รากดูดซึมสารอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตแล้วส่งผ่านออกทางใบ (McRoy et al., 1972) โดยมีทั้งคาร์บอนและไนโตรเจนที่ส่งผ่านไปยังอีฟิไฟต์ซึ่งอยู่ในรูปไบคาร์บอเนต (HCO₃⁻) ไนเตรท (NO₃⁻) แอมโมเนีย (NH₄⁺) และยูเรีย ((NH₂)₂CO) ถ้าหญ้าทะเลมีการเจริญเติบโตในบริเวณที่มีสารอินทรีย์ต่ำ จะพบอีฟิไฟต์พวกสาหร่าย ซึ่งจะช่วยตรึงไนโตรเจนให้แก่หญ้าทะเล (Goering & Parker, 1972; McRoy & Goering, 1974) แต่ปริมาณอีฟิไฟต์บนใบหญ้าทะเลจะส่งผลในการแลกเปลี่ยนก๊าซ และสารอาหารลดลง และมีผลต่อความเข้มแสงที่ผ่านลงสู่ใบหญ้าทะเล รวมทั้งอีฟิไฟต์กลุ่มสาหร่ายสีแดงที่มีหินปูนเป็นองค์ประกอบ และสาหร่ายพวกที่เป็นเส้นสาย จะทำให้ใบหญ้าทะเลเปราะ ขาดความยืดหยุ่น ฉีกขาดจากต้นง่าย (Borowitzka & Lethbridge, 1989)

1.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของอิพิไฟต์บนหญ้าทะเล

จำนวนชนิด และปริมาณของอิพิไฟต์บนใบหญ้าทะเลขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ คือ

1.5.1 อายุของส่วนต่าง ๆ บนใบหญ้าทะเล โดยโคนใบจะเป็นส่วนที่มีอายุน้อยที่สุด และปลายใบจะเป็นส่วนที่มีอายุมาก Borowitzka et al. (1990) ได้ศึกษาจำนวนชนิดการแพร่กระจายและลักษณะโคโลนีของสาหร่าย และสัตว์ที่เป็นอิพิไฟต์บนหญ้าทะเล *Amphibolis griffithii* พบว่า บริเวณปลายใบของหญ้าทะเลมีความหนาแน่นของสาหร่ายสูงสุด เช่นเดียวกับการแพร่กระจายของไฮโดรซัว (Nishihira, 1968) แต่สำหรับกลุ่ม Harpacticoid copepod ที่เคลื่อนที่ได้มีการแพร่กระจายที่ไม่สอดคล้องกับอายุของหญ้าทะเล (Webb, 1990)

1.5.2 ชนิดของหญ้าทะเล ซึ่งหญ้าทะเลแต่ละชนิดมีช่วงอายุใบที่แตกต่างกัน จึงทำให้ปริมาณอิพิไฟต์แตกต่างกันไป Brauner (1975) พบว่า สาหร่ายที่เป็นอิพิไฟต์บน *Zostera marina* จะมีปริมาณน้อยกว่าบน *Posidonia* spp. และ *Amphibolis* spp. เนื่องจาก *Z. marina* มีอายุใบสั้นกว่า *Posidonia* spp. และ *Amphibolis* spp.

ชัชรี สุพันธุ์วณิช (2537) ได้ทำการศึกษาอิพิไฟต์บนใบหญ้าทะเลชนิด *E. acoroides* บริเวณแหลมหยงหล้า อุทยานแห่งชาติเจ้าไหม จังหวัดตรัง ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ.2536 พบสิ่งมีชีวิตที่เป็นอิพิไฟต์ทั้งสิ้น 13 กลุ่ม ได้แก่ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีแดงที่เป็นเส้นสาย สาหร่ายสีแดงที่มีหินปูนเป็นองค์ประกอบ ไดอะตอม โปรโตซัวกลุ่มทินทินนอปซิส โปรโตซัวกลุ่มฟอแรมมินิเฟอราน ไบรโอซัว ไฮโดรซัว นิมาโทด โคฟีพอด หนอนตัวแบน โพลีคีต และหอย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- อิพิไฟต์กลุ่มที่พบตลอดปีบนใบหญ้าทะเล *E. acoroides* ได้แก่ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีแดงที่เป็นเส้นสาย ไดอะตอม โปรโตซัวกลุ่มทินทินนอปซิส โปรโตซัวกลุ่มฟอแรมมินิเฟอราน ไฮโดรซัว นิมาโทด และโคฟีพอด แต่ความชุกชุมของอิพิไฟต์แต่ละกลุ่มมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ซึ่งแตกต่างกันไป โดยสาหร่ายจะมีความชุกชุมในช่วงฤดูร้อน โดยเฉพาะเดือนเมษายน โปรโตซัวกลุ่มทินทินนอปซิส และโปรโตซัวกลุ่มฟอแรมมินิเฟอราน มีความชุกชุมในเดือนพฤษภาคม ไฮโดรซัวมีความชุกชุมในเดือนพฤษภาคม มิถุนายน สิงหาคม และพฤศจิกายน นิมาโทดมีความชุกชุมในเดือนกุมภาพันธ์ และโคฟีพอดมีความชุกชุมในเดือนกุมภาพันธ์

- อิพิไฟต์กลุ่มที่ไม่พบตลอดทั้งปีบนใบหญ้าทะเลชนิด *E. acoroides* ได้แก่ สาหร่ายสีแดงที่มีหินปูนเป็นองค์ประกอบ พบในเดือนมกราคม มิถุนายน และสิงหาคมถึงธันวาคม ไบรโอซัวพบในเดือนมกราคม พฤษภาคม มิถุนายน และสิงหาคมถึงธันวาคม ไม่พบหนอนตัวแบนในเดือนพฤษภาคม และตุลาคม ไม่พบโพลีคีตเดือนพฤษภาคม และหอย 2 ฝา พบในเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน

- อีพีไฟต์บนใบหญ้าทะเลชนิด *E. acoroides* กลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีแดงที่เป็นเส้นสาย สาหร่ายสีแดงที่มีหินปูนเป็นองค์ประกอบ ไดอะตอม โปรโตซัวกลุ่มหินหินนอปซิส โปรโตซัวกลุ่มฟอแรมมินิเฟอราน และไฮโดรซัว มีความชุกชุมบนใบหญ้าที่มีอายุระหว่างใบอ่อน และใบแก่ อีพีไฟต์กลุ่มไบรโอซัว นิมาโทด และโคพีพอด มีความชุกชุมบนใบต่าง ๆ ไม่แน่นอน

- อีพีไฟต์ที่มีจำนวนสูงสุดบนใบหญ้าทะเล *E. acoroides* คือ ไดอะตอม ซึ่งมีความชุกชุมสูงสุดในเดือนเมษายน และต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม ซึ่งเท่ากับ $5,826,525.0 \pm 221,691.4$ และ $1,606,905.0 \pm 159,513.9$ เซลล์ต่อหญ้าทะเล 1 ต้น ตามลำดับ นิมาโทดเป็นอีพีไฟต์ที่เคลื่อนที่ได้ด้วยตัวเองที่มีจำนวนสูงสุด มีความชุกชุมสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ และต่ำสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 33.35 ± 1.47 และ 13.25 ± 0.44 ตัวต่อหญ้าทะเล 1 ต้น ตามลำดับ โปรโตซัวกลุ่มฟอแรมมินิเฟอรานเป็นอีพีไฟต์ที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ที่มีจำนวนสูงสุด มีความชุกชุมสูงสุดในเดือนพฤษภาคม และต่ำสุดในเดือนมกราคม เท่ากับ $4,290.10 \pm 171.88$ และ 184.70 ± 14.90 เซลล์ต่อหญ้าทะเล 1 ต้น ตามลำดับ

- จำนวนสาหร่าย และสัตว์ที่เป็นอีพีไฟต์บนใบหญ้าทะเล *E. acoroides* บริเวณแหลมหยงหล้า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยอีพีไฟต์ที่เป็นสัตว์จะกินสาหร่าย และไดอะตอมเป็นอาหาร

1.6 สารอาหารต่อมวลชีวภาพและการแพร่กระจายของอีพีไฟต์

การกระจายตัวและความอุดมสมบูรณ์ของอีพีไฟต์ได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย ได้แก่ แสง อุณหภูมิ กระแสน้ำ สารอาหาร การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ตลอดจนการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้ล่า (Larkum et al., 2006) จากการศึกษาของ Frankovich & Fourqurean (1997) รายงานว่าปริมาณของอีพีไฟต์แปรผันตามปริมาณสารอาหารโดยสารอาหารหลักที่ส่งผลได้ชัดเจน คือ ฟอสฟอรัส จากการศึกษาจึงแสดงให้เห็นว่าสารอาหารต่าง ๆ เป็นปัจจัยสำคัญต่อความอุดมสมบูรณ์ของอีพีไฟต์ ดังนี้

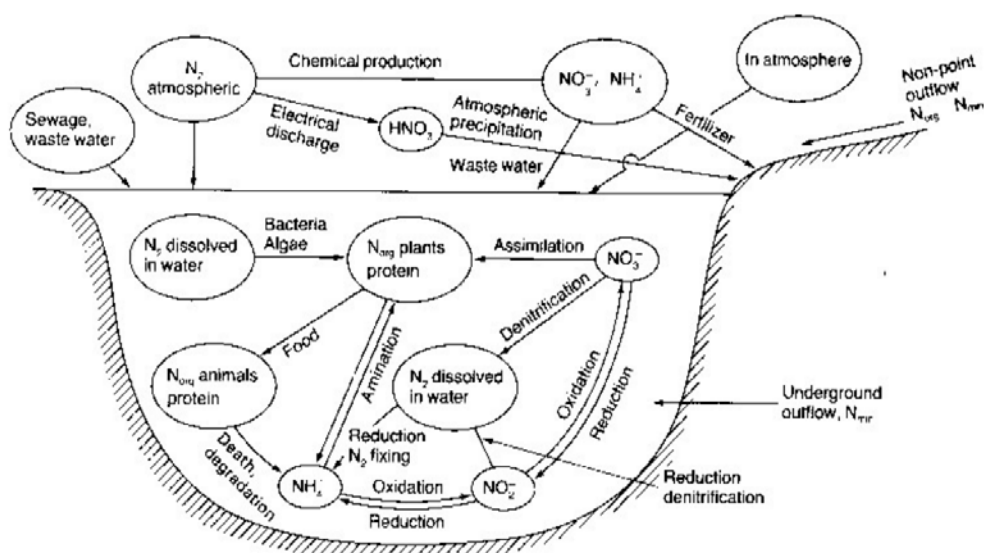
1.6.1 ไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ แบ่งออกเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน ได้แก่ ก๊าซไนโตรเจน (N_2) แอมโมเนีย (NH_4^+) ไนไตรท์ (NO_2^-) ไนเตรท (NO_3^-) เป็นต้น และอินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ ได้แก่ กรดอะมิโน ยูเรีย เป็นต้น (โชคชัย เหลืองธวัชปราวณิต, 2554) ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และวิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธีศักดิ์ (2540) ได้กล่าวถึงปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรไนโตรเจนดังนี้ (ภาพที่ 2 - 2)

- ไนโตรเจนฟิกเซชัน (nitrogen fixation) คือ ปฏิกิริยาการตรึงไนโตรเจนจากอากาศโดยสิ่งมีชีวิต ได้แก่แบคทีเรีย ไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) เชื้อราบางชนิด และพืชน้ำเป็นต้น โดยปฏิกิริยาไนโตรเจนจากบรรยากาศจะถูกตรึงโดยพวกจุลินทรีย์ได้เป็นแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ซึ่งเป็นประโยชน์แก่พืชน้ำและแพลงก์ตอนพืชต่อไป

- แอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) คือ ปฏิกิริยาทางเคมีที่จะย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนให้เป็นแอมโมเนีย สารอินทรีย์ไนโตรเจน ได้แก่ สิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว สารประกอบโปรตีน กรดอะมิโน จะถูกย่อยโดยแอมโมนิฟายอิงแบคทีเรีย ได้เป็นแอมโมเนีย ซึ่งแอมโมเนียที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งพืชจะนำไปใช้สร้างกรดอะมิโน และอีกส่วนจะถูกแบคทีเรียย่อยสลายต่อไปเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน เช่น ไนไตรท์ ไนเตรท

- ไนตริฟิเคชัน (nitrification) คือ ปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่จะย่อยสลายแอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์และไนเตรท โดยไนตริฟายอิงแบคทีเรีย

- ดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) คือ ปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่จะเปลี่ยนไนเตรทให้เป็นไนไตรท์และจากไนไตรท์ให้เป็นก๊าซไนโตรเจน โดยแบคทีเรียดีไนตริฟายอิงแบคทีเรียในสภาวะที่ไร้ออกซิเจน

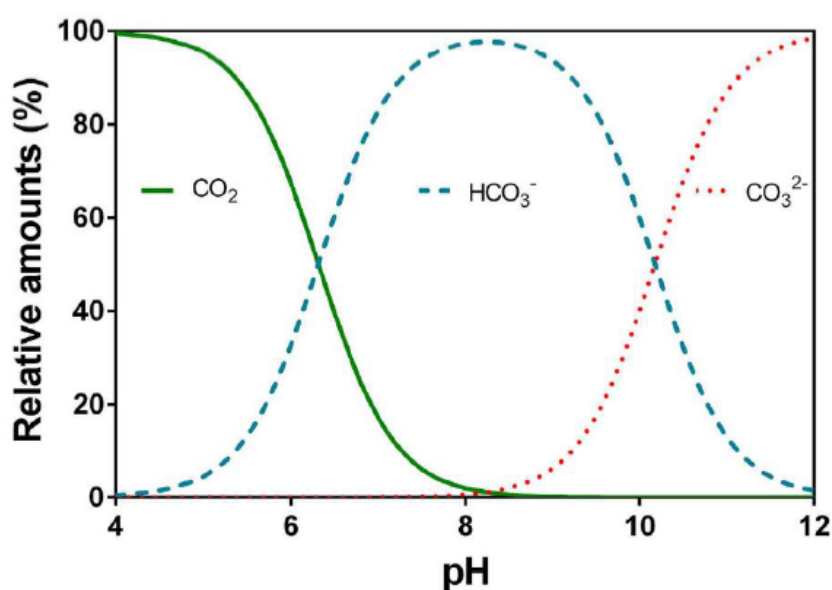
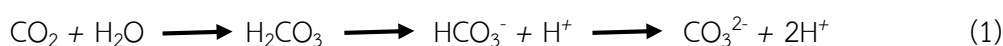


ภาพที่ 2 - 2 วัฏจักรไนโตรเจนในน้ำ

ที่มา: Funge-Smith and Briggs (1998)

1.6.2 ฟอสฟอรัส มีความสำคัญมากในการเผาผลาญอาหารของพืช พืชโดยทั่วไปจะมีกิจกรรม phosphor monoesterase คือ กิจกรรมกรดและเบส phosphates (PAs) ซึ่ง PA เป็นกิจกรรมเพิ่มความสามารถของพืชที่จะนำฟอสฟอรัสมาใช้ประโยชน์ ฟอสฟอรัสในระบบนิเวศมีปริมาณที่จำกัดส่งผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืช ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำจะอยู่ในรูป PO_4^{3-} และฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำส่วนใหญ่มีความเข้มข้นต่ำโดยเฉพาะแนวห้วยน้ำทะเลที่มีดินตะกอนที่มีคาร์บอนตเป็นองค์ประกอบ เพราะฟอสฟอรัสจะจับกับแคลเซียมในดิน ฟอสฟอรัสถูกดูดซึมด้วยพืช เช่น แพลงก์ตอนพืช สาหร่าย

1.6.3 คาร์บอน เป็นปัจจัยสำคัญในการสังเคราะห์แสงและเป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อโครงสร้างและกระบวนการเมแทบอลิซึม นอกจากนี้การแพร่ผ่านของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเลมีค่าต่ำกว่าในอากาศถึง 10,000 เท่า จึงเป็นข้อจำกัดในการนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ ปัจจัยที่ทำให้ปฏิกิริยามีการเปลี่ยนแปลงจนเกิดสมดุลขึ้นกับ pH ความเค็มของน้ำทะเลและอุณหภูมิ ดังภาพที่ 2 - 2 ปฏิกิริยาที่เกิดจากคาร์บอนไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับน้ำดังนี้ (สมการที่ 1)



ภาพที่ 2 - 2 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนไดออกไซด์ (% CO₂) ไบคาร์บอเนต (HCO₃⁻) และคาร์บอเนต (CO₃²⁻) ในน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงของพีเอช (pH)

ที่มา: Pedersen et al., 2013

McRoy & Goring (1974) รายงานว่า *H. wrightii* ที่เจริญในแหล่งน้ำที่มีสารอาหารต่ำ จะพบอวัยวะที่เป็นสาหร่าย เมื่อความเค็มของน้ำทะเลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโต และการพัฒนาของหญ้าทะเล และอวัยวะลดลง และยังมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ความลึก ปริมาณแสง ฟอสเฟต และไนโตรเจน

สุชาติา โห้ชะ และจรรย์วดี สุริยพันธุ์ (2557) รายงานประชาคมสิ่งมีชีวิตเกาะติดขนาดเล็กบนใบหญ้าทะเล *H. uninervis* บริเวณอ่าวสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน 2555 พบสิ่งมีชีวิตเกาะติดบนใบหญ้าทะเลในกลุ่มพืชพบ 3 ดิวิชัน 4 ชั้น 7 อันดับ 16 สกุล

และ 5 กลุ่ม ได้แก่ Division Cyanophyta, Division Chlorophyta และ Division Chromophyta กลุ่มสัตว์ 1 ไฟลัม 2 ชั้น 2 อันดับ 2 สกุล และ 4 กลุ่ม ได้แก่ Phylum Protozoa

ฐิติมา นิยมศิลป์ชัย และคณะ (2552) ทำการศึกษาสิ่งมีชีวิตเกาะติดกลุ่มไดอะตอมบนหญ้าทะเล *C. rotundata* และ *T. hemprichii* บริเวณบ้านป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต ระหว่างเดือนตุลาคม 2549 ถึงเดือนมีนาคม 2550 *C. rotundata* พบอิฟิไฟติกไดอะตอม 59 ชนิด 31 สกุล และ *T. hemprichii* พบอิฟิไฟติกไดอะตอม 57 ชนิด 31 สกุล อิฟิไฟติกไดอะตอมที่พบบ่อยมากบนหญ้าทะเลทั้ง 2 ชนิด มี 18 ชนิด 10 สกุล ได้แก่ *Cyclotella stylorum*, *Actinoptychus senarius*, *Mastogloia crucicula*, *M. rhombica*, *Lyrella lyra*, *Amphora ovalis*, *Amphora sp.1*, *Diploneis crabro*, *D. ovalis*, *D. suborbicularis*, *Navicula sp. 1*, *Pleurosigma sp. 1*, *Pleurosigma sp. 2*, *Nitzschia amphibian*, *Nitzschia sp. 1*, *Nitzschia sp. 2*, *Nitzschia sp. 3* และ *Surirella fastuosa* อิฟิไฟติกไดอะตอมที่พบเฉพาะบนใบหญ้าทะเล *Cymodocea rotundata* มี 4 ชนิด 3 สกุล ได้แก่ *Petroneis qanulata*, *Amphora obtusa*, *A. ventricosa*, *Campylodiscus innominatus* และ อิฟิไฟติกไดอะตอมที่พบเฉพาะบนใบหญ้าทะเล *Thalassia hemprichii* มี 2 ชนิด 2 สกุล ได้แก่ *Coscinodiscus radiatus* และ *Navicula cf. menisculus*

2. หญ้าทะเล (Seagrasses)

หญ้าทะเล (seagrasses) เป็นพืชชั้นสูง อยู่ในกลุ่มของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เป็นกลุ่มพืชใต้น้ำหรือพืชมีดอกพิเศษกลุ่มเดียวเท่านั้นที่พัฒนามากลับลงไปสู่ทะเล หญ้าทะเลมีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวางในเขตน้ำตื้นชายฝั่งทะเลทั่วโลกในเขตร้อน และเขตอบอุ่น มีการขยายพันธุ์ทั้งแบบใช้เมล็ดและแบบแตกกิ่งก้าน หรือยอดใหม่จากเหง้า ที่เรียกว่า ไรโซม (rhizome) (สมบัติ ภู่วชิรานนท์, 2553) หญ้าทะเลสามารถอยู่ได้ในทะเล และแหล่งน้ำกร่อยจนกระทั่ง เข้ามาในบริเวณน้ำจืด รวมทั้งเป็นพืชที่ขึ้นบริเวณชายฝั่งในเขตน้ำขึ้นน้ำลง จึงได้รับผลกระทบต่อความเปลี่ยนแปลงจาก ปัจจัยต่าง ๆ ทำให้หญ้าทะเลมีการพัฒนาลักษณะโดยปรับเปลี่ยนโครงสร้าง และการดำรงชีวิตให้สามารถอยู่รอดได้

หญ้าทะเลจัดเป็นพืชชั้นสูงในกลุ่มของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีการปรับตัวและมีวิวัฒนาการอย่างสมบูรณ์ มีราก ลำต้น ระบบท่อลำเลียงอย่างแท้จริง และสร้างดอก และเมล็ดในการขยายพันธุ์ได้ ลักษณะโครงสร้างของหญ้าทะเลจะประกอบไปด้วย เหง้า (rhizome) ที่ทอดยาวไปกับพื้น มีข้อต่อ (node) ที่แบ่งส่วนของลำต้นใต้ดินออกเป็นช่วง ใบ (leaf) ของหญ้าทะเลมีรูปร่างแตกต่างกันตามแต่ละชนิด ไม่พบปากใบ (stomata) แต่มีคิวติเคิลบาง ๆ เคลือบบนผิวใบ มีช่องอากาศ (air lacunae) ทำให้ใบของหญ้าทะเลจะตั้งตรงจากพื้น (วรรณ กิ่งกาญจน์, 2543 และ ชัยศรี สุพันธุ์วนิช, 2549) ลักษณะทางกายภาพของแนวหญ้าทะเลช่วยลดความรุนแรงของคลื่น ช่วยกรองตะกอนแขวนลอยในน้ำและทำให้ตกตะกอน ระบบนิเวศหญ้าทะเลจึงมีความซับซ้อนทำให้มีความหลากหลายทั้งชนิดและ

ปริมาณสัตว์น้ำ แนวหญ้าทะเลที่อยู่ใกล้กับแนวปะการังหรือปากแม่น้ำจะเป็นแหล่งสะสมหรือตกตะกอนของธาตุอาหาร เป็นแหล่งปรับและกรองธาตุอาหาร และสารเคมีต่าง ๆ ที่จะออกสู่ทะเล หญ้าทะเลจะทำหน้าที่สนับสนุนสัตว์กินพืชหลากหลายชนิด รวมทั้งยังเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของผู้ย่อยสลาย นอกจากนี้กำลังผลิตเบื้องต้นของแนวหญ้าทะเลยังมีความสัมพันธ์กับอัตราผลผลิตที่ได้จากการทำประมงอีกด้วย

การประเมินคุณค่าทางเศรษฐกิจจะประเมินจากสินค้าและบริการที่มีต่อชีวิตมนุษย์ แต่การประเมินคุณค่าทางเศรษฐกิจของแนวหญ้าทะเลจะประเมินจากผลที่ได้จากการอนุรักษ์ และค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการจัดการที่ไม่ดี ในรูปของการบริการในแง่ของระบบนิเวศหญ้าทะเลเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยทั้งสัตว์น้ำวัยอ่อนทั้งสัตว์น้ำเศรษฐกิจและสัตว์น้ำในกิจกรรมสันหนนาการหลายชนิด แนวหญ้าทะเลเป็นแหล่งทำประโยชน์แก่ชุมชนโดยตรงในเรื่องของเป็นแหล่งตกปลา หรือทำประมง รวมทั้งยังเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงสาหร่าย เป็นแหล่งยาพื้นบ้าน และยังเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดอาหารท้องถิ่น การท่องเที่ยวท้องถิ่น หรือประเพณีท้องถิ่นของชุมชนนั้น ๆ เมื่อประเมินคุณค่าแนวหญ้าทะเลและสาหร่ายทะเลรวมในรูปของคุณค่าทางระบบนิเวศและบริการ พบว่าอยู่ที่ 19,004 ดอลลาร์สหรัฐต่อพื้นที่ 1 เฮกตาร์ ต่อ 1 ปี หรือ 3,801 ล้านดอลลาร์สหรัฐต่อ 1 ปี อย่างไรก็ตามคุณค่าทางเศรษฐกิจของแนวหญ้าทะเลจะอยู่ภายใต้การคุกคาม และผลกระทบจากมนุษย์โดยตรง (Costanza et al. 1997)

2.1 การแพร่กระจายของหญ้าทะเล หญ้าทะเลเป็นกลุ่มพืชน้ำที่มีการแพร่กระจายตามแนวชายฝั่งทั่วโลกทั้งเขตอบอุ่น และเขตร้อน โดยพบหญ้าทะเลประมาณ 12 สกุล 60 ชนิด แพร่กระจายอยู่ทั่วโลก ในเขตอินโดแปซิฟิกพบหญ้าทะเลถึง 23 ชนิด และมีแนวหญ้าทะเลขนาดใหญ่ที่ประกอบไปด้วยหญ้าทะเลหลากหลาย เช่น หญ้าทะเลสกุล *Cymodocea*, *Enhalus*, *Halodule*, *Halophila*, *Syringodium*, *Thalassia*, *Zostera* และ *Thalassodendron* เป็นต้น (Short et al. 2001; Short & Coles 2001)

แหล่งหญ้าทะเลที่พบในน่านน้ำไทยสามารถแบ่งตามบริเวณที่พบออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้ (ส่วนอุทยานแห่งชาติทางทะเล สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ กรมป่าไม้, 2543)

- (1) แหล่งหญ้าทะเลที่อยู่ติดป่าชายเลน
- (2) แหล่งหญ้าทะเลที่อยู่ตามพื้นทรายตามชายฝั่งทะเลน้ำตื้น
- (3) แหล่งหญ้าทะเลที่อยู่ติดแนวปะการัง

บริเวณแนวชายฝั่งทะเลอันดามัน จะพบประเภทแหล่งหญ้าทะเลทั้ง 3 ประเภท แต่ส่วนใหญ่จะเป็นแหล่งหญ้าทะเลที่อยู่ติดป่าชายเลน และมีความอุดมสมบูรณ์มากกว่าทางฝั่งอ่าวไทย โดยพบทั้งสิ้น 12 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2 - 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 - 2 ชนิดของหญ้าทะเลที่สำรวจพบในฝั่งอ่าวไทย ฝั่งทะเลอันดามัน

ชนิดของหญ้าทะเล	อ่าวไทย	อันดามัน
1. <i>Halophila ovalis</i>	x	x
2. <i>Halophila beccarii</i>	x	x
3. <i>Halophila decipiens</i>	x	x
4. <i>Halophila minor</i>	x	x
5. <i>Enhalus acoroides</i>	x	x
6. <i>Thalassia hemprichii</i>	x	x
7. <i>Cymodocea rotundata</i>	x	x
8. <i>Cymodocea serrulata</i>	x	x
9. <i>Halodule uninervis</i>	x	x
10. <i>Halodule pinifolia</i>	x	x
11. <i>Syringodium isoetifolium</i>	x	x
12. <i>Ruppia maritima</i>	x	

ที่มา: Poovachiranon & Adulyanukosol (1999)

ระบบนิเวศหญ้าทะเลจะเป็นระบบนิเวศที่ถัดออกไปจากระบบนิเวศป่าชายเลน ส่วนใหญ่พบตามบริเวณชายฝั่งที่มีคลื่นลมสงบ หรือตามอ่าวที่มีลักษณะกึ่งปิด และยังได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลง (สุวลักษณ์ นทีกาญจนลาภ, 2532.) ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ได้แก่ ชนิดของดิน ความเค็มของน้ำทะเล ความลึกของน้ำ ความขุ่นใสของน้ำ และความรุนแรงของคลื่นลม (วรรณากิ่งกาญจน์, 2543) หญ้าทะเลสามารถเจริญเติบโตในดินแตกต่างกันออกไปในแต่ละชนิดหญ้าทะเลที่มีการแพร่กระจายสูงเป็นหญ้าทะเลที่สามารถขึ้นได้ในพื้นที่หลายลักษณะตั้งแต่พื้นที่โคลน โคลนปนทราย ทรายหยาบ ทรายละเอียด ซากปะการัง และสามารถขึ้นได้ในระดับความลึกต่าง ๆ กัน (กาญจนภาชนี่ ลีวมโนมนต์ และคณะ, 2534) เช่น *E. acoroides* มักพบในแหล่งน้ำกร่อยตลอดแนวลงไปสู่เขตน้ำขึ้นน้ำลง (Intertidal zone) และบริเวณน้ำลงต่ำสุด (Lower Intertidal zone) ที่มีลักษณะทรายนโคลน หรือพื้นผิวทรายนปะการัง ในขณะที่ *H. pinifolia* และ *H. uninervis* ทั้งคู่จะมีการเจริญเติบโตในพื้นที่ทรายน หรือทรายนโคลน ในเขตน้ำขึ้นสูงสุด (Upper Intertidal zone) ถึงเขตน้ำลงต่ำสุด (Lower Intertidal zone) ส่วนหญ้าทะเลที่พบเฉพาะในอ่าวไทย ได้แก่ *H. minor* ที่มีการเจริญเติบโตในทรายนเลนในเขต น้ำขึ้นน้ำลง (Intertidal Zone) และ *R. maritima* พบในพื้นที่ป่าชายเลน (Leawmanomon & Supanwanid, 2003) โดย Poovachiranon & Chansang (1994) รายงานว่าการแพร่กระจายของหญ้าทะเลตามความลึกถูกควบคุมด้วยปริมาณแสง ส่วน den Hartog (1970)

รายงานว่าการแพร่กระจายของหญ้าทะเลจะถูกจำกัดตามแนวระดับความลึก ความลึกที่มากที่สุดที่พบหญ้าทะเล คือ 90 เมตร ซึ่งเป็นกลุ่มของ *Halophila* spp. แต่หญ้าทะเลส่วนใหญ่จะอยู่ที่ความลึก 20 เมตร ในประเทศไทยพบ *H. decipiens* ที่ระดับความลึก 9 - 23 เมตร แต่สามารถที่จะพบได้ในพื้นที่น้ำขึ้นน้ำลงที่มีการติดต่อกันระหว่างน้ำลงต่ำสุด (Leawmanomon & Supanwanid, 2003) ส่วนใหญ่แล้วบริเวณชายฝั่งจะมีความขุ่นค่อนข้างมาก เนื่องจากสารแขวนลอยและสารละลายอินทรีย์จากแผ่นดินตะกอนและของเสียจะมีผลต่อการสังเคราะห์แสงของหญ้าทะเล รวมทั้งการดำรงชีวิตของสัตว์หน้าดิน (ชื่นกมล สุวรรณชาติ, 2549)

บริเวณอ่าวสัตหีบจังหวัดชลบุรี พบแหล่งหญ้าทะเลขนาดพื้นที่ขนาด 2,399 ไร่ พบหญ้าทะเล 7 ชนิด ได้แก่ หญ้าเงาใส หญ้าใบมะกรูด หญ้ามะกรูดใบเล็ก หญ้ากุ่มช่ายทะเล หญ้ากุ่มช่ายเข็ม หญ้าชะเงาปลายใบฟันเลื่อย และหญ้าคาทะเล (สมบัติ ภู่วชิรานนท์ และคณะ, 2549) จากการศึกษาของสายสุนีย์ จักชูอินทร์ (2541) พบการแพร่กระจายของหญ้าทะเลบริเวณอ่าวสัตหีบ เกาะพระ เกาะขาม และเกาะคราม พบหญ้าทะเล 2 สกุล 5 ชนิด คือ *H. pinifolia*, *H. uninervis*, *H. decipiens*, *H. minor* และ *H. ovalis* จากการศึกษาของชัชวีร์ สุพันธ์วิวัฒน์ และคณะ (2546) สำนวจการแพร่กระจายของหญ้าทะเลบริเวณอ่าวสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ระหว่างเดือนกันยายน 2544 ถึงเดือนกรกฎาคม 2545 พบหญ้าทะเลจำนวนทั้งสิ้น 5 ชนิด และพบชนิดหญ้าทะเลเพิ่มเติมจากที่เคยทำการศึกษาของ สายสุนีย์ จักชูอินทร์ (2541) (ตารางที่ 2 - 3) และจากการศึกษาของจันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์ และคณะ (ม.ป.ป) พบหญ้าทะเลทั้งหมด 7 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2 - 3

สายสุนีย์ จักชูอินทร์ (2541) รายงานมวลชีวภาพของหญ้าทะเลโดยรวม และค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพระหว่างส่วนเหนือพื้นดิน และส่วนใต้พื้นดิน บริเวณอ่าวสัตหีบ อ่าวเตยงาม และเกาะพระดานทิศเหนือ พบว่า *H. pinifolia* มีค่ามวลชีวภาพอยู่ระหว่าง 30.93 - 47.06 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร *H. uninervis* ที่สำรวจพบบริเวณเกาะขามมีค่ามวลชีวภาพ 2.41 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร *H. minor* มีค่ามวลชีวภาพอยู่ระหว่าง 0.42 - 1.4 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร นอกจากนี้เมื่อพิจารณาสัดส่วนของมวลชีวภาพของ *H. pinifolia* ส่วนเหนือพื้นดิน และส่วนใต้พื้นดิน มีสัดส่วนอยู่ระหว่าง 1 : 1.437 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ในช่วงเดือนเมษายน - พฤษภาคม 2540 และ 1 : 1.421 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2540 - มกราคม 2541 ซึ่งมีค่ามากกว่าหญ้าทะเลชนิดอื่น แสดงให้เห็นว่า *H. pinifolia* เมื่อถูกทำลายส่วนยอดไป ส่วนที่เป็นลำต้นใต้ดินก็ยังสามารถเจริญต่อเป็นต้นใหม่ได้

วิภา พึ่งเจริญ (2555) รายงานมวลชีวภาพของหญ้าทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอาภากร-เกียรติวงศ์ อ่าวสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนพฤษภาคม 2555 เดือนสิงหาคม 2555 เดือนพฤศจิกายน 2555 และเดือนกุมภาพันธ์ 2556 โดยวางเส้นแนวเก็บตัวอย่าง 5 แนว ในเขตน้ำขึ้นน้ำลง กำหนดจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 29 จุด ทำการประเมินค่ามวลชีวภาพของหญ้าทะเล ส่วนที่ไผ่พื้นดินด้วยสายตา

การศึกษาครั้งนี้พบหญาทะเลชนิด *H. uninervis* เพียงชนิดเดียว โดยมีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเฉลี่ยทั้งลำต้นตลอดทั้งการศึกษาอยู่ในช่วง 92.28 ± 0.13 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร มวลชีวภาพสูงสุดพบในเดือนพฤศจิกายน 2556 เดือนพฤษภาคม 2555 และเดือนสิงหาคม 2555 มีค่ามวลชีวภาพเฉลี่ยอยู่ในช่วง 150.21 ± 0.2 , 111.31 ± 0.3 และ 107.58 ± 0.3 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ตามลำดับ

ศรัณญา ภูวนิช (2555) ศึกษาองค์ประกอบของดินตะกอนในแหล่งหญาทะเล *H. uninervis* บริเวณอ่าวสัตหีบ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี เริ่มทำการศึกษาในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2556 ทำการเก็บตัวอย่างดินตะกอนในแนวหญาทะเล โดยวางเส้นแนวเก็บตัวอย่างตั้งฉากกับแนวชายฝั่ง 5 แนวเก็บตัวอย่าง ทั้งหมด 30 สถานี พบ ทรายละเอียด (fine sand: 0.063 - 0.250 มิลลิเมตร) เป็นองค์ประกอบหลักในพื้นที่ และพบกระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่ที่ทำการศึกษา นอกจากนี้ในการศึกษานี้ยังพบว่า สัดส่วนของทรายหยาบ (coarse sand) ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์กับปริมาณมวลชีวภาพของหญาทะเลที่สูงขึ้นด้วย ภายหลังจากช่วงฤดูมรสุมพบว่า สัดส่วนของทรายแป้ง (silt: 0.004 - 0.063 มิลลิเมตร) ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นในดินตะกอน ส่งผลให้มวลชีวภาพของหญาทะเลมีปริมาณลดลง

จันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์ และคณะ (ม.ป.ป) รายงานถึงปัจจัยสภาพแวดล้อมในแนวหญาทะเล ได้แก่ ความลึก ความโปร่งแสง ความเค็ม น้ำ อุณหภูมิ และความเป็นกรด-ด่างของน้ำ พบว่าส่วนใหญ่หญาทะเลจะพบในพื้นที่ที่มีความโปร่งแสงมาก และมีอุณหภูมิต่ำหลังจากช่วงฤดูมรสุม หญาทะเลชนิด *H. ovalis*, *H. decipiens* และ *H. minor* เป็นหญาทะเลที่พบแพร่กระจายในเกือบทุกพื้นที่ โดยเฉพาะ *H. decipiens* ที่จะไม่พบในเขตน้ำขึ้นน้ำลง ในขณะที่ *H. ovalis* เป็นชนิดที่ต้องการความเข้มแสงสูง แต่อย่างไรก็ตามหญาทะเลทั้งสามชนิดนี้จะไม่พบในช่วงฤดูมรสุม ในขณะที่ *H. uninervis* ส่วนใหญ่จะพบในอ่าวกึ่งปิด

ตารางที่ 2 - 3 ชนิดของหญ้าทะเลที่สำรวจพบบริเวณอำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

สถานที่	ชนิดหญ้าทะเล								เอกสารอ้างอิง/ที่มา
	EA	HD	HM	HO	HP	HU	CS	RM	
จังหวัดชลบุรี	-	+	+	-	-	-	-	+	กาญจนภาชน์ ถิรมโนมนต์ และคณะ (2534)
หาดบางเสร่	-	-	+	+	-	-	-	-	จันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์ และคณะ (ม.ป.ป..)
อ่าวทุ่งโปรง	-	+	+	+	-	+	-	-	จันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์ และคณะ (ม.ป.ป..)
อ่าวสัตหีบ	-	+(2)	+(1)(2)	+(2)	+(1)(2)	+(2)	+(2)	-	(1) สายสุนีย์ จักขุอินทร์ (2541) (2) จันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์ และคณะ (ม.ป.ป..)
อ่าวตงตาล	-	-	-	+	+	-	-	-	ชัชรี สุพันธ์วัฒน์ และคณะ (2546)
อ่าวเตยงาม	-	+(2)	+(1)	+(2)	+(1)	+(2)	-	-	(1) สายสุนีย์ จักขุอินทร์ (2541) (2) จันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์ และคณะ (ม.ป.ป..)
เกาะเสม็ดสาร	+(1)(2)	+(2)	+(1)(2)	+(1)(2)	-	-	+	-	(1) ชัชรี สุพันธ์วัฒน์ และคณะ (2546) (2) จันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์ และคณะ (ม.ป.ป..)
เกาะขาม	-	-	+(3)	+(3)	+(2)	+(1)	-	-	(2) ชัชรี สุพันธ์วัฒน์ และคณะ (2546) (3) จันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์ และคณะ (ม.ป.ป..)
เกาะคราม	-	+(1)	+(2)	-	-	-	-	-	(1) สายสุนีย์ จักขุอินทร์ (2541) (2) ชัชรี สุพันธ์วัฒน์ และคณะ (2546)
เกาะพระ	-	+(1)(2)	+	+	-	+(2)	-	-	(1) สายสุนีย์ จักขุอินทร์ (2541) (2) จันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์ และคณะ (ม.ป.ป..)
เกาะแรด	-	+	-	-	-	-	-	-	จันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์ และคณะ (ม.ป.ป..)
หาดแดง - หาดน้ำริน						+			จันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์ และคณะ (ม.ป.ป..)
รพ.อากาศรเกียรติวงศ์	-	-	-	-	-	+	-	-	วิภา พึ่งเจริญ (2555)

หมายเหตุ: CS = *Cymodocea serrulata*, EA = *Enhalus acoroides*, HD = *Halophila decipiens*, HM = *Halophila minor*, HO = *Halophila ovalis*, HP = *Halodule pinifolia*,

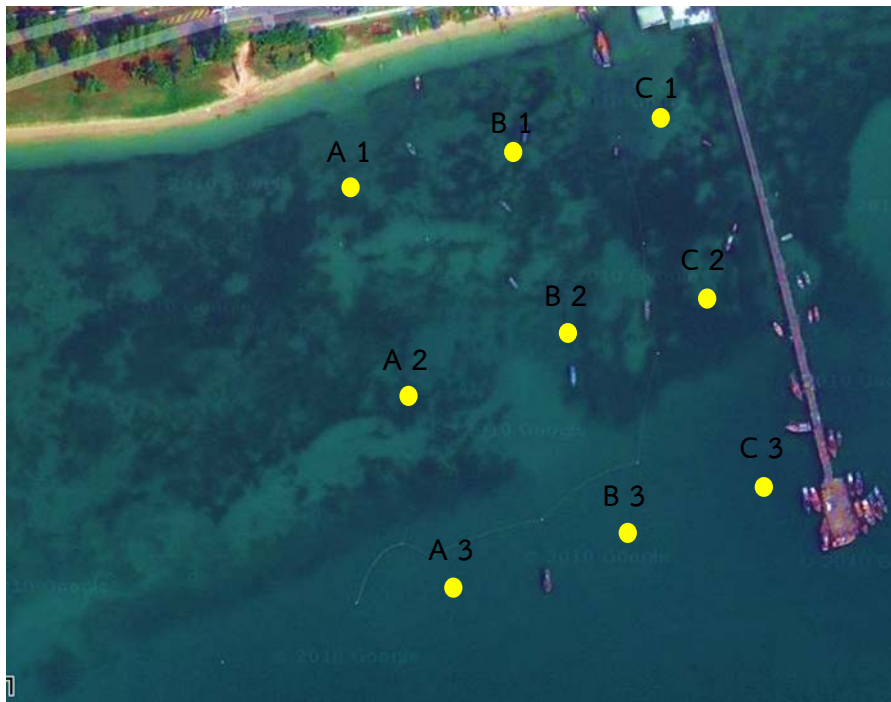
HU = *Halodule uninervis*, RM = *Ruppia maritima*

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

1. สถานที่ศึกษา

กำหนดพื้นที่เก็บตัวอย่างในแนวหน้าทะเล บริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2563 โดยเก็บตัวอย่างเดือนเว้นเดือน เดือนละ 1 ครั้ง วางแนวเส้นเก็บตัวอย่างตั้งฉากกับชายฝั่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ขึ้นสูงสุด น้ำขึ้นน้ำลง น้ำลงต่ำสุด เป็นระยะทาง 450 เมตร จำนวน 3 แนว แต่ละแนวห่างกัน 150 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด รวมทั้งสิ้น 9 สถานี



ภาพที่ 3 - 1 จุดเก็บตัวอย่างบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี
ที่มา: ดัดแปลงจาก Google earth (2018)

ตารางที่ 3 - 1 พิกัดพื้นที่ทำการศึกษาระดับบริเวณหน้าโรงพยาบาลอาภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

สถานี	ละติจูด (Latitude)	ลองจิจูด (Longitude)
A - 1	12°39'38.37" N	100°53'46.08" E
A - 2	12°39'35.63" N	100°53'46.28" E
A - 3	12°39'33.42" N	100°53'46.44" E
B - 1	12°39'38.55" N	100°53'48.54" E
B - 2	12°39'35.76" N	100°53'48.55" E
B - 3	12°39'35.55" N	100°53'48.59" E
C - 1	12°39'38.69" N	100°53'50.75" E
C - 2	12°39'35.69" N	100°53'50.71" E
C - 3	12°39'33.73" N	100°53'50.77" E

2. ศึกษาชนิดและมวลชีวภาพของอิฟิไฟต์

2.1 ชนิดของอิฟิไฟต์

2.1.1 สุ่มเก็บหญาทะเลตั้งแต่บริเวณน้ำขึ้นสูงสุดจนถึงจุดน้ำลงต่ำสุด จำนวน 9 สถานี แต่ละสถานีมีพื้นที่ในการเก็บ 25 x 25 เซนติเมตร สถานีละ 2 ซ้ำ โดยเก็บตัวอย่างหญาทะเลทั้งราก ลำต้นและใบ แล้วนำไปใส่ถุงพลาสติก เก็บรักษาด้วยบัฟเฟอร์ฟอร์มาลีน 10 เปอร์เซ็นต์

2.1.2 นำหญาทะเลมาล้างด้วยน้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อ โดยใช้คีมคีบหญาทะเลแล้วใช้แปรงขนอ่อนขัดอิฟิไฟต์บนใบหญาทะเลเติมบัฟเฟอร์ฟอร์มาลีน 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเก็บรักษา ตัวอย่าง แล้วนำมาจำแนกชนิดของอิฟิไฟต์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ตามวิธีของลัดดา วงศ์รัตน์ (2543, 2544) และนับจำนวนอิฟิไฟต์ตามวิธีของลัดดา วงศ์รัตน์ และโสภณา บุญญาภิวัฒน์ (2546)

2.2 มวลชีวภาพของอิฟิไฟต์

2.2.1 สุ่มเก็บหญาทะเลตั้งแต่บริเวณน้ำขึ้นสูงสุดจนถึงจุดน้ำลงต่ำสุด จำนวน 9 สถานี แต่ละสถานีมีพื้นที่ในการเก็บ 25 x 25 เซนติเมตร สถานีละ 2 ซ้ำ โดยเก็บตัวอย่างหญาทะเลทั้งราก ลำต้น และใบ แล้วนำไปใส่ถุงพลาสติก เก็บรักษาด้วยน้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

2.2.2 ใช้คีมคีบหญาทะเลแล้วใช้แปรงขนอ่อนขัดอิฟิไฟต์บนใบหญาทะเลในน้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว นำน้ำทะเลที่ขัดอิฟิไฟต์ออกจากหญาทะเลมารองผ่านกระดาษกรอง GF/C แล้วนำกระดาษกรองที่กรองอิฟิไฟต์ไป freeze dry และชั่งน้ำหนัก

3. ศึกษาผลชีวภาพของหญ้าทะเล

3.1 กำหนดตำแหน่งและทิศทางของเส้นแนวเก็บตัวอย่าง (transect line) จำนวน 10 แนว ตามแนวระดับความลึก ทุก 100 เมตร ผ่านแนวหญ้าทะเล

3.2 กำหนดจุดเก็บตัวอย่างตามเส้นแนวเก็บตัวอย่าง โดยจุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุด (sampling points) ห่าง 100 เมตร โดยใช้ quadrat ขนาด 50 x 50 เซนติเมตร เพื่อประเมินผลชีวภาพของหญ้าทะเลตามวิธีของ Mellors (1991) รวมทั้งเก็บตัวอย่างหญ้าทะเล เพื่อจำแนกในห้องปฏิบัติการ โดยรักษาตัวอย่างด้วยเกลือแกลง โดยใช้การจำแนกชนิดตาม den Hartog & Kuo (2006), Phillips & Menez (1988) และกาญจนภาชน์ ลีวโนมนต์ และคณะ (2536)

3.3 การประเมินผลชีวภาพของหญ้าทะเล โดยวิธีของ Mellors (จิตติมา อายุตตะกะ, 2538) โดยมีวิธีดังต่อไปนี้

3.3.1 ใช้ quadrat ขนาด 50 x 50 เซนติเมตรสุ่มเลือกพื้นที่หญ้าทะเลที่มีความหนาแน่นมากที่สุด จนถึงพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของหญ้าทะเลน้อยที่สุดที่คาดว่าจะพบในระหว่างทำการศึกษาจำนวน 5 quadrat โดยเรียงลำดับ โดยให้คะแนนดังต่อไปนี้

ลำดับ	การประมาณค่าผลชีวภาพของหญ้าทะเล
0	ไม่มี
1	น้อยมาก
2	มีค่ากึ่งกลางระหว่าง 1 กับ 3
3	มีค่ากึ่งกลางระหว่าง 2 กับ 4
4	มีค่ากึ่งกลางระหว่าง 3 กับ 5
5	มากที่สุด

หลังจากให้คะแนนเสร็จ ให้วาง quadrat ทั้ง 5 quadrat เอาไว้เป็น quadrat อ้างอิง

3.3.2 สุ่มเก็บหญ้าทะเลตั้งแต่ชายฝั่งจนถึงจุดน้ำลงต่ำสุด โดยใช้กรอบขนาด 25 x 25 เซนติเมตร จำนวน 10 quadrat เก็บตัวอย่างหญ้าทะเลทั้งราก ลำต้น และใบ นำใส่ถุงพลาสติก เก็บรักษาด้วยเกลือแกลง

3.3.3 หามวลชีวภาพของหญ้าทะเล โดยนำตัวอย่างหญ้าทะเลที่ล้างสะอาดแล้ว หลังจากนั้นแยกส่วนลำต้นเหนือดิน และใต้ดินออกจากกัน ผึ่งในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน เพื่อชั่งน้ำหนักเปียก ก่อนนำไปอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งในโถดูดความชื้นก่อนนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง และนำมาคำนวณมวลชีวภาพของหญ้าทะเล

4. สมบัติของน้ำบางประการในแนวหญ้าทะเล

4.1 ใช้ขวดชุ่นเก็บตัวอย่างน้ำขนาด 500 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างน้ำตามจุดเก็บตัวอย่าง เก็บรักษาตัวอย่างน้ำลงในถังน้ำแข็งก่อนนำกลับไปวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ตะกอนแขวนลอย แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรท ฟอสเฟต ที่ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

4.2 วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ พีเอช และวัดอุณหภูมิโดยใช้เครื่อง YSI DO 200 - 4M วัดความโปร่งแสงของน้ำโดยใช้ secchi disc วัดความเค็มโดย Salinometer จดบันทึกค่าที่วัดได้

4.3 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ตะกอนแขวนลอย ปริมาณแอมโมเนียนรวม ไนโตรเจน ไนเตรท ปริมาณฟอสฟอรัสรวม ดังวิธีการต่อไปนี้

4.3.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ จะกรองน้ำปริมาณ 100 มิลลิลิตร ผ่านชุดอุปกรณ์เครื่องแก้วกรองน้ำที่มีกระดาษ GF/F บรรจุอยู่ ใช้ millipore forceps คีบกระดาษกรองออกจากแท่นกรอง และพับครึ่ง เก็บไว้ในหลอดเก็บตัวอย่างขนาด 10 มิลลิลิตร ที่มี acetone เข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์ บรรจุอยู่ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าให้ทั่ว ห่อหลอดเก็บตัวอย่างน้ำด้วย aluminium foil ให้มิดชิด (ควรเก็บในที่เย็นอย่างน้อย 24 ชั่วโมง) จากนั้นนำหลอดเก็บตัวอย่างน้ำมาผ่าน ultrasonic เป็นเวลา 10 นาที เสร็จแล้วนำตกตะกอนด้วยเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifuge) ที่ความเร็ว 2,500 รอบ/นาที นำไปวิเคราะห์หาค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โดยใช้เครื่อง spectrophotometer โดยดูค่าน้ำที่อยู่ส่วนบนออกใส่ลงในเซลล์ (cuvette) ขนาดกว้าง 1 เซนติเมตร ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ทำการวัด extinction ที่ความยาวคลื่น 665 นาโนเมตร ทันทีก่อนเติมกรด HCl 1.2 นอร์มอล ลงไป 0.1 มิลลิลิตร เขย่าเบา ๆ และทำการวัดค่า extinction ที่ความยาวคลื่น 665 นาโนเมตร อีกครั้ง นำค่าที่ได้ไปคำนวณ ดังสมการ

$$\text{Chlorophyll } a \text{ (mg/m}^3\text{)} = \frac{26.7 \times (665o - 665a) \times v}{V \times L}$$

665o = ค่า extinction ที่ 665 nm ก่อนทำการเติมกรด

665a = ค่า extinction ที่ 665 nm หลังจากเติมกรดแล้ว

v = volume of acetone extract (ml)

V = volume of water filtered (liters)

L = path length of cuvette (cm)

4.3.2 ปริมาณตะกอนแขวนลอย (Total Suspended Solids) ใช้กระดาษกรอง GF/C (Whatman, 45 มิลลิเมตร) ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักแล้ว นำกระดาษกรองกรองน้ำตัวอย่าง 30 ลิตร นำกระดาษกรองที่มีสารแขวนลอยกลับไปเผาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง อีกครั้ง และชั่งน้ำหนักกระดาษกรองเพื่อหา

น้ำหนักแห้งของสารแขวนลอยที่กรองได้และนำมาคำนวณหาปริมาณสารแขวนลอยในหน่วยของ มิลลิกรัมต่อลิตร ดังสูตร

$$\text{Total Suspended Solids} = \frac{\text{น้ำหนักกระดาษกรองและของแข็ง} - \text{น้ำหนักกระดาษกรอง} \times 10^6}{\text{ปริมาณน้ำตัวอย่าง (มิลลิลิตร)}}$$

4.3.3 ปริมาณแอมโมเนียรวม (Total ammonia nitrogen: TAN) ใช้วิธี phenol - hypochloride ตามวิธีของ APHA, AWWA และ WPCF (1995)

4.3.4 ปริมาณไนไตรท์ (nitrite - nitrogen) ใช้วิธี Colorimetric Method ตามวิธีของ APHA, AWWA และ WPCF (1995)

4.3.5 ปริมาณไนเตรท (nitrate - nitrogen) ใช้วิธี Cadmium Reduction ตามวิธีของ APHA, AWWA และ WPCF (1995)

4.3.6 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) ใช้วิธี Ascorbic Acid Method ตามวิธีของ APHA, AWWA และ WPCF (1995)

5. สมบัติของดินบางประการในแนวหน้าทะเล

5.1 เก็บตัวอย่างดินโดยใช้ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร กดลึก 10 เซนติเมตร จำนวน 3 จุด จุดละ 3 ซ้ำ ทุก ๆ 100 เมตร ตามเส้นแนวเก็บตัวอย่าง เก็บตัวอย่างดินในถุงเก็บตัวอย่างที่เขียนวัน เดือน ปีและตำแหน่งที่เก็บ

5.2 วิเคราะห์หาความหนาแน่นของดินตะกอน โดยใช้เทคนิค Syringe technique และปริมาณน้ำในดินให้นำตัวอย่างดินไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทิ้งให้เย็นลงใน desiccator เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักอีกครั้งแล้วคำนวณหาค่าความเป็นรุกรุน และปริมาณน้ำในตะกอน

5.3 ปั่นตัวอย่างดินตะกอนกับน้ำ de-ionized เป็นเวลา 12 นาที และนำน้ำตัวอย่างที่ปั่นได้มาวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียรวม (Total ammonia nitrogen: TAN) ใช้วิธี phenol - hypochloride ตามวิธีของ APHA, AWWA และ WPCF (1995) ปริมาณไนไตรท์ (nitrite - nitrogen) ใช้วิธี Colorimetric Method ตามวิธีของ APHA, AWWA และ WPCF (1995) ปริมาณไนเตรท (nitrate - nitrogen) ใช้วิธี Cadmium Reduction ตามวิธีของ APHA, AWWA และ WPCF (1995) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) ใช้วิธี Ascorbic Acid Method ตามวิธีของ APHA, AWWA และ WPCF (1995)

5.4 ผสมตัวอย่างดินให้เข้ากัน นำไปตากให้แห้งสนิท ทำให้ละเอียดแล้วร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาดตา 2 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนักดินประมาณ 2 - 3 กรัม ใส่ลงในถ้วยครุซีเบลที่อบไล่ความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และอบไล่คาร์บอนในถ้วยด้วยความร้อน 450 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง จากนั้น

นำตัวอย่างดินเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส 4 ชั่วโมง ร่อนเย็นและนำมาคำนวณหาปริมาณสารอินทรีย์รวมในดิน

$$\text{ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดิน} = \frac{\text{น้ำหนักดินก่อนเผา} - \text{น้ำหนักดินหลังเผา} \times 100}{\text{น้ำหนักดินก่อนเผา}}$$

6. วิธีการประเมินผล / สังเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของมวลชีวภาพของหญ้าทะเล อีพีไฟต์ รวมทั้งสมบัติน้ำและดิน แสดงเป็น Average \pm Standard Deviation (XD \pm S.D.) วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างเดือนของมวลชีวภาพของหญ้าทะเล อีพีไฟต์ รวมทั้งสมบัติน้ำ และดิน ทางสถิติด้วย ONE WAY ANOVA และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของหญ้าทะเลและอีพีไฟต์ โดยใช้ Correlation ตามวิธีของ Pearson

บทที่ 4

ผลการศึกษา

1. องค์ประกอบชนิดของอิฟไฟต์บนใบหญ้าทะเล

ตลอดการศึกษาพบหญ้าทะเลชนิด *Halodule uninervis* เพียงชนิดเดียว บริเวณหน้าโรงพยาบาลอาภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี โดยพบองค์ประกอบชนิดของอิฟไฟต์ในกลุ่มพืชทั้งสิ้น 3 ดิวิชัน 6 ชั้น 16 อันดับ 21 วงศ์ 28 สกุล และ 3 กลุ่ม อิฟไฟต์ในกลุ่มพืชที่พบเป็นกลุ่มเด่น คือ *Cocconeis*, *Pleurosigma*, *Nitzschia* และ pennate diatom ในดิวิชัน Chromophyta อิฟไฟต์ในกลุ่มสัตว์ทั้งสิ้น 3 ไฟลัม 1 สกุล และ 7 กลุ่ม อิฟไฟต์ในกลุ่มสัตว์ที่พบเป็นกลุ่มเด่น คือ *Tintinnopsis* และ unidentified protozoa 1 ในไฟลัม Protozoa (ตารางที่ 4 – 1)

เดือนกันยายน 2562 พบอิฟไฟต์กลุ่มพืช 3 ดิวิชัน 17 สกุล และ 1 กลุ่ม และอิฟไฟต์กลุ่มสัตว์ 3 ไฟลัม 1 สกุล และ 5 กลุ่ม เดือนพฤศจิกายน 2562 พบอิฟไฟต์กลุ่มพืช 3 ดิวิชัน 24 สกุล และ 3 กลุ่ม และอิฟไฟต์กลุ่มสัตว์ 3 ไฟลัม 1 สกุล และ 6 กลุ่ม เดือนมกราคม 2563 พบอิฟไฟต์กลุ่มพืช 3 ดิวิชัน 15 สกุล และ 2 กลุ่ม และอิฟไฟต์กลุ่มสัตว์ 3 ไฟลัม 1 สกุล และ 5 กลุ่ม เดือนมีนาคม 2563 พบอิฟไฟต์กลุ่มพืช 3 ดิวิชัน 16 สกุล และ 2 กลุ่ม และอิฟไฟต์กลุ่มสัตว์ 2 ไฟลัม 1 สกุล และ 4 กลุ่ม เดือนพฤษภาคม 2563 พบอิฟไฟต์กลุ่มพืช 3 ดิวิชัน 12 สกุล และ 2 กลุ่ม และพบอิฟไฟต์กลุ่มสัตว์ 2 ไฟลัม 1 สกุล และ 4 กลุ่ม และเดือนกรกฎาคม 2563 พบอิฟไฟต์กลุ่มพืช 3 ดิวิชัน 17 สกุล และ 2 กลุ่ม และพบอิฟไฟต์กลุ่มสัตว์ 3 ไฟลัม 1 สกุล และ 3 กลุ่ม (ตารางที่ 4-1 และภาคผนวก 1-1, 1-2)

ตารางที่ 4 - 1 ชนิดของอิมไฟต์ที่พบบนใบหญ้าทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอาภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

ดิวิชั่น / ไฟลัม	ชั้น	อันดับ	วงศ์	สกุล / กลุ่ม	เดือนที่พบอิมไฟต์					
					ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค. 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63
Cyanophyta	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>	x	x	-	x	-	x
				<i>Merismopedia</i>	x	x	x	-	-	-
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Lyngbya</i>	-	x	x	x	-	x
				<i>Trichodesmium</i>	-	x	x	x	-	-
		Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena</i>	x	-	x	-	x	x
				<i>Raphidiopsis</i>	-	-	x	-	x	x
		<i>Monoraphidium</i>	-	x	-	x	x	x		
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i>	x	x	x	-	-	-
	Zygnematophyceae	Desmidiiales	Desmidiaceae	<i>Staurastrum</i>	x	x	x	-	-	-
		Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Spirogyra</i>	-	x	-	x	-	x
	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i>	x	-	x	-	x	x
	-	-	-	filamentous green algae 1	-	x	-	x	-	-
	-	-	-	filamentous green algae 2	-	x	x	-	x	x
Chromophyta	Fragilariophyceae	Licmophorales	Licmophoraceae	<i>Licmophora</i>	x	x	-	x	x	x
		Toxariales	Ardissonaceae	<i>Ardissona</i>	x	x	-	x	-	-
	Bacillariophyceae	Biddulphiales	Thalassiosiraceae	<i>Cyclotella</i>	x	x	-	x	-	-
			Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus</i>	-	-	x	-	x	x
			Arachnoidiscaceae	<i>Arachnoidiscus</i>	-	x	-	-	x	x
			Chaetoceraceae	<i>Bacteriastrum</i>	x	x	-	x	-	-
			Achnanthes	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	x	x	x	x	x

ตารางที่ 4 - 1 (ต่อ)

ดิวิชั่น / ไฟลัม	ชั้น	อันดับ	วงศ์	สกุล / กลุ่ม	เดือนที่พบอหิวาต์						
					ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค. 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63	
Chromophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Diploneidaceae	<i>Diploneis</i>	-	x	-	x	-	-	
			Naviculaceae	<i>Navicula</i>	x	x	-	-	x	x	
				<i>Haslea</i>	-	x	x	-	-	-	
			Pleurosigma	Pleurosigma	<i>Pleurosigma</i>	x	x	x	x	x	x
				<i>Gyrosigma</i>	-	x	x	x	-	-	
			Thalassiosiphysales	Catenulaceae	<i>Amphora</i>	x	x	x	-	-	x
			Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	x	x	x	x	x	x
					<i>Pseudonitzschia</i>	x	x	-	-	x	x
					pennate diatom	x	x	x	x	x	x
			Surirellales	Entomoneidaceae	<i>Entomoneis</i>	-	x	-	x	-	x
	Striatellales	Striatellaceae	<i>Striatella</i>	x	x	-	x				
Protozoa				unidentified protozoa 1	x	x	x	x	x	x	
				unidentified protozoa 2	x	x	-	x	x	-	
				unidentified protozoa 3	-	-	x	-	x	x	
		Sarcodina	Foraminiferida	foraminiferan	x	x	x	-	-	-	
	Ciliata	Tintinnida		<i>Tintinnopsis</i>	x	x	x	x	x	x	
Mollusca	Gastropoda			gastropod larvae	x	x	-	x	-	-	
	Bivalvia			bivalve larvae	-	x	x	x	x	-	
Nematoda				unidentified nematode	x	x	x	-	-	x	

2. มวลชีวภาพของอิพิไฟต์

มวลชีวภาพของอิพิไฟต์ตลอดการศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.65 ± 0.16 ถึง 6.96 ± 0.48 กรัมน้ำหนักแห้งต่อกรัมน้ำหนักแห้งใบหญ้าทะเล โดยในเดือนมีนาคม 2563 มีมวลชีวภาพเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 6.96 ± 0.48 กรัมน้ำหนักแห้งต่อกรัมน้ำหนักแห้งใบหญ้าทะเล รองลงคือเดือนพฤษภาคม 2563 และมกราคม 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.25 ± 0.26 และ 5.94 ± 0.96 กรัมน้ำหนักแห้งต่อกรัม น้ำหนักแห้งใบหญ้าทะเล ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4 – 2)

มวลชีวภาพของอิพิไฟต์บริเวณระดับระดับน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 5.42 ± 2.40 กรัมน้ำหนักแห้งต่อกรัมน้ำหนักแห้งใบหญ้าทะเล รองลงมาคือ บริเวณน้ำลงต่ำสุด และน้ำขึ้นสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.40 ± 1.77 และ 5.05 ± 1.21 กรัมน้ำหนักแห้งต่อกรัมน้ำหนักแห้งใบหญ้าทะเล มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-2)

ตารางที่ 4-2 มวลชีวภาพของอิพิไฟต์ที่พบบนใบหญ้าทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอาภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

พื้นที่	ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค. 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63	เฉลี่ย
ระดับน้ำขึ้นสูงสุด	3.30 ± 1.20	2.92 ± 0.06	5.80 ± 1.63	7.43 ± 3.34	6.44 ± 0.75	5.39 ± 0.25	5.05 ± 1.21^a
ระดับน้ำขึ้น-น้ำลง	4.27 ± 1.44	3.89 ± 1.16	6.67 ± 1.12	6.35 ± 1.21	5.42 ± 6.20	5.89 ± 3.25	5.42 ± 2.40^b
ระดับน้ำลงต่ำสุด	3.37 ± 0.59	4.21 ± 1.65	5.36 ± 1.62	7.11 ± 1.03	6.88 ± 2.37	5.48 ± 3.34	5.40 ± 1.77^b
เฉลี่ย	3.65 ± 0.16^1	3.67 ± 0.18^1	5.94 ± 0.96^3	6.96 ± 0.48^5	6.25 ± 0.26^4	5.25 ± 2.28^2	

หมายเหตุ ^{a, b} ที่แสดงในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

^{1,2,3} ที่แสดงในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

3. มวลชีวภาพของหญ้าทะเล

มวลชีวภาพของหญ้าทะเลชนิด *H. uninervis* ตลอดการศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.48 ± 0.86 ถึง 8.68 ± 0.18 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร โดยในเดือนกันยายน 2562 มีมวลชีวภาพเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 8.68 ± 0.18 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร รองลงคือเดือนพฤศจิกายน 2562 และมกราคม 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.48 ± 1.54 และ 5.54 ± 1.17 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-3)

มวลชีวภาพของหญ้าทะเลบริเวณระดับน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 6.44 ± 2.39 กรัม น้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร รองลงมาคือ บริเวณระดับน้ำลงต่ำสุด และน้ำขึ้นสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ

6.40±1.77 และ 5.62±2.13 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4 – 3)

ตารางที่ 4-3 มวลชีวภาพของหญ้าทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

พื้นที่	ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63	เฉลี่ย
ระดับน้ำขึ้นสูงสุด	7.84±2.03	5.86±0.88	5.14±3.74	3.73±0.36	5.81±3.92	5.32±1.85	5.62±2.13 ^a
ระดับน้ำขึ้นน้ำลง	9.73±1.38	7.71±4.66	6.46±4.53	5.71±1.29	4.07±1.02	4.96±1.45	6.44±2.39 ^b
ระดับน้ำลงต่ำสุด	8.48±0.28	8.87±4.28	5.02±2.57	4.01 ±1.12	5.97±1.02	6.05±1.32	6.40±1.77 ^b
เฉลี่ย	8.68±0.18 ⁴	7.48±1.54 ³	5.54±1.17 ²	4.48±0.86 ¹	5.28±1.43 ²	5.44±1.54 ²	

หมายเหตุ ^{a, b} ที่แสดงในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

^{1,2,3} ที่แสดงในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

4. คุณภาพน้ำทะเล

4.1 ค่าพีเอชในน้ำทะเล

ค่าพีเอชในน้ำทะเลตลอดการศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.33±0.11 ถึง 8.22±0.12 ค่าพีเอชในน้ำทะเลเฉลี่ยสูงสุดในเดือนกันยายน 2562 และพฤศจิกายน 2562 เท่ากับ 8.22±0.12 และ 8.22±0.04 ตามลำดับ รองลงมาคือ เดือนมกราคม 2563 และ มีนาคม 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.17±0.02 และ 7.61±0.09 ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-4)

ค่าพีเอชในน้ำทะเลบริเวณระดับน้ำลงต่ำสุดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 7.90±0.10 รองลงมาคือ บริเวณระดับน้ำขึ้นสูงสุด และน้ำขึ้นน้ำลง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.86±0.12 และ 7.81±0.11 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4-4)

ตารางที่ 4-4 ค่าพีเอชในน้ำทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

พื้นที่	ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63	เฉลี่ย
ระดับน้ำขึ้นสูงสุด	8.35±0.33	8.19±0.02	8.19±0.13	7.53±0.04	7.45±0.06	7.44±0.15	7.86±0.12 ^a
ระดับน้ำขึ้นน้ำลง	8.18±0.08	8.20±0.07	8.15±0.05	7.59±0.16	7.32±0.12	7.42±0.20	7.81±0.11 ^a
ระดับน้ำลงต่ำสุด	8.13±0.12	8.27±0.02	8.16±0.06	7.70±0.12	7.23 ±0.11	7.88±0.17	7.90±0.10 ^a
เฉลี่ย	8.22±0.12 ²	8.22±0.04 ²	8.17±0.02 ²	7.61±0.09 ¹	7.33±0.11 ¹	7.58±0.17 ¹	

หมายเหตุ ^{a, b} ที่แสดงในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

^{1,2} ที่แสดงในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

4.2 ความเค็มของน้ำทะเล

ความเค็มของน้ำทะเลตลอดการศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 29.10 ± 0.15 ถึง 32.08 ± 0.09 psu ความเค็มของน้ำทะเลเฉลี่ยสูงสุดในเดือนมีนาคม 2563 เท่ากับ 32.08 ± 0.09 psu รองลงมาคือเดือนพฤษภาคม และกรกฎาคม 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.95 ± 0.70 และ 30.67 ± 0.44 psu ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-5)

ความเค็มของน้ำทะเลบริเวณระดับน้ำขึ้นน้ำลงและน้ำลงต่ำสุดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 30.46 ± 0.37 และ 30.46 ± 0.33 psu ตามลำดับ รองลงมาคือ บริเวณระดับน้ำขึ้นสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.13 ± 0.58 psu ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4 – 5)

ตารางที่ 4-5 ความเค็มของน้ำทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ
จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

พื้นที่	ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค. 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63	เฉลี่ย
ระดับน้ำขึ้นสูงสุด	29.03 ± 0.25	29.37 ± 0.12	29.63 ± 1.67	31.97 ± 0.45	30.15 ± 0.26	30.64 ± 0.75	30.13 ± 0.58^a
ระดับน้ำขึ้นน้ำลง	29.27 ± 0.15	29.37 ± 0.06	30.20 ± 0.44	32.13 ± 0.23	31.25 ± 1.12	30.56 ± 0.20	30.46 ± 0.37^a
ระดับน้ำลงต่ำสุด	29.00 ± 0.00	29.40 ± 0.10	29.97 ± 0.06	32.13 ± 0.23	31.45 ± 1.23	30.82 ± 0.37	30.46 ± 0.33^a
เฉลี่ย	29.10 ± 0.15^1	29.38 ± 0.02^1	29.93 ± 0.29^1	32.08 ± 0.09^2	30.95 ± 0.70^2	30.67 ± 0.44^2	

หมายเหตุ ^{a, b} ที่แสดงในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

^{1,2} ที่แสดงในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

4.3 อุณหภูมิของน้ำทะเล

อุณหภูมิของน้ำทะเลตลอดการศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 28.17 ± 0.37 ถึง 30.30 ± 0.10 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของน้ำทะเลเฉลี่ยสูงสุดในเดือนมีนาคม 2563 เท่ากับ 30.30 ± 0.10 องศาเซลเซียส รองลงมาคือ เดือนกรกฎาคม 2563 และพฤษภาคม 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.81 ± 0.05 และ 29.55 ± 0.14 องศาเซลเซียส ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-6)

อุณหภูมิของน้ำทะเลบริเวณระดับน้ำลงต่ำสุดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 29.31 ± 0.07 องศาเซลเซียส รองลงมาคือ บริเวณระดับน้ำขึ้นน้ำลง และน้ำขึ้นสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.16 ± 0.30 และ 29.09 ± 0.10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4 – 6)

ตารางที่ 4-6 อุณหภูมิของน้ำทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ
จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

พื้นที่	ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค. 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63	เฉลี่ย
ระดับน้ำขึ้นสูงสุด	28.43±0.06	28.17±0.06	28.57±0.06	30.17±0.32	29.75±0.04	29.44±0.05	29.09±0.10 ^a
ระดับน้ำขึ้นน้ำลง	28.17±0.67	27.90±0.70	28.97±0.06	30.23±0.31	29.45±0.02	30.23±0.03	29.16±0.30 ^a
ระดับน้ำลงต่ำสุด	28.57±0.06	28.43±0.06	29.10±0.00	30.37±0.21	29.65±0.03	29.75±0.07	29.31±0.07 ^a
เฉลี่ย	28.37±0.28 ¹	28.17±0.37 ¹	29.04±0.09 ¹	30.30±0.10 ²	29.55±0.14 ²	29.81±0.05 ³	

หมายเหตุ ^{a, b} ที่แสดงในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

^{1,2} ที่แสดงในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

4.4 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำทะเล

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำทะเลตลอดการศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5.40 ± 0.82 ถึง 7.09 ± 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำทะเลเฉลี่ยสูงสุดในเดือนมกราคม 2563 เท่ากับ 7.09 ± 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาคือ เดือนพฤศจิกายน 2562 และมีนาคม 2563 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 6.59 ± 0.26 และ 5.89 ± 0.16 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-7)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำทะเลบริเวณระดับน้ำลงต่ำสุดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 6.34 ± 0.70 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาคือ บริเวณระดับน้ำขึ้นน้ำลง และน้ำขึ้นสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.23 ± 1.48 และ 6.18 ± 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4 - 7)

ตารางที่ 4-7 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์
อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

พื้นที่	ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค. 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63	เฉลี่ย
ระดับน้ำขึ้นสูงสุด	5.30±0.20	5.90±0.95	6.33±0.21	6.33±0.83	6.75±0.04	6.44±0.75	6.18±0.50 ^a
ระดับน้ำขึ้นน้ำลง	6.03±0.64	6.40±1.14	7.10±0.44	6.00±0.46	6.45±0.02	5.42±6.20	6.23±1.48 ^a
ระดับน้ำลงต่ำสุด	4.87±0.40	6.77±0.51	7.07±0.76	5.77±0.15	6.65±0.03	6.88±2.37	6.34±0.70 ^a
เฉลี่ย	5.40±0.82 ¹	6.59±0.26 ²	7.09±0.02 ²	5.89±0.16 ²	6.55±0.14 ²	6.25±3.11 ³	

หมายเหตุ ^{a, b} ที่แสดงในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

^{1,2} ที่แสดงในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

4.5 ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำทะเล

ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำทะเลตลอดการศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 37.17 ± 3.06 ถึง 94.73 ± 1.41 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำทะเลเฉลี่ยสูงสุดในเดือนมกราคม 2562 เท่ากับ 94.73 ± 1.41 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาคือ เดือนพฤษภาคม 2563 และ มีนาคม 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 87.59 ± 3.05 และ 74.54 ± 0.94 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-8)

ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำทะเลบริเวณระดับน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 76.48 ± 2.59 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาบริเวณระดับน้ำขึ้นสูงสุด และน้ำลงต่ำสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76.02 ± 3.93 และ 73.37 ± 2.34 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4 – 8)

ตารางที่ 4-8 ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์
อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

พื้นที่	ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค. 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63	เฉลี่ย
ระดับน้ำขึ้นสูงสุด	36.89 ± 2.67	78.93 ± 2.66	97.47 ± 6.34	80.13 ± 4.64	86.25 ± 1.14	76.44 ± 1.75	76.02 ± 3.93^b
ระดับน้ำขึ้นน้ำลง	39.33 ± 8.35	74.80 ± 5.56	95.73 ± 6.66	73.87 ± 1.32	89.75 ± 2.02	85.42 ± 3.20	76.48 ± 2.59^b
ระดับน้ำลงต่ำสุด	35.00 ± 1.00	74.00 ± 6.00	93.73 ± 2.60	75.20 ± 5.77	85.43 ± 1.23	76.88 ± 3.37	73.37 ± 2.34^a
เฉลี่ย	37.17 ± 3.06^1	74.40 ± 0.57^2	94.73 ± 1.41^5	74.54 ± 0.94^2	87.59 ± 3.05^4	79.58 ± 3.26^3	

หมายเหตุ ^{a, b} ที่แสดงในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

^{1,2,3} ที่แสดงในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

4.6 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำทะเล

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำทะเลตลอดการศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.88 ± 1.04 ถึง 8.81 ± 0.82 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำทะเลเฉลี่ยสูงสุดในเดือนมีนาคม 2563 เท่ากับ 8.81 ± 0.82 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาคือ เดือนพฤษภาคม 2563 กรกฎาคม 2563 และมกราคม 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.38 ± 3.33 7.38 ± 1.36 และ 5.65 ± 2.02 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-9)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำทะเลบริเวณระดับน้ำลงต่ำสุดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 7.19 ± 2.31 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาบริเวณระดับน้ำขึ้นสูงสุด และน้ำขึ้นน้ำลง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.20 ± 2.63 และ 5.76 ± 2.60 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4 – 9)

ตารางที่ 4-9 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำบริเวณหน้าโรงพยาบาลอาภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

พื้นที่	ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค. 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63	เฉลี่ย
ระดับน้ำขึ้นสูงสุด	3.42±0.62	5.31±2.84	3.80±1.22	8.25±0.14	8.90±9.66	7.54±1.57	6.20±2.63 ^a
ระดับน้ำขึ้นน้ำลง	5.07±0.00	3.20±2.14	5.34±0.00	9.75±0.02	3.56±0.77	7.62±1.26	5.76±2.60 ^a
ระดับน้ำลงต่ำสุด	3.14±1.07	7.12±5.88	7.80±2.11	8.43±0.23	9.68±5.72	6.98±1.27	7.19±2.31 ^b
เฉลี่ย	3.88±1.04 ¹	5.21±1.96 ²	5.65±2.02 ²	8.81±0.82 ³	7.38±3.33 ³	7.38±1.36 ³	

หมายเหตุ ^{a, b} ที่แสดงในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)
^{1,2,3} ที่แสดงในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

4.7 ปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำทะเล

ปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำทะเลตลอดการศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 9.56 ± 3.03 ถึง 20.83 ± 1.81 ไมโครโมลาร์ ปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำทะเลเฉลี่ยสูงสุดในเดือนพฤษภาคม 2563 เท่ากับ 20.83 ± 1.81 ไมโครโมลาร์ รองลงมาคือ เดือนมีนาคม 2563 และกรกฎาคม 2563 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 18.69 ± 0.92 และ 18.45 ± 1.24 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-10)

ปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำทะเลบริเวณระดับน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 15.42 ± 5.65 ไมโครโมลาร์ รองลงมาบริเวณระดับน้ำขึ้นสูงสุด และน้ำลงต่ำสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.42 ± 5.69 และ 13.63 ± 5.14 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4 – 10)

ตารางที่ 4-10 ปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอาภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

พื้นที่	ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค. 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63	เฉลี่ย
ระดับน้ำขึ้นสูงสุด	7.88±0.13	10.90±0.49	9.47±0.52	17.66±3.91	21.25±2.62	19.36±1.73	14.42±5.69 ^a
ระดับน้ำขึ้นน้ำลง	13.05±8.44	9.23±1.24	9.66±0.38	19.45±4.90	22.39±0.91	18.75±2.30	15.42±5.65 ^a
ระดับน้ำลงต่ำสุด	7.74±0.35	9.16±0.75	9.83±0.25	18.95±4.10	18.84±0.70	17.25±1.32	13.63±5.14 ^a
เฉลี่ย	9.56±3.03 ¹	9.76±0.99 ¹	9.65±0.18 ¹	18.69±0.92 ²	20.83±1.81 ²	18.45±1.24 ²	

หมายเหตุ ^{a, b} ที่แสดงในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)
^{1,2,3} ที่แสดงในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

4.8 ปริมาณไนโตรเจนในน้ำทะเล

ปริมาณไนโตรเจนในน้ำทะเลตลอดการศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.61 ± 0.04 ถึง 2.59 ± 2.27 ไมโครโมลาร์ ปริมาณไนโตรเจนในน้ำทะเลเฉลี่ยสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน 2562 เท่ากับ 2.59 ± 2.27 ไมโครโมลาร์ รองลงมาคือเดือนกรกฎาคม 2563 และมีนาคม 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.58 ± 0.06 และ 1.34 ± 0.50 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-11)

ปริมาณไนโตรเจนในน้ำทะเลบริเวณระดับน้ำลงต่ำสุดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 1.52 ± 0.74 ไมโครโมลาร์ รองลงมาบริเวณระดับน้ำขึ้นสูงสุด และน้ำขึ้นน้ำลง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.42 ± 0.76 และ 1.19 ± 0.61 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4 - 11)

ตารางที่ 4-11 ปริมาณไนโตรเจนในน้ำทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

พื้นที่	ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค. 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63	เฉลี่ย
ระดับน้ำขึ้นสูงสุด	0.58 ± 0.09	2.75 ± 0.60	0.85 ± 0.11	1.63 ± 1.38	1.28 ± 0.07	1.44 ± 0.15	1.42 ± 0.76^b
ระดับน้ำขึ้นน้ำลง	0.65 ± 0.16	2.27 ± 1.11	0.81 ± 0.14	0.76 ± 0.23	1.21 ± 0.01	1.42 ± 0.02	1.19 ± 0.61^a
ระดับน้ำลงต่ำสุด	0.61 ± 0.08	2.74 ± 1.51	0.87 ± 0.11	1.62 ± 0.96	1.41 ± 0.11	1.88 ± 0.07	1.52 ± 0.74^b
เฉลี่ย	0.61 ± 0.04^1	2.59 ± 2.27^4	0.84 ± 0.03^1	1.34 ± 0.50^2	1.30 ± 0.10^2	1.58 ± 0.06^3	

หมายเหตุ ^{a, b} ที่แสดงในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

^{1,2,3} ที่แสดงในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

4.9 ปริมาณไนเตรทในน้ำทะเล

ปริมาณไนเตรทในน้ำทะเลตลอดการศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.62 ± 0.16 ถึง 7.81 ± 0.69 ไมโครโมลาร์ ปริมาณไนเตรทในน้ำทะเลเฉลี่ยสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน 2562 เท่ากับ 7.81 ± 0.69 ไมโครโมลาร์ รองลงมาคือ เดือนมีนาคม 2563 และมกราคม 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 ± 1.93 และ 3.84 ± 1.75 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-12)

ปริมาณไนเตรทในน้ำทะเลบริเวณระดับน้ำลงต่ำสุดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 5.11 ± 2.24 ไมโครโมลาร์ รองลงมาบริเวณระดับน้ำขึ้นสูงสุด และน้ำขึ้นน้ำลง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 ± 2.28 และ 3.41 ± 1.86 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4 - 12)

ตารางที่ 4-12 ปริมาณไนเตรทในน้ำทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอาภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ
จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

พื้นที่	ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค. 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63	เฉลี่ย
ระดับน้ำขึ้นสูงสุด	3.14±0.14	8.39±0.55	3.09±0.57	4.68±2.83	2.85±0.05	2.64±0.15	4.13±2.28 ^b
ระดับน้ำขึ้นน้ำลง	3.07±0.16	7.04±1.01	2.60±0.16	2.46±0.54	2.72±0.01	2.54±0.22	3.41±1.86 ^a
ระดับน้ำลงต่ำสุด	5.23±0.26	7.98±1.38	5.84±0.22	6.30±1.91	2.62±0.03	2.69±0.37	5.11±2.24 ^c
เฉลี่ย	3.81±1.23 ²	7.81±0.69 ³	3.84±1.75 ²	4.48±1.93 ²	2.73±0.12 ¹	2.62±0.16 ¹	

หมายเหตุ ^{a, b} ที่แสดงในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)
^{1,2,3} ที่แสดงในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

4.10 ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทะเล

ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทะเลตลอดการศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 32.54±0.11 ถึง 56.57±0.98 ไมโครโมลาร์ ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทะเลเฉลี่ยสูงสุดในเดือนมีนาคม 2563 เท่ากับ 56.57±0.98 ไมโครโมลาร์ รองลงมาคือ เดือนกรกฎาคม 2563 และพฤษภาคม 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.25±2.26 และ 42.76±0.08 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-13)

ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทะเลบริเวณระดับน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 42.18±9.43 ไมโครโมลาร์ รองลงมาบริเวณระดับน้ำลงต่ำสุด และน้ำขึ้นสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.97±8.85 และ 41.91±8.89 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4 – 13)

ตารางที่ 4-13 ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอาภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ
จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

พื้นที่	ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค. 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63	เฉลี่ย
ระดับน้ำขึ้นสูงสุด	32.67±0.30	33.61±2.05	40.07±1.53	56.00±4.23	42.67±0.01	46.44±2.75	41.91±8.89 ^a
ระดับน้ำขึ้นน้ำลง	32.51±0.29	34.19±1.73	40.46±1.01	57.70±3.03	42.79±0.01	45.42±6.20	42.18±9.43 ^a
ระดับน้ำลงต่ำสุด	32.45±0.05	35.14±1.23	38.47±2.73	56.02±5.53	42.83±0.03	46.88±2.37	41.97±8.85 ^a
เฉลี่ย	32.54±0.11 ¹	34.31±0.77 ¹	39.67±1.05 ¹	56.57±0.98 ⁴	42.76±0.08 ²	46.25±2.26 ³	

หมายเหตุ ^{a, b} ที่แสดงในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)
^{1,2,3} ที่แสดงในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

5. คุณภาพดิน

5.1 ปริมาณน้ำในดิน

ปริมาณน้ำในดินตลอดการศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 26.36 ± 10.14 ถึง 33.90 ± 2.91 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำในดินเฉลี่ยสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน 2562 เท่ากับ 33.90 ± 2.91 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ เดือนมกราคม 2563 มีนาคม 2563 และพฤษภาคม 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.30 ± 1.76 31.43 ± 4.13 และ 31.43 ± 1.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-14)

ปริมาณน้ำในดินบริเวณระดับน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 31.06 ± 4.17 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาบริเวณระดับน้ำลงต่ำสุด และน้ำขึ้นสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.26 ± 1.64 และ 29.74 ± 3.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4 - 14)

ตารางที่ 4-14 ปริมาณน้ำในดินบริเวณหน้าโรงพยาบาลอาภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

พื้นที่	ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค. 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63	เฉลี่ย
ระดับน้ำขึ้นสูงสุด	25.67 ± 10.24	35.36 ± 6.02	33.09 ± 3.41	26.65 ± 12.42	31.11 ± 1.57	26.56 ± 11.03	29.74 ± 3.81^a
ระดับน้ำขึ้นน้ำลง	24.04 ± 6.14	35.78 ± 2.05	33.53 ± 3.79	33.92 ± 0.75	33.47 ± 1.94	25.63 ± 10.32	31.06 ± 4.17^a
ระดับน้ำลงต่ำสุด	29.84 ± 8.58	30.55 ± 6.82	30.29 ± 0.88	33.71 ± 4.23	30.30 ± 1.03	26.88 ± 12.36	30.26 ± 1.64^a
เฉลี่ย	26.52 ± 2.99^1	33.90 ± 2.91^3	32.30 ± 1.76^2	31.43 ± 4.13^2	31.43 ± 1.65^2	26.36 ± 10.14^3	

หมายเหตุ ^{a, b} ที่แสดงในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

^{1,2,3} ที่แสดงในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

5.2 ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดิน

ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตลอดการศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.02 ± 0.82 ถึง 1.71 ± 0.61 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินเฉลี่ยสูงสุดในเดือนมีนาคม 2563 เท่ากับ 1.71 ± 0.61 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ เดือนกรกฎาคม 2563 และพฤศจิกายน 2562 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.45 ± 0.85 และ 1.39 ± 0.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-15)

ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินบริเวณระดับน้ำขึ้นสูงสุดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 1.43 ± 0.79 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาบริเวณระดับน้ำลงต่ำสุด และน้ำขึ้นน้ำลง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.41 ± 0.49 และ 1.31 ± 0.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4 - 15)

ตารางที่ 4-15 ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินบริเวณหน้าโรงพยาบาลอาภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

พื้นที่	ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค. 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63	เฉลี่ย
ระดับน้ำขึ้นสูงสุด	0.95±1.24	1.37±0.32	1.63±0.41	1.88±1.42	1.09±0.57	1.64±0.36	1.43±0.79 ^b
ระดับน้ำขึ้นน้ำลง	0.90±0.63	1.35±0.96	1.17±0.25	1.73±0.25	1.28±0.94	1.42±0.86	1.31±0.61 ^a
ระดับน้ำลงต่ำสุด	1.22±0.58	1.45±0.82	1.35±0.42	1.53±0.15	1.62±0.47	1.28±0.56	1.41±0.49 ^b
เฉลี่ย	1.02±0.82 ¹	1.39±0.70 ³	1.38±0.36 ³	1.71±0.61 ⁴	1.33±0.66 ²	1.45±0.85 ³	

หมายเหตุ ^{a, b} ที่แสดงในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)
^{1,2,3} ที่แสดงในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

5.3 ปริมาณแอมโมเนียรวมในดิน

ปริมาณแอมโมเนียรวมในดินตลอดการศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 132.91 ± 13.26 ถึง 183.19 ± 22.37 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง ปริมาณแอมโมเนียรวมในดินเฉลี่ยสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน 2562 เท่ากับ 183.19 ± 22.37 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง รองลงมาคือ เดือนมกราคม 2563 และมีนาคม 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 167.23 ± 19.55 และ 164.23 ± 2.67 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-16)

ปริมาณแอมโมเนียรวมในดินบริเวณระดับน้ำลงต่ำสุดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 160.33 ± 36.52 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง รองลงมาบริเวณระดับน้ำขึ้นน้ำลง และน้ำขึ้นสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 157.91 ± 31.34 และ 154.76 ± 30.79 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4 – 16)

ตารางที่ 4-16 ปริมาณแอมโมเนียรวมในดินบริเวณหน้าโรงพยาบาลอาภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

พื้นที่	ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค. 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63	เฉลี่ย
ระดับน้ำขึ้นสูงสุด	159.91±47.81	191.79±19.16	146.92±10.82	163.01±25.24	140.57±14.63	126.44±12.75	154.76±30.79 ^a
ระดับน้ำขึ้นน้ำลง	177.85±25.11	157.80±10.26	185.93±57.03	162.39±27.62	128.07±15.94	135.42±16.20	157.91±31.34 ^b
ระดับน้ำลงต่ำสุด	115.23±75.68	199.98±17.67	168.84±40.02	167.30±26.42	173.72±16.03	136.88±12.37	160.33±36.52 ^b
เฉลี่ย	151.00±32.25 ²	183.19±22.37 ⁴	167.23±19.55 ³	164.23±2.67 ³	147.45±23.59 ²	132.91±13.26 ¹	

หมายเหตุ ^{a, b} ที่แสดงในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)
^{1,2,3} ที่แสดงในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

5.4 ปริมาณไนโตรเจนในดิน

ปริมาณไนโตรเจนในดินตลอดการศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 26.25 ± 1.87 ถึง 56.01 ± 2.07 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง ปริมาณไนโตรเจนในดินเฉลี่ยสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน 2562 เท่ากับ 56.01 ± 2.07 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง รองลงมาคือ เดือนพฤษภาคม 2563 และ กันยายน 2562 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.89 ± 5.60 และ 38.79 ± 5.06 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-17)

ปริมาณไนโตรเจนในดินบริเวณระดับน้ำลงต่ำสุดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 39.66 ± 12.13 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง รองลงมาบริเวณระดับน้ำขึ้นสูงสุด และน้ำขึ้นน้ำลง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.69 ± 8.70 และ 37.97 ± 10.14 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4 – 17)

ตารางที่ 4-17 ปริมาณไนโตรเจนในดินบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

พื้นที่	ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค. 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63	เฉลี่ย
ระดับน้ำขึ้นสูงสุด	43.52 ± 16.38	53.98 ± 8.22	35.82 ± 4.00	28.33 ± 3.75	39.65 ± 10.29	36.84 ± 8.75	39.69 ± 8.70^b
ระดับน้ำขึ้นน้ำลง	39.40 ± 2.45	55.93 ± 2.77	34.39 ± 3.10	24.73 ± 0.21	37.76 ± 15.54	35.62 ± 7.53	37.97 ± 10.14^a
ระดับน้ำลงต่ำสุด	33.46 ± 8.47	58.11 ± 9.27	35.98 ± 2.39	25.68 ± 2.37	48.27 ± 13.43	36.48 ± 5.96	39.66 ± 12.13^b
เฉลี่ย	38.79 ± 5.06^3	56.01 ± 2.07^4	35.40 ± 0.88^2	26.25 ± 1.87^1	41.89 ± 5.60^3	36.31 ± 5.26^2	

หมายเหตุ ^{a, b} ที่แสดงในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)
^{1, 2, 3} ที่แสดงในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

5.5 ปริมาณไนเตรทในดิน

ปริมาณไนเตรทในดินตลอดการศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 68.19 ± 6.17 ถึง 107.73 ± 3.55 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง ปริมาณไนเตรทในดินเฉลี่ยสูงสุดในเดือนมีนาคม 2563 เท่ากับ 107.73 ± 3.55 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง รองลงมาคือ เดือนพฤษภาคม 2563 และ กรกฎาคม 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 88.83 ± 6.83 และ 82.91 ± 2.26 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-18)

ปริมาณไนเตรทในดินบริเวณระดับน้ำขึ้นสูงสุดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 86.67 ± 16.28 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง รองลงมาบริเวณระดับน้ำขึ้นน้ำลง และน้ำลงต่ำสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 85.70 ± 15.74 และ 82.06 ± 13.94 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4 – 18)

ตารางที่ 4-18 ปริมาณไนเตรทในดินบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ
จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

พื้นที่	ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63	เฉลี่ย
ระดับน้ำขึ้นสูงสุด	79.07±5.66	73.69±6.25	73.73±4.63	110.60±17.07	96.51±0.29	86.44±2.75	86.67±16.28 ^b
ระดับน้ำขึ้นน้ำลง	83.08±7.20	61.52±5.36	88.76±5.70	108.84±12.40	86.58±3.04	85.42±2.20	85.70±15.74 ^b
ระดับน้ำลงต่ำสุด	80.50±5.25	69.36±7.69	78.42±5.17	103.76±14.11	83.41±1.43	76.88±2.37	82.06±13.94 ^a
เฉลี่ย	80.88±2.03 ²	68.19±6.17 ¹	80.30±7.69 ²	107.73±3.55 ⁴	88.83±6.83 ³	82.91±2.26 ²	

หมายเหตุ ^{a, b} ที่แสดงในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p < 0.05$)

^{1,2,3} ที่แสดงในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p < 0.05$)

5.6 ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน

ปริมาณฟอสฟอรัสในดินตลอดการศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 42.28±2.41 ถึง 59.58±7.36 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง ปริมาณฟอสฟอรัสในดินเฉลี่ยสูงสุดในเดือนกรกฎาคม 2563 เท่ากับ ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง รองลงมาคือ เดือนมีนาคม 2563 และมกราคม 2563 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 59.49±1.72 และ 58.21±9.87 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-19)

ปริมาณฟอสฟอรัสในดินบริเวณระดับน้ำลงต่ำสุดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 56.93±8.50 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง รองลงมาบริเวณระดับน้ำขึ้นสูงสุด และน้ำขึ้นน้ำลง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 55.94±12.03 และ 48.50±3.61 ไมโครโมลาร์ต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4 – 19)

ตารางที่ 4-19 ปริมาณฟอสฟอรัสในดินบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ
จังหวัดชลบุรี ในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

พื้นที่	ก.ย. 62	พ.ย. 62	ม.ค 63	มี.ค. 63	พ.ค. 63	ก.ค. 63	เฉลี่ย
ระดับน้ำขึ้นสูงสุด	44.51±2.81	45.06±2.98	68.91±5.28	54.18±5.11	56.51±1.29	66.44±4.75	55.94±12.03 ^b
ระดับน้ำขึ้นน้ำลง	42.61±7.18	39.58±3.63	49.46±5.38	57.37±4.42	46.58±3.74	55.42±6.20	48.50±3.61 ^a
ระดับน้ำลงต่ำสุด	39.73±6.03	58.38±8.33	56.26±3.96	66.91±4.70	63.41±1.63	56.88±4.37	56.93±8.50 ^b
เฉลี่ย	42.28±2.41 ¹	47.67±9.67 ²	58.21±9.87 ³	59.49±1.72 ³	55.50±8.46 ³	59.58±7.36 ³	

หมายเหตุ ^{a, b} ที่แสดงในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p < 0.05$)

^{1,2,3} ที่แสดงในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p < 0.05$)

6. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอาหารและมวลชีวภาพของอิพีไฟต์บนใบหญ้าทะเล

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอาหารกับมวลชีวภาพของอิพีไฟต์บนใบหญ้าทะเล พบว่ามวลชีวภาพของอิพีไฟต์มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำทะเล แอมโมเนียรวมในดิน และมวลชีวภาพของหญ้าทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-20)

ส่วนมวลชีวภาพของหญ้าทะเลมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำทะเล และฟอสฟอรัสในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4-20)

ตารางที่ 4-20 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอาหารและมวลชีวภาพของอิพีไฟต์บนใบหญ้าทะเล บริเวณหน้าโรงพยาบาลอาภากรเกียรติวงศ์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรีในเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

สารอาหาร	Pearson correlation	
	มวลชีวภาพของอิพีไฟต์	มวลชีวภาพของหญ้าทะเล
ปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำทะเล	- 0.638*	- 0.543*
ปริมาณไนโตรเจนในน้ำทะเล	0.114	0.231
ปริมาณไนเตรทในน้ำทะเล	0.245	0.463
ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทะเล	0.431*	- 0.269
ปริมาณแอมโมเนียรวมในดิน	- 0.653*	0.215
ปริมาณไนโตรเจนในดิน	0.004	0.469
ปริมาณไนเตรทในดิน	0.002	- 0.259
ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน	- 0.259	- 0.795*
มวลชีวภาพของหญ้าทะเล	- 0.579*	

หมายเหตุ : * แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p < 0.05$)

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการศึกษา และสรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบหญ้าทะเลชนิด *H. uninervis* ตลอดการศึกษา โดยพบอ็พไฟต์ในกลุ่มพืช ทั้งสิ้น 3 ดิวิชัน 6 ชั้น 16 อันดับ 21 วงศ์ 28 สกุล และ 3 กลุ่ม อ็พไฟต์ในกลุ่มพืชที่พบเป็นกลุ่มเด่น คือ *Cocconeis*, *Pleurosigma*, *Nitzschia* และ pennate diatom ในดิวิชัน Chromophyta ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สุชาดา โทโซ๊ะ และจรรยาตี สุริยพันธุ์ (2555) และฐิติมา นิยมศิลป์ชัย และคณะ (2553) ที่พบไดอะตอมในดิวิชัน Chromophyta เป็นกลุ่มเด่น ส่วนในกลุ่มสัตว์ที่พบเป็นกลุ่มเด่น คือ *Tintinnopsis* และ unidentified protozoa 1 ในไฟลัม Protozoa

มวลชีวภาพของอ็พไฟต์บนใบหญ้าทะเลเดือนมีนาคม 2563 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 6.96 ± 0.48 กรัมน้ำหนักแห้งต่อกรัมน้ำหนักแห้งใบหญ้าทะเล แล้วมีแนวโน้มลดลงในเดือนพฤษภาคม หลังจากนั้นจึงเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของฐิติมา นิยมศิลป์ชัย และคณะ (2553) ที่พบว่า ค่าความหนาแน่นของอ็พไฟต์ที่พบบนใบหญ้าทะเล 4 ชนิด มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในเดือนมีนาคม 2550 ที่เป็นช่วงฤดูร้อนมากกว่าเดือนตุลาคม 2549 ที่เป็นช่วงฤดูฝน ซึ่งการแปรผันของมวลชีวภาพอ็พไฟต์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำทะเลเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยทางชีวภาพของหญ้าทะเลด้วย เช่น อายุของหญ้าทะเล การเจริญเติบโต และขนาดของใบหญ้าทะเล (Heijis, 1985)

มวลชีวภาพอ็พไฟต์มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทะเล โดยเฉพาะบริเวณน้ำขึ้นน้ำลงที่มีปริมาณฟอสฟอรัสมากที่สุด และยังได้รับผลกระทบจากความเค็มของน้ำในพื้นที่อื่น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Frankovich & Fourqurean (1997) ที่รายงานมวลชีวภาพอ็พไฟต์บนใบหญ้าทะเลชนิด *T. testudinum* สัมพันธ์กับความเค็มและปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำ โดยความเค็มจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อชนิดอ็พไฟต์ และปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำจะส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณมวลชีวภาพอ็พไฟต์ ซึ่งสามารถยืนยันได้จากปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่มีแนวโน้มมากขึ้นในแต่ละเดือน

การศึกษานี้พบว่ามวลชีวภาพของอ็พไฟต์ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อมวลชีวภาพของหญ้าทะเลโดยตรง เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์แล้วพบว่า เป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อมวลชีวภาพของอ็พไฟต์เพิ่มขึ้นมวลชีวภาพของหญ้าทะเลลดลง เนื่องจากอ็พไฟต์จะอาศัยอยู่บนใบหญ้าทะเล ส่งผลให้ปริมาณแสงที่หญ้าทะเลนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสงลดลง หญ้าทะเลจึงไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ทำให้ปริมาณของหญ้าทะเลลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Borowitzka & Lethbridge (1989) โดยประชาคมสิ่งมีชีวิตที่ปกคลุมใบหญ้าทะเลสามารถลดอัตราการสังเคราะห์แสงของหญ้าทะเลซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าทะเลได้

สรุปผลการศึกษา

ชนิดและมวลชีวภาพของอู่ไฟต์บนใบหญ้าทะเล บริเวณอ่าวสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ระหว่างเดือนกันยายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563 พบอู่ไฟต์ในกลุ่มพืชทั้งสิ้น 3 ดิวิชัน 6 ชั้น 16 อันดับ 21 วงศ์ 28 สกุล และ 3 กลุ่ม อู่ไฟต์ในกลุ่มพืชที่พบเป็นกลุ่มเด่น คือ *Cocconeis*, *Nitzschia*, *Pleurosigma* และ pennate diatom ในดิวิชัน Chromophyta อู่ไฟต์ในกลุ่มสัตว์ที่พบเป็นกลุ่มเด่น คือ *Tintinnopsis* และ unidentified protozoa 1 ในไฟลัม Protozoa และมวลชีวภาพของอู่ไฟต์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.65 ± 0.16 ถึง 6.96 ± 0.48 กรัมน้ำหนักแห้งต่อกรัมน้ำหนักแห้งใบหญ้าทะเล เดือนมีนาคม 2563 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 6.96 ± 0.48 กรัมน้ำหนักแห้งต่อกรัมน้ำหนักแห้งใบหญ้าทะเล และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง เท่ากับ 5.42 ± 2.40 กรัมน้ำหนักแห้งต่อกรัมน้ำหนักแห้งใบหญ้าทะเล จากค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอาหารกับมวลชีวภาพของอู่ไฟต์บนใบหญ้าทะเลพบว่ามวลชีวภาพของอู่ไฟต์มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และมวลชีวภาพของหญ้าทะเล และมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณแอมโมเนียในน้ำ และแอมโมเนียในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และมวลชีวภาพของอู่ไฟต์ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อการลดลงหญ้าทะเลโดยตรง

บรรณานุกรม

- กาญจนภาชน์ ลีวโนมนต์ สุจินต์ ดีแท้ และวิทยา ศรีมโนภาษ. (2534). **อนุกรมวิธานและนิเวศวิทยาในประเทศไทย**. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กาญจนภาชน์ ลีวโนมนต์ สุจินต์ ดีแท้ วิทยา ศรีมโนภาษ และอิชาโอ โอภาวา. (2536). ชนิดและการแพร่กระจายของหญ้าทะเลในประเทศไทย. ใน **เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 31, สาขาสัตว ประมง สัตวแพทยศาสตร์**, (น. 344-355). วันที่ 3 - 6 กุมภาพันธ์ 2536. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และทบวงมหาวิทยาลัย.
- จริยวดี สุริยพันธุ์. (2558). **หญ้าทะเล**. เอกสารประกอบการสอนรายวิชา หญ้าทะเล (309326) ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- จันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์ อติศร เจริญวัฒนาพร และชัยมงคล แยมอรุณพัฒนา. (ไม่ระบุปี พ.ศ.) **การสำรวจพะยูนและแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก**. ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- จิตติมา อายุตตะกะ. (2538). **ประชาคมหญ้าทะเล**. เอกสารประกอบการสอนวิชา 255596 ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: ฝ่ายการพิมพ์ กองแผนที่และการพิมพ์.
- ซัซรี สุพันธุ์วณิช. (2537). **ประชาคมสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กบนใบหญ้าทะเลชนิด *Enhalus acoroides* (Linnaeus f.) Royle บริเวณแหลมหยงหล้า อุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม จังหวัดตรัง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง, บัณฑิตวิทยาลัย. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ซัซรี สุพันธุ์วณิช. (2549). **สัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาหญ้าทะเล**. เอกสารคำสอนวิชาสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาหญ้าทะเล (252523) ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: ฝ่ายการพิมพ์ กองแผนที่และการพิมพ์.

- ซัซรี สุพันธ์วิณิช ฉนวนานู ศุขสุนทร กาญจนภาชน์ ลิ้มโนมนต์ และธิดารัตน์ น้อยรักษา. (2546).
 หญ้าทะเลบริเวณหมู่เกาะสัตหีบ จังหวัดชลบุรี. ใน การประชุมวิชาการทรัพยากรไทย:
 ธรรมชาติแห่งชีวิต (การประชุมวิชาการของชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ.
 ครั้งที่ 1), (น. 106-113). วันที่10-12 พฤษภาคม 2546. กรุงเทพฯ: สำนักพระราชวัง
 พระราชวังดุสิต.
- ชื่นกมล สุวรรณชาติ. (2549). การประเมินการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน
 จังหวัดจันทบุรี. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะเทคโนโลยีทางทะเล. จันทบุรี:
 มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี.
- โชคชัย เหลืองธูวปราณีต. (2554). หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: โพรเพช.
- จิตติมา นิยมศิลป์ชัย จิตติมา आयุตตะกะ และสุนันท์ ภัทรจินดา. (2553). อีพีไฟติกไดอะตอมบน
 ใบหญ้าทะเล *Cymodocea rotundata* และ *Thalassia hemprichii* บริเวณบ้าน
 ป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และวิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธีศักดิ์. (2540). คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 3.
 กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. (2543). แพลงก์ตอนสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. (2544). แพลงก์ตอนพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. และโสภณา บุญญาภิวัฒน์. (2546). คู่มือวิธีการเก็บและวิเคราะห์แพลงก์ตอน.
 กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วรรณมา กิ่งกาญจน์. (2543). การสำรวจหญ้าทะเล. กรุงเทพฯ: ส่วนอุทยานแห่งชาติทางทะเล สำนัก
 อนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ กรมป่าไม้.
- วิภา พึ่งเจริญ. (2555). องค์ประกอบชนิดและการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพของหญ้าทะเลบริเวณ
 ด้านหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ ตำบลสัตหีบ อ่าวสัตหีบ จังหวัดชลบุรี.
 ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์. ชลบุรี:
 มหาวิทยาลัยบูรพา.

- ศรัณญา ภู่วนิช. (2555). **องค์ประกอบของดินตะกอนในแนวหญ้าทะเล บริเวณด้านหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์ ตำบลสัตหีบ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี**. ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สมบัติ ภู่วชิรานนท์. (2553). **แนวทางการฟื้นฟูทรัพยากรแหล่งหญ้าทะเล ใน แนวทางการฟื้นฟูระบบนิเวศจากเขาสู่ทะเล องค์การระหว่างประเทศเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ**, (น. 45-55). ภูเก็ต: สถาบันวิจัยและพัฒนา ทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน.
- สมบัติ ภู่วชิรานนท์ กาญจนา อุดลยกุลโกศล ภูธร แซ่หลิม อติศร เจริญวัฒนาพร ชัยมงคล แยมอรุณพัฒนา และจันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์. (2549). **หญ้าทะเลในน่านน้ำไทย**. สถาบันวิจัยและพัฒนา ทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน. ภูเก็ต: บริษัท ลิ้มมาร์ค แอ็ดเวอร์ไทซิ่ง จำกัด (โรงพิมพ์).
- ส่วนอุทยานแห่งชาติทางทะเล สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ กรมป่าไม้. (2543). **การสำรวจหญ้าทะเล คู่มืออุทยานแห่งชาติ ลำดับที่ 3**. กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้.
- สายสุนีย์ จักษุอินทร์. (2541). **การแพร่กระจายและองค์ประกอบชนิดของหญ้าทะเลในอำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุชาดา โทโซ๊ะและจริยาวดี สุริยพันธ์. (2557). **ประชาคมสิ่งมีชีวิตเกาะติดขนาดเล็กบนใบหญ้าทะเล *Halodule uninervis* (Forsskål) Ascherson บริเวณอ่าวสัตหีบ จังหวัดชลบุรี**. ใน **การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเลครั้งที่4: วิทยาการของทะเลสีคราม**, (น. 190-197). วันที่ 10-12 มิถุนายน 2557. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ศูนย์ประชุมนานาชาติ ฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี.
- สุวลักษณ์ นทีกาญจนลาภ. (2532). **หญ้าทะเล**. โครงการอนุรักษ์พื้นที่ชายฝั่งทะเล มูลนิธิคุ้มครองสัตว์ป่าและพรรณพืชแห่งประเทศไทยในพระบรมราชินูปถัมภ์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- APHA AWWA and WPCF. (1995). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 19th edition**. Washington: America Public Health Association.
- Ballantine D. and Humm H.J. (1975). Benthic algae of the Anclote estuary I. Epiphytes of seagrass leaves. **Florida Scientist**, 38(8): 150-162.

- Borowitzka M.A. and Lethbridge R.C. (1989). Seagrass Epiphytes. In: A.W.D. Larkum, A.J. McComb and S.A. Shepherd (Eds.), **Biology of Seagrasses**, (pp. 458-499). Amsterdam: Elsevier.
- Borowitzka M.A., Lethbridge R.C. and Charlton L. (1990). Species richness, spatial distribution and colonisation pattern of algal and invertebrate epiphytes on the seagrass *Amphibolis griffithii*. **Marine Ecology Progress Series**, **64**: 281-291.
- Bramwell M.D. and Woelkerling, W.J. (1984). Studies on the distribution of Pneophyllum Foliella plant (Corallinaceae, Rhodophyta) on leaves of the seagrass *Amphibolis antarctica* (Cymodoceaceae). **Australian Journal of Botany**, **32**: 131-137.
- Brauner J.F. (1975). Seasonality of epiphytic algae on *Zostera marina* at Beaufort, North Carolina. **Nova Hedwigia**, **26**: 125-133.
- Cambridge M.L. and Hocking P.J. (1997). Annual primary production and nutrient dynamics of the seagrasses *Posidonia sinuosa* and *Posidonia australis* in south-western Australia. **Aquatic Botany**, **59**: 277-295.
- Capone D.G. and Taylor B.F. (1977). Nitrogen fixation (Acetylene Reduction) in the phyllosphere of *Thalassia testudinum*. **Marine Biology**, **40**: 19-28.
- Cebrian J., Enriquez S., Fortes M., Agawin N., Vermaat J.E. and Duarte C.M. (1999). Epiphyte accrual on *Posidonia oceanic* (L.) Delile leaves: Implications for light absorption. **Botanica Marina**, **42(2)**: 123-128.
- Costanza R., Cumberland J.C., Daly H.E., Goodland R. and Norgaard R. (1997). **An Introduction to Ecological Economics**. Boca Raton: St. Lucie Press.
- den Hartog C. (1970). **The Seagrasses of the World**. Amsterdam: North-Holland Publishing Co.
- den Hartog C. and Kuo J. (2006). Taxonomy and biogeography of seagrasses. In A.W.D. Larkum, R.J. Orth, and C.M. Duarte (Eds). **Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation**, (pp. 1 - 23). Netherlands: Springer.

- Dennison W. C. and Alberte R. S. (1982). Photosynthetic response of *Zostera marina* L. (eelgrass) to in situ manipulations of light intensity. **Oecologia**, **55**: 137–144.
- Duarte C.M. (2002). The future of seagrass meadows. **Environmental Conservation**, **29**: 192–206.
- English S., Wilkinson C. and Baker V. (1997). Survey Manual for Tropical Marine Resources. **Townsville: Australian Institute of Marine Science**.
- Frankovich T.A. and Zieman J.C. (1994). Total epiphyte and epiphytic carbonate production on *Thalassia testudinum* across Florida Bay. **Bulletin of Marine Science**, **54**: 679-695.
- Frankovich T.A. and Fourqurean J.W. (1997). Seagrass epiphyte loads along a nutrient availability gradient Florida Bay USA. **Marine Ecology Progress Series**, **159**: 37-50.
- Funge-smith S.J. and Briggs M.R.P. (1998). Nutrient budgets in intensive shrimp ponds: implications for sustainability. **Aquaculture**, **164**: 117-133.
- Goering, J.J. and Parker P.L. (1972). Nitrogen fixation by epiphytes on seagrasses. **Limnology and Oceanography**, **17**: 320-323.
- Hall M.O. and Bell S.S. (1993). Meiofauna on the seagrass *Thalassia testudinum*: population characteristics of harpacticoid copepods and associations with algal epiphytes. **Marine Biology**, **116**: 137–146.
- Heijs F.M.L. (1985). The seasonal distribution and community structure of the epiphytic algae on *Thalassia hemprichii* (Ehrenb.) Aschers. from Papua New Guinea. **Aquatic Botany**, **21**: 295-324.
- Humm H.J. (1964). Epiphytes of the seagrass, *Thalassia testudinum* König, in Florida. **Bulletin of Marine Science. Gulf Caribb.**, **14**: 306-341.

- Kikuchi, T. (1980). Faunal relationships in temperate seagrass. Cited by S. Nateekanjanalarp. **Seagrass Communities at Koh Samui, Surat Thani Province**. Thesis, M. S. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University.
- Kikuchi T. and Peres J.M. (1973). Animal communities in the seagrass beds: a review. Cited by T. Kikuchi. Japanese contributions on consumer ecology in eelgrass (*Zostera marina* L.) beds, with special reference to trophic relationships and resources in inshore fisheries. **Aquaculture**, **4**: 145-160.
- Kurilenko V.V., Ivanova E.P. and Mikhailov V.V. (2001). Zonal distribution of epiphytic microorganisms on the eelgrass *Zostera marina*. **Microbiology**, **07**: 372-373
- Land L. S. (1971). Carbonate mud: production by epibiont growth on *Thalassia testudinum*. Cited by M.A. Borowitzka and R.C. Lethbridge. Seagrass Epiphytes, In A. D.W. Larkum, A.J. McComb and S.A. Shepherd (Eds.), **Biology of Seagrasses** (pp. 458-499). Oxford: Elsevier.
- Larkum A.W.D., Orth R.J. and Duarte C.M. (2006). **Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation**. Dordrecht (The Netherlands): Springer.
- Leawmanomon K. and Supanwanid C. (2003). Seagrasses in Thailand. In P.G. Edmund and T.S. Frederick (Eds). **World Atlas of Seagrasses** (pp. 144 – 151). London: UNEP - WCMC, Cambridge.
- Lee K.S. and K.H. Dunton. (1999). Inorganic nitrogen acquisition in the seagrass *Thalassia testudinum* development of a wholeplant nitrogen budget. **Limnology and Oceanography**, **44**: 1204-1215.
- May V. (1982). The use of epiphytic algae to indicate environmental changes. Cited by M.A. Borowitzka and R.C. Lethbridge, Seagrass Epiphytes. In A. D.W. Larkum, A.J. McComb and S.A. Shepherd (Eds.), **Biology of Seagrasses** (pp. 458-499) Oxford: Elsevier.

- May V., Collins J.A. and Collett L.C. (1978). A comparative study of epiphytic algae communities on two common genera of seagrasses in Eastern Australia. Cited by M.A. Borowitzka and R.C. Lethbridge, Seagrass Epiphytes. In A.D.W. Larkum, A.J. McComb and S.A. Shepherd. (Eds.), **Biology of Seagrasses** (pp. 458-499). Oxford: Elsevier.
- Mazzella L. (1999). Epiphytic diatoms of seagrasses (*Posidonia australis*, *P. sinuosa*, *P. coriacea*) from Western Australia. In: D.I. Walker and F.E. Wells (Eds.), **The Seagrass Flora and Fauna of Rottnest Island** (pp. 89–100). Western Australian Museum: Perth.
- McRoy C.P., Barsdate R.J. and Nebert M. (1972). Phosphorus cycling in an eelgrass (*Zostera marina* L.) ecosystem. **Limnology and Oceanography**, **17(1)**: 58-67.
- McRoy C.P. and Goering J.J. (1974). Nutrient transfer between the seagrass *Zostera marina* and its epiphytes. **Nature**, **248**: 173-174.
- Mellors J.E. (1991). An evaluation of a rapid visual technique for estimating seagrass biomass. **Aquatic Botany**, **42**: 67–73.
- Millhouse J. and Strother S. (1986). The effect of pH on the inorganic carbon source for photosynthesis in the seagrass *Zostera muelleri* Irmisch ex aschers. **Aquatic Botany**, **24(2)**: 199–209.
- Morgan M.D. and Kitting C.L. (1984). Productivity and utilization of the seagrass *Halodule wrightii* and its attached epiphytes. **Limnology and Oceanography**, **29(5)**: 1066-1076.
- Neverauskas V.P. (1987). Accumulation of periphyton biomass on artificial substrates deployed near a sewage sludge outfall in South Australia. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, **25(5)**: 509–517.
- Nishihira M. (1968). Distribution pattern of hydrozoa on the broad-leaved eelgrass and narrow leaved eelgrass. **Bulletin Marine Biology Stat Asamushi** **13**: 125–138.

- Paling E.I. and McComb A.J. (2000). Autumn biomass, belowground productivity, rhizome growth at bed edge and nitrogen content in seagrasses from Western Australia. **Aquatic Botany**, **67**: 207–219.
- Pedersen O., Colmer T.D. and Sand-Jensen K. (2013). Underwater photosynthesis of submerged plants - recent advances and methods. **Frontiers in Plant Science**, **4(140)**: 1-19. doi: 10.3389/fpls.2013.00140.
- Phillips R.C. and Menez E.G. (1988). **Seagrasses**. Smithsonian Contribution to the marine Science series no. 34. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.
- Poovachiranon S. and Chansang H. (1994). Community structure and biomass of seagrass beds in the Andaman sea. I. Mangrove-associated seagrass beds. **Phuket Marine Biological Center Research Bulletin**, **59**: 53 – 64.
- Poovachiranon S and Adulyanukosol K. (1999). Seagrass community and marine algae in Thailand. **Proceedings of the first Korea-Thailand Joint Workshop on Comparison of Coastal Environment** (pp. 84-96): Korea-Thailand. 9-10 september 1999. Seoul, Korea.
- Short F.T. and Coles R.G. (2001). **Global Seagrass Research Methods**. Amsterdam: Elsevier Science B.V.
- Short F.T., Coles R.G. and Pergent-Martini C. (2001). Global Seagrass Distribution. Chapter 1, In F.T. Short, R.G. Coles (Eds). **Global Seagrass Research Methods**. (pp. 5-30). Amsterdam: Elsevier Science.
- Sullivan M.J. (1979). Epiphytic diatoms of three seagrass species in mississippi sound. **Bulletin of Marine Science**, **29(4)**: 459-464.
- Thursby G.B. and Davis J.S. (1984). Species composition and relative abundance of attached diatoms and other algae in the coastal waters adjacent to Seahorse Key. **Florida. Florida Scientist**, **47**: 130-140.

- Tomasko D.A. and Dawes C.J. (1989). Evidence for the physiological integration between shaded and unshaded short shoots of *Thalassia testudinum*. **Marine Ecology Progress Series**, **54**: 299-305
- Turner J.V. (1982). Kinetic fractionation of carbon-13 during calcium carbonate precipitation. **Geochemica et Cosmochimica Acta**, **46**: 1183-1191.
- Uku J. and Bjoerk M. (2001). The distribution of epiphytic algae on three Kenyan seagrass species. **South African Journal of Botany**, **67**: 475– 482
- Webb D.G. (1990). Intrashoot distributions of Leaf dwelling harpacticoid copepod on the seagrass *Zostera marina* L. : implications for sampling design. **Hydrobiologia**, **206**: 155-162.
- Welsh D.T. (2000). Nitrogen fixation in seagrass meadows: Regulation, plant–bacteria interactions and significance to primary productivity. **Ecology Letters**, **3**: 58–71.
- Yamamuro M. (1999). Importance of epiphytic cyanobacteria as food sources for heterotrophs in a tropical seagrass bed. **Coral Reefs** **18**: 263–271.

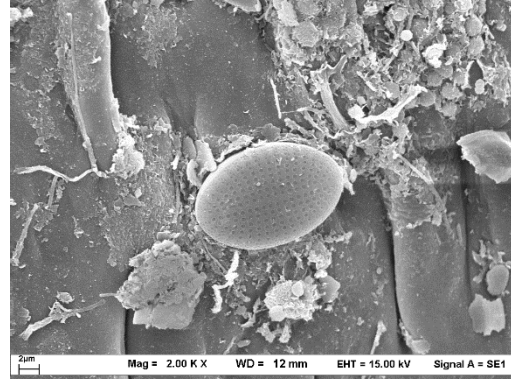
ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1

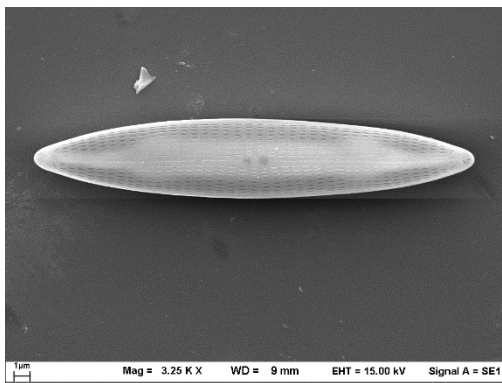
ชนิดของอิฟิไฟต์ที่พบบนใบหญ้าทะเลบริเวณหน้าโรงพยาบาลอภากรเกียรติวงศ์
อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี



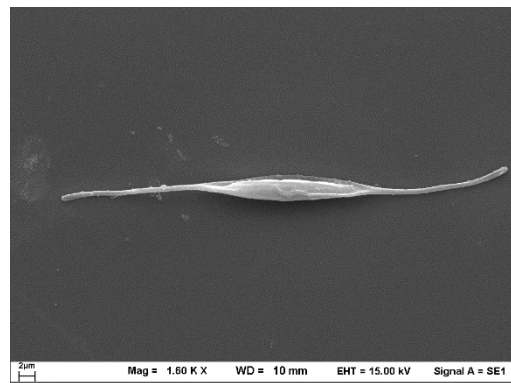
Amphora sp.



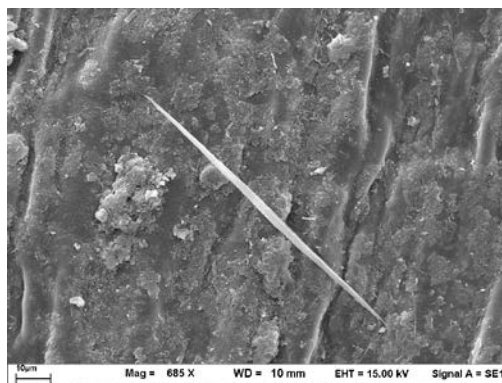
Cocconeis sp.



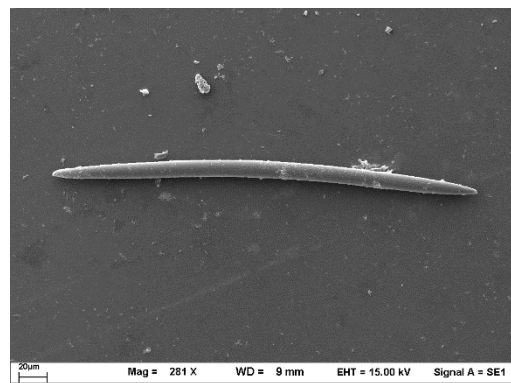
Navicula sp.



Nitzschia sp.1



Nitzschia sp.2



Nitzschia sp.3

ภาพภาคผนวกที่ 1 - 1 ชนิดของอิฟิไฟต์ที่พบบนใบหญ้าทะเล



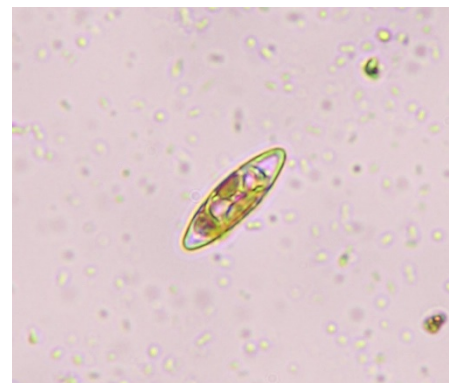
Amphora sp.



Ardissonaea sp.



Licmophora sp.



Navicula sp.

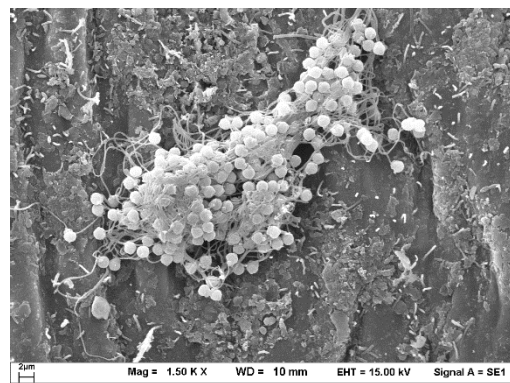
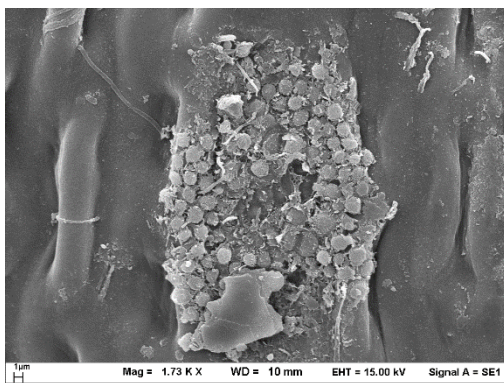
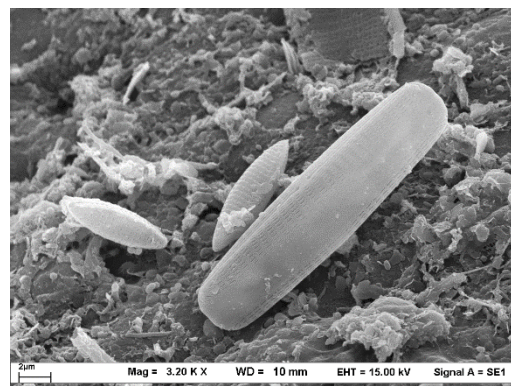
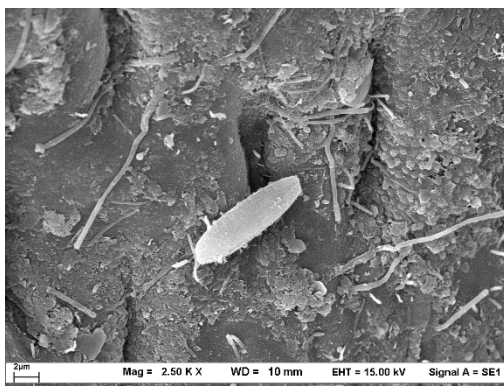
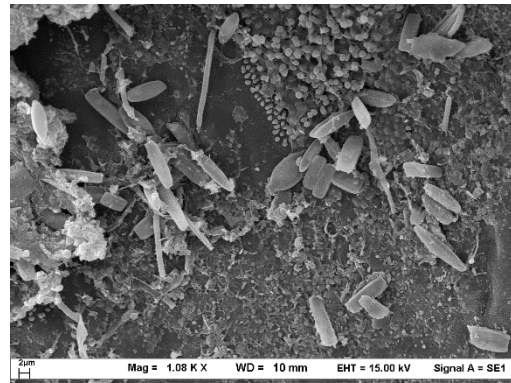
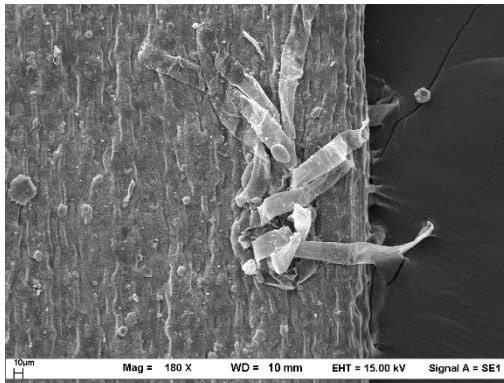


Nitzschia sp.



Pleurosigma sp.

ภาพภาคผนวกที่ 1 - 1 (ต่อ)



ภาพภาคผนวกที่ 1 - 2 ลักษณะการเกาะติดของอู่ไฟต์บนใบหญ้าทะเล

ภาคผนวกที่ 2

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. วิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียรวม (Total ammonia nitrogen: TAN) ใช้วิธี phenol - hypochloride

สารเคมี และวิธีเตรียม

1. น้ำกลั่น de-ionized น้ำกลั่น de-ionized ใช้สำหรับเตรียมสารละลาย, แบลงค์ และสารมาตรฐาน น้ำกลั่นที่ใช้ควรได้จากการกลั่นใหม่

2. สารละลายฟีนอล (C_2H_5OH) ละลายฟีนอล 20 กรัม ในเอทิลแอลกอฮอล์ 95% (V/V) 200 มิลลิลิตร

3. สารละลายโซเดียมไนโตรปริสไซด์ ละลายโซเดียมไนโตรปริสไซด์ ($Na_2Fe(CN)_5NO \cdot 2H_2O$) 1 กรัม ในน้ำ de-ionized 200 มิลลิลิตร เก็บรักษาสารละลายนี้ในขวดแก้วสีน้ำตาลสารละลายนี้มีอายุ 1 เดือน

4. สารละลายอัลคาไลน์ ละลายไตรโซเดียมซิเตรทไดไฮเดรต ($Na_3C_2H_5O_7 \cdot 2H_2O$) (analytical reagent grade) 100 กรัม และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (analytical reagent grade) 5 กรัม ในน้ำ de-ionized 500 มิลลิลิตร

5. สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ที่มีอยู่ในท้องตลาด (เช่น ไฮเตอร์) เพื่อให้ความเข้มข้นของคลอไรด์มากกว่า 1.5 นอร์มอล ควรซื้อที่ผลิตขึ้นมาใหม่ อย่างไรก็ตามจะต้องตรวจสอบความแรงของไฮเตอร์ก่อนใช้ ดังนี้

1) ละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) 12.5 กรัม ในน้ำ deionized 500 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

2) ละลายโปแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) 2 กรัม ในน้ำ deionized 50 มิลลิลิตร ในพลาสติก แล้วเติมไฮเตอร์ลงไป ในอัตราส่วน 4:1

3) เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (12 นอร์มอล) ลงในสารละลายในข้อ 2

4) ไตรเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.1 นอร์มอล จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นไม่มีสี

5) ไฮเตอร์จะเสื่อมสภาพและนำมาวิเคราะห์หาแอมโมเนียไม่ได้ถ้าการไตรเตรท ตามข้อ 4) ใช้สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตน้อยกว่า 12 มิลลิลิตร

6. สารละลายออกซิไดซิง ผสมสารละลายอัลคาไลน์และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ เข้าด้วยกันในอัตรา ส่วน 4 : 1 (อัลคาไลน์ 100 มิลลิลิตร และ สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 25 มิลลิลิตร) สารละลายนี้ควรเตรียมใหม่ทุกวัน

7. **น้ำทะเลเทียม** ละลายโซเดียมคลอไรด์ (analytical reagent quality) เป็นกรัมตามความเค็มที่ต้องการในน้ำกลั่น 1 ลิตร

8. สารละลายมาตรฐานของแอมโมเนีย

8.1) ละลายแอมโมเนียมคลอไรด์(NH_4Cl) (analytical reagent grade) ที่อบแห้ง 105 - 110 องศาเซลเซียส นาน 2 - 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดวงความชื้น แล้วชั่ง 0.1910 กรัม ด้วยน้ำกลั่น de - ionized แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร ด้วยขวดวัดปริมาตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 50 mg-N/L และเรียกสารละลายนี้ว่า stock standard solution เก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดสีชา สารละลายนี้มีอายุการใช้งาน 6 เดือนถึง 1 ปี

นำสารละลายมาตรฐานมา 2 มิลลิลิตร และเจือจางให้เป็น 100 มิลลิลิตร ใน Volumetric Flask ด้วยน้ำกลั่น (2 ppm)

ตารางภาคผนวกที่ 2 - 1 ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนีย

ความเข้มข้น (ppm)	น้ำกลั่นปราศจากไอออน (มล.)	สารละลายมาตรฐาน 2 ppm (มล.)
0	20	0
0.2	18	2
0.4	16	4
0.6	14	6
0.8	12	8
1.0	10	10

ขั้นตอนวิเคราะห์

1. การเตรียมกราฟมาตรฐาน (Calibration curve)

- 1) ตวงสารละลายมาตรฐาน 25 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่หรือหลอดทดลอง
- 2) เติมสารละลายฟีนอล 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
- 3) เติมสารละลายโซเดียมไนโตรปริสไซด์ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
- 4) เติมสารละลายออกซิไดซิง 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ปิดฝาด้วยกระดาษฟลอยด์ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนแอมโมเนียในอากาศ
- 5) ทิ้งไว้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 24 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการทวงกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร จดบันทึกค่าการทวงกลืนแสงที่ได้
- 6) วัดค่าการทวงกลืนแสงของรีเอเจนแบลнк (Reagent blank) โดยนำน้ำปราศจากไอออนมาเติมรีเอเจนท์ตามข้อ 1 - 5 แล้วนำไปวัดค่าการทวงกลืนแสงโดยใช้ cuvette ที่มี cell path 1 เซนติเมตร ค่าการทวงกลืนแสงของรีเอเจนแบลнкไม่ควรมีค่าเกิน 0.007

7) นำข้อมูลที่ได้มาทำกราฟมาตรฐานและหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการตรวจกลิ่นแสง และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน

2. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1) ตวงน้ำตัวอย่าง 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดพลาสติกที่มีฝาปิดเป็นเกลียวเพื่อป้องกันการระเหยของแอมโมเนีย

2) เติมสารละลายฟีนอล 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไนโตรปริสไซด์ และสารละลายออกซิไดซิง 1 มิลลิลิตร และ 2.5 มิลลิลิตร ตามลำดับ หลังจากเติมน้ำยาเคมีแต่ละชนิดเขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 24 ชั่วโมง

3) นำไปวัดค่าการตรวจกลิ่นแสงที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร

4) จดบันทึกค่าความเข้มข้นที่วัดได้ หรือนำค่าการตรวจกลิ่นแสงที่ได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของแอมโมเนียในตัวอย่างจากกราฟมาตรฐานที่ได้เตรียมไว้

2. ปริมาณไนไตรท์ (nitrite - nitrogen) ใช้วิธี Colorimetric Method

สารเคมีและวิธีเตรียม

1. สารละลายซัลฟานิลลาไมด์ ละลายซัลฟานิลลาไมด์ ($C_6H_8N_2O_2S$) 5 กรัม ในของผสมของกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 50 มิลลิลิตร กับน้ำกลั่นประมาณ 300 มิลลิลิตร จากนั้นเจือจางสารละลายที่ได้ให้มีปริมาตร 500 มิลลิลิตร

2. สารละลายแนฟทิลเอธิลีนไดอะมีนไดไฮโดรคลอไรด์ (NED) ละลายแนฟทิลเอธิลีนไดอะมีนไดไฮโดรคลอไรด์ ($C_{10}H_7NHCH_2CH_2NH_2 \cdot 2HCl \cdot CH_3OH$) 0.50 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร สารละลายตัวนี้เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แต่ควรเปลี่ยนทุก ๆ 1 เดือน หรือเปลี่ยนทันทีที่เห็นสารละลายเป็นสีน้ำตาล

3. สารละลายมาตรฐานของไนไตรท์ ละลายโซเดียมไนไตรท์ ($NaNO_2$) ที่อบแห้ง 105 - 110 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง (อบนาน 24 ชั่วโมงก็ได้) แล้วชั่งมา 0.345 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 70 mg-N/L หรือ 5 mg-at N/L (5 mM) สารละลายนี้เรียกว่า stock standard solution เก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดสีชาแล้วแช่เย็นไว้ สารละลายมีอายุการใช้งานประมาณ 1-2 เดือน จากนั้นนำสารละลาย NO_2^- -N ที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มา 1.25 มิลลิลิตร เจือจางให้เป็น 250 มิลลิลิตร ใน volumetric flask ด้วยน้ำกลั่น สารละลายนี้จะมีความเข้มข้นของ NO_2^- -N เป็น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางภาคผนวกที่ 2 - 2 ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์

ความเข้มข้น (ppm)	น้ำกลั่นปราศจากไอออน (มล.)	สารละลายมาตรฐาน 0.5 ppm (มล.)
0	50	0
0.05	45	5
0.10	40	10
0.15	35	15
0.20	30	20
0.30	20	30

ขั้นตอนวิเคราะห์

1. การเตรียมกราฟมาตรฐาน

- 1) ตวงสารละลายมาตรฐาน 25 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ
- 2) เติมสารละลายซัลไฟด์นิลาไมด์ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 2 - 8 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์
- 3) เติมสารละลาย NED 1 มิลลิลิตร เขย่าตัวอย่างทันที ทิ้งไว้ 5 นาที ถึง 2 ชั่วโมง น้ำตัวอย่างที่มีไนไตรท์จะเป็นสีชมพู สีที่เกิดขึ้นจะคงตัวอย่างประมาณ 2 ชั่วโมง
- 4) นำไปวัดค่าการตวงกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร
- 5) แบลงค์ใช้น้ำปราศจากไอออนและเติมรีเอเจนต์ตามข้อ 1 - 5
- 6) นำข้อมูลมาทำกราฟมาตรฐานและหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการตวงกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์

2. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

- 1) ตวงน้ำตัวอย่าง 25 มิลลิลิตร ด้วยกระบอกตวงใส่พลาสติกรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร หากกรองแล้วน้ำตัวอย่างยังขุ่นให้ตวงน้ำตัวอย่างใส่พลาสติกเพิ่มอีกหนึ่งพลาสติก พลาสติกนี้ไม่ต้องเติมน้ำยาเคมี น้ำตัวอย่างในพลาสติกนี้เรียกว่า turbidity blank
- 2) เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 2 - 8 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์
- 3) เติมสารละลาย NED 1 มิลลิลิตร เขย่าตัวอย่างทันที แล้วทิ้งไว้ 10 นาที ถึง 2 ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำตัวอย่างทั้งที่เติมน้ำยาเคมีและไม่ได้เติมน้ำยาเคมีไปวัดค่าการตวงกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร
- 4) สำหรับแบลงค์ใช้น้ำกลั่น แล้วทำเช่นเดียวกับน้ำตัวอย่าง
- 5) จดบันทึกค่าความเข้มข้นที่วัดได้ หรือนำค่าการตวงกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของไนไตรท์ในตัวอย่างจากกราฟมาตรฐานที่ได้เตรียมไว้

3. ปริมาณไนเตรท (nitrate - nitrogen) ใช้วิธี Cadmium Reduction

สารเคมี และวิธีเตรียม

1. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น ละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 125 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เก็บสารละลายที่ได้ในขวดแก้วหรือขวดพลาสติก

2. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เจือจาง ตวงสารละลายในข้อ 1 มา 50 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 2,000 มิลลิลิตร เก็บสารละลายที่ได้ในขวดแก้วหรือขวดพลาสติก

3. สารละลายซัลฟานิลไมด์ ใช้สารละลายเดียวกับไนไตรท์

4. สารละลายแนฟทิลเอธิลีนไดอะมีนไดไฮโดรคลอไรด์ (NED) ใช้สารละลายเดียวกับไนไตรท์

5. น้ำทะเลเทียม เตรียมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาแอมโมเนีย

6. Cadmium - copper

1) นำเม็ดแคดเมียม ขนาด 0.5 - 2 มิลลิเมตร จำนวน 25 กรัม ล้างด้วย 6 N HCl (500 มิลลิลิตร เจือจางให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร) แล้วทำการล้างด้วยน้ำกลั่น 5 ครั้ง

2) เติมสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต 2 % (v/w; 20 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และทำให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร) ให้ท่วมเม็ดแคดเมียมใช้แท่งแก้วคนจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป เติมน้ำกลั่นออกแล้วเติมเข้าไปใหม่ใช้แท่งแก้วคนจนเกิดตะกอนแขวนลอยของคอปเปอร์

3) จากนั้นล้างแคดเมียมที่เคลือบด้วยทองแดงแล้ว (Cu - Cd) ด้วยน้ำกลั่น อย่างน้อย 10 ครั้ง เพื่อล้างตะกอนทองแดงออกให้หมด

7. สารละลาย CuSO_4 2 % (W/V) ละลาย $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 10 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร

8. กรด HCl 5 % (v/v)

9. สารละลายมาตรฐานไนเตรท ละลายโปแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) ที่อบแห้ง 105 - 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง 0.3611 กรัม ด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร ใน volumetric flask (200 ppm) นำ standard nitrate solution มา 5 มิลลิลิตร และเจือจางให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใน volumetric flask จะมีความเข้มข้น 10 ppm สารละลายที่ได้เรียกว่า stock standard solution เก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดสีชาแล้วแช่เย็นไว้ สารละลายนี้เสถียรตลอดไป

ตารางภาคผนวกที่ 2 - 3 ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรท

ความเข้มข้น (ppm)	น้ำกลั่นปราศจากไอออน (มล.)	สารละลายมาตรฐาน 10 ppm (มล.)
0	50	0
0.2	49	1
0.4	48	2
0.6	47	3
0.8	46	4
1.0	45	5

การเตรียมคอลัมน์

1. ใส่ใยแก้วที่ด้านล่างของคอลัมน์ จากนั้นเติมน้ำ แล้วค่อยๆเติมแคดเมียมที่เตรียมไว้แล้ว (Cd - Cu) โดยให้ความยาวประมาณ 18.5 เซนติเมตร โดยให้ระดับน้ำอยู่เหนือเม็ดแคดเมียมตลอดเวลา

2. ทำการล้างคอลัมน์ ด้วยสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เจือจาง

3. กระตุ้น reduction column โดยเทสารละลายซึ่งประกอบด้วยสารละลายมาตรฐานไนเตรต 1.0 มก./ล. ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ผสมกับแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น ปริมาตร 75 มิลลิลิตร ให้ไหลผ่าน reduction column ในอัตรา 7 - 10 มิลลิลิตรต่อนาที

การหาประสิทธิภาพคอลัมน์

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานของไนไตรท์และไนเตรทที่ความเข้มข้นเดียวกันสำหรับคอลัมน์แต่ละคอลัมน์ (0.070 mg - N/L) (แปลงค่าได้จากแปลงค์ของตัวอย่าง)

2. นำสารละลายของไนเตรทไปผ่านคอลัมน์โดยดำเนินการเช่นเดียวกับตัวอย่างทุกขั้นตอนสำหรับสารละลายมาตรฐานของไนไตรท์เติม sulfanilamide และ NED โดยไม่ต้องผ่านคอลัมน์

3. นำไปวัดค่าการทวงกลืนแสง คำนวณหาประสิทธิภาพของคอลัมน์ดังนี้ ประสิทธิภาพของคอลัมน์

$$= \frac{\text{Abs (0.070 mg-N/L NO}_3^-) - \text{Abs (Blank mg - N/L NO}_3^-)}{\text{Abs (0.070 mg - N/L NO}_2^-) - \text{Abs (Blank mg - N/L NO}_2^-)} \times 100$$

4. ประสิทธิภาพของคอลัมน์ควรอยู่ระหว่าง 90 - 110 เปอร์เซ็นต์ หากประสิทธิภาพของคอลัมน์มีค่า ต่ำกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และมากกว่า 110 เปอร์เซ็นต์ ควรทำดังนี้

- ล้างด้วยสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เจือจาง 100 มิลลิลิตร 3 - 4 ครั้ง

- ผ่านตัวอย่างตามปกติ หากประสิทธิภาพของคอลัมน์ยังต่ำกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ควรเตรียมคอลัมน์ใหม่

- ผงแคดเมียมที่ใช้ไปนาน ๆ อาจแตกละเอียดทำให้สารละลายไหลช้า ควรกรองผงแคดเมียมด้วยตะแกรงร่อนที่มี mesh size 0.5 - 1 มิลลิเมตร เพื่อแยกผงที่ละเอียดออกไป

การเตรียมคอลัมน์ใหม่

นำเม็ดแคดเมียมใส่ในบีกเกอร์ และเติม 5 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไฮโดรคลอริก (v/v) ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ทำการคนด้วยแท่งแก้วคนสาร จากนั้นทำการล้างด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 200 - 300 มิลลิลิตร จนกระทั่งมีค่า pH สูงกว่า 5 รินน้ำล้างทิ้งไป

นำเม็ดแคดเมียมมาแช่ในสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต (ตั้งขั้นตอนการเตรียมเม็ดแคดเมียม)

เติมสารละลายมาตรฐานของไนเตรท 1.4 mg-N/L 100 มิลลิลิตร (เติมสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เข้มข้น 2 มิลลิลิตร แล้ว) ปล่อยให้ไหลผ่านคอลัมน์ด้วยอัตราการไหล 8 - 12 มิลลิลิตร/นาที่ เพื่อ activated คอลัมน์ จากนั้นล้างคอลัมน์ด้วยสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เจือจางอีก 3 - 4 ครั้ง

ขั้นตอนวิเคราะห์

1. การเตรียมกราฟมาตรฐาน

1) ตวง Working Standard Nitrate solution ที่แต่ละความเข้มข้นลงในขวดรูปชมพู่ ขวดละ 50 มิลลิลิตร ความเข้มข้นละ 3 ขั้ว เติม 1 มิลลิลิตร ของสารละลาย Ammonium Chloride เข้มข้นลงในแต่ละขวดเขย่าให้เข้ากัน

2) นำ working standard solution และแบลงค์ ไปผ่านคอลัมน์ โดยปรับให้สารละลายในคอลัมน์ไหลด้วยอัตรา 8 - 12 มิลลิลิตร/นาที่ จากนั้นเติมสารละลายที่ได้ประมาณ 5 - 10 มิลลิลิตร ปล่อยให้สารละลายในคอลัมน์ทิ้งจนเหลือระดับเดิม แล้วเติมสารละลายที่เหลือลงในคอลัมน์ ปล่อยให้สารละลายทิ้งประมาณ 25 มิลลิลิตร เก็บสารละลายที่เปิดออกในช่วงหลังให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ส่วนสารละลายที่เหลือปล่อยให้ทิ้งไป

3) เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ 1 มิลลิลิตร ทันทันที เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 2 - 8 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ จากนั้นเติมสารละลาย NED 1 มิลลิลิตร เขย่าตัวอย่างทันที ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ถึง 1 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการทวงกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร

2. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

- 1) ตวงน้ำตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร ใส่ฟลาสก์รูปชมพู่ 125 มิลลิลิตร
- 2) เติมสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เข้มข้น 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
- 3) เติมสารละลายในข้อ 2) ประมาณ 5 - 10 มิลลิลิตร ลงในคอลัมน์ที่มีอัตราการไหล 8 - 12 นาที่ ต่อ 100 มิลลิลิตร ปล่อยให้สารละลายในคอลัมน์ทิ้งจนเหลือระดับเดิม

4) เติมสารละลายในข้อ 2) ที่เหลือลงในคอลัมน์ ปล่อยสารละลายทิ้งประมาณ 25 มิลลิลิตร แล้วเก็บสารละลายที่เปิดออกในช่วงหลังให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร

5) เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ 1 มิลลิลิตร ทันทีก่อนที่ เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 2 - 8 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์

6) เติมสารละลาย NED 1 มิลลิลิตร เขย่าตัวอย่างทันที ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ถึง 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการตวงกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร คำนวณหาความเข้มข้นของไนเตรทจากกราฟมาตรฐานที่เตรียมไว้

7) ความเข้มข้นของไนเตรท = ความเข้มข้นจากตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ - ค่าไนเตรทของตัวอย่างนั้น

4. การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่ละลายได้ในน้ำ (Phosphorus) ใช้วิธี Ascorbic Acid Method

สารเคมี และวิธีเตรียม

1. Sulfuric acid solution, 5 N ทำการเจือจาง กรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาตร 70 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ทำให้ปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร วางสารละลายให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง

2. Potassium antimonyl tartrate solution ทำการละลาย $C_6H_4O_6 \cdot 1/2H_2O$ 1.3715 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร และทำให้ปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดแก้วปิดฝา

3. Ammonium molybdate solution ทำการละลาย $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ 20 กรัม ในน้ำกลั่น ทำให้ปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร เก็บสารละลายในขวดพลาสติกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

4. Ascorbic acid solution, 0.1 M ทำการละลาย ascorbic acid 1.76 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้จะคงตัวภายใน 1 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อาจจะถูกเก็บในช่องแช่แข็ง เพื่อให้เก็บได้นานขึ้น เมื่อจะใช้ก็จะนำมาทำการละลายและนำมาใช้กับ combined reagent

5. Combined reagent ทำการผสมสารให้ได้ 300 มิลลิลิตร โดยใช้สารต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

5 N H_2SO_4	150	มิลลิลิตร
Potassium antimonyl tartrate solution	15	มิลลิลิตร
Ammonium molybdate solution	45	มิลลิลิตร
Ascorbic acid solution	90	มิลลิลิตร

รีเอเจนต์จะต้องอยู่ในที่อุณหภูมิห้อง ถ้าสารละลาย combined reagent มีความขุ่นเกิดขึ้น ให้ทำการเขย่าและตั้งทิ้งไว้ จนกระทั่งความขุ่นหายไป รีเอเจนต์นี้จะคงตัวได้เพียง 4 ชั่วโมง

6. สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส ทำการอบ KH_2PO_4 ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และนำมาละลาย 0.2195 กรัม ด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร ใน

volumetric flask สารละลายนี้将有ความเข้มข้นมากเกินไปที่จะนำมาใช้ (1 มิลลิลิตร = 50.0 ไมโครกรัม ของ $\text{PO}_4\text{-P}$; 50 ppm) จึงทำการเจือจางให้มีค่า 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตรของ $\text{PO}_4\text{-P}$ โดยนำสารละลายมา 5 มิลลิลิตร จะเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร ใน volumetric flask สารนี้将有ความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วสร้างกราฟมาตรฐาน

การทำกราฟมาตรฐาน นำสารละลาย $\text{PO}_4\text{-P}$ ที่มีความเข้มข้น 2.5 ppm มาทำการเตรียมสารละลายฟอสฟอรัสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ดังนี้

ตารางภาคผนวกที่ 2 - 4 ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส

ความเข้มข้น (ppm)	น้ำกลั่นปราศจากไอออน (มล.)	สารละลายมาตรฐาน 2.5 ppm (มล.)
0	50	0
0.125	47.5	2.5
0.250	45	5
0.500	40	10
1.000	30	20

ปริมาตรสุดท้ายของสารละลายมาตรฐาน จะเป็น 50 มิลลิลิตร นำมาเติมรีเอเจนท์ และทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer จากนั้นทำกราฟ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสง

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

นำตัวอย่างน้ำ 10 มิลลิลิตร มาเติม combined reagent 8 มิลลิลิตร ทำการเขย่าให้เข้ากันพักสารละลายไว้ 10 นาที ไม่ควรนานเกิน 30 นาที ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นปรับค่าให้เป็นศูนย์