

แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในแหล่งหญ้าทะเล บริเวณชายฝั่งเทศบาลเมืองสตูล  
จังหวัดสตูล

นัตริดา ชามนตรี


วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
สิงหาคม 2561  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา  
วิทยานิพนธ์ของ ฉัตรธิดา ชามนตรี ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ดร. انونศักดิ์ บุญภักดี)

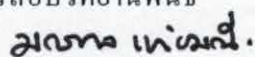
.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูตา บุญภักดี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร. กาญจนา หริ่มเพ็ง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน

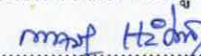
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มณฑล แก่นมณี)

.....กรรมการ

(ดร. انونศักดิ์ บุญภักดี)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูตา บุญภักดี)

.....กรรมการ

(ดร. กาญจนา หริ่มเพ็ง)

.....กรรมการ

(ดร. สลิต ชันโรจน์)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัฐ ศรีสุข)

วันที่..... 14 .....เดือน..... สิงหาคม..... พ.ศ 2561

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.ถนอมศักดิ์ บุญภักดี อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุตานันท์ บุญภักดี และดร.กาญจนา หริ่มเพ็ง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตรวจสอบแก้ไขความบกพร่องจนสำเร็จ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑล แก่นมณี ที่ให้ความกรุณาเป็นประธานกรรมการสอบ และดร.สลิลา ชื่นโรจน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาแนะนำและตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสมบูรณ์ขึ้น

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา พ.ศ.2556 ขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอบคุณนางสาววรรณระกัญญา อยู่ไทย นางสาวธนวันต์ ผาคำ นางสาวพลอยสิรินทร์ แสงมณี นางสาวศศิไส มุกเขวา และนางสาวน้ำทิพย์ บุญขวาง ที่ช่วยเก็บตัวอย่างและคอยช่วยเหลือตลอดมา

ขอบคุณบิดา มารดา ที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนข้าพเจ้ามาโดยตลอด และขอบคุณพี่ ๆ น้อง ๆ ในห้องปฏิบัติการที่คอยช่วยเหลือในงานวิจัยครั้งนี้ด้วย

ฉัตรธิดา ชามนตรี

56910056: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม; วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

คำสำคัญ: หญ้าทะเล/ ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน/ สารอินทรีย์/ ดินตะกอน

ฉัตรธิดา ชามนตรี: แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในแหล่งหญ้าทะเล บริเวณชายฝั่งเทศบาลเมืองสัตหีบ จังหวัดชลบุรี (SOURCES OF ORGANIC MATTER IN SEAGRASS MEADOW SATTAHIP MUNICIPALITY, CHONBURI PROVINCE) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ถนอมศักดิ์ บุญภักดี, D.Agr.Sc., ชูตา บุญภักดี, Ph.D., กาญจนา หริ่มเพ็ญ, Ph.D. 79 หน้า. ปี พ.ศ. 2561.

ทำการศึกษาแหล่งที่มาและการกระจายของสารอินทรีย์ในแหล่งหญ้าทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลเทศบาลเมืองสัตหีบ อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี โดยใช้เทคนิคไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 11 สถานี ในช่วงเดือนพฤษภาคม และในช่วงเดือนกันยายน 2556 โดยดินตะกอนที่ระดับผิวมีปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  อยู่ระหว่าง -19.90 ถึง -18.08 ‰ และ  $\delta^{15}\text{N}$  อยู่ระหว่าง -6.00 ถึง 4.41 ‰ และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในดินตะกอนที่ระดับผิวใกล้เคียงกับอินทรีย์แขวนลอยในทะเล สามารถบ่งชี้ได้ว่ามีแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนมาจากอินทรีย์แขวนลอยในทะเล นอกจากนี้ปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  ในหญ้าทะเล (*Halodule pinifolia*) และหอยเจดีย์ (*Cerithideopsisilla cingulata*) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $-11.5 \pm 1.15$   $6.5 \pm 1.15$  และ  $-11.03 \pm 1.15$   $8.3 \pm 0.22$  ‰ ตามลำดับ และอีพิไฟท์ (Epiphyte) มีแหล่งที่มาของสารอินทรีย์มาจากหญ้าทะเล ขณะที่อาหารของหอยเจดีย์ได้รับสารอินทรีย์มาจากหญ้าทะเลและอีพิไฟท์ (66 และ 33% ตามลำดับ) ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าแหล่งหญ้าทะเลไม่ได้รับสารอินทรีย์มาจากน้ำทิ้งของชุมชน

56910056: MAJOR: ENVIRONMENTAL SCIENCE; M.Sc.

(ENVIRONMENTAL SCIENCE)

KEYWORDS: SEAGRASS/ STABLE CARBON AND NITROGEN ISOTOPE/ ORGANIC  
MATTER/ SEDIMENT

SOURCES OF ORGANIC MATTER IN SEAGRASS MEADOW SATTAHIP  
MUNICIPALITY, CHONBURI PROVINCE. ADVISORY COMMITTEE: THANOMSAK  
BOONPHAKDEE, D.Agr.Sc., CHUTA BOONPHAKDEE, Ph.D., KARNJANA HRIMPENG,  
Ph.D. 79 P. 2018.

This study aims to identify source and distribution of organic matter in seagrass meadow in coastal sea of Sattahip municipality, Chonburi Province by using stable isotope of carbon ( $\delta^{13}\text{C}$ ) and nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}$ ) techniques. Samplings were performed in 11 stations in May and September 2013. The distribution of organic matter in surface sediment increased with distance to the offshore. The  $\delta^{13}\text{C}$  values of sediment were -19.90 to -18.08‰ and  $\delta^{15}\text{N}$  were -6.00 to 4.41‰. Values of  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  and C/N ratios in surface sediment were close to POM. Values of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  in seagrass (*Halodule pinifolia*) and gastropods (*Cerithideopsis cingulata*) were  $-11.5 \pm 1.15$ ,  $6.5 \pm 1.15$  and  $-11.03 \pm 1.15$ ,  $8.3 \pm 0.22$  ‰, respectively. These results showed that the epiphyte obtained to organic matter from seagrass (*H. pinifolia*) and gastropods (*C. cingulata*) received organic matter from seagrass and epiphyte. Their fractionations of organic mixtures in *C. cingulata* were 67%, 33%, respectively, and there were no significant distribution of organic matter from municipal wastewater nearby study area.

## สารบัญ

|   | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....                          | ก    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....                       | ง    |
| สารบัญ.....                                   | ฉ    |
| สารบัญตาราง.....                              | ฅ    |
| สารบัญภาพ.....                                | ญ    |
| บทที่   |      |
| 1 บทนำ.....                                   | 1    |
| ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....           | 1    |
| วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....                  | 2    |
| สมมติฐานของการวิจัย.....                      | 2    |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....        | 2    |
| ขอบเขตของการวิจัย.....                        | 2    |
| 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....         | 3    |
| ชายฝั่งทะเล.....                              | 3    |
| อนุกรมวิธานของหญ้าทะเลในประเทศไทย.....        | 3    |
| หญ้าทะเล (Seagrass).....                      | 4    |
| ความสำคัญ.....                                | 5    |
| น้ำเสีย (Wastewater).....                     | 8    |
| ดินตะกอน (Sediments).....                     | 9    |
| สารอินทรีย์.....                              | 10   |
| สัตว์ทะเลหน้าดิน (Marine benthos).....        | 11   |
| ไอโซโทปเสถียร (Stable isotopes).....          | 12   |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                    | 14   |
| 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....                  | 18   |
| พื้นที่ที่ทำการศึกษา.....                     | 18   |
| การเก็บตัวอย่าง.....                          | 19   |
| การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่าง..... | 21   |

## สารบัญ (ต่อ)

| บทที่  | หน้า |
|--|------|
| การวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน และไนโตรเจน.....   | 22   |
| การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....  | 23   |
| 4 ผลการวิจัย.....  | 24   |
| คุณภาพน้ำ.....   | 24   |
| ขนาดอนุภาคดินตะกอน.....  | 25   |
| ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนรวมในดินตะกอน (Total organic carbon).....  | 27   |
| ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินตะกอน (Total nitrogen).....  | 31   |
| สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินตะกอน (C/N).....  | 35   |
| ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) ในดินตะกอน.....  | 39   |
| ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในดินตะกอน.....   | 43   |
| ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ )<br>ของหญ้าทะเล ( <i>H. pinifolia</i> ) และอีพิไฟท์ (Epiphyte)..... | 47   |
| ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ )<br>ในหอยเจดีย์ ( <i>C. cingulata</i> ) .....                       | 47   |
| 5 อภิปรายและสรุปผล.....  | 50   |
| คุณภาพน้ำ.....   | 50   |
| ขนาดอนุภาคดินตะกอน.....  | 50   |
| ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวม และไนโตรเจนรวม.....   | 51   |
| ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ )<br>และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในดินตะกอน.....           | 52   |
| ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ )<br>ในสิ่งมีชีวิต.....  | 56   |
| สรุปผลการวิจัย.....  | 59   |
| ข้อเสนอแนะ.....  | 59   |
| บรรณานุกรม.....  | 60   |

## สารบัญ (ต่อ)

|  | หน้า |
|--|------|
| ภาคผนวก.....                           | 69   |
| ผลงานการเผยแพร่วิชาการจากงานวิจัย..... | 70   |
| ประวัติย่อของผู้วิจัย.....             | 79   |



## สารบัญตาราง

| ตารางที่   | หน้า |
|--|------|
| 2-1 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ )<br>ที่พบในระบบนิเวศทั่วไป..... | 14   |
| 4-1 คุณภาพน้ำในดิน บริเวณชายฝั่งเทศบาลเมืองสหัสขันธ์ จังหวัดชลบุรี ในเดือน<br>พฤษภาคม และกันยายน 2556.....                       | 25   |
| 4-2 ปริมาณสูงสุด-ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน<br>และไนโตรเจน (%) ในตัวอย่าง.....                          | 49   |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า  |
|--------|---|
| 2-1    | หญ้ากุ่มข่าเข็มหรือหญ้าพมนาง ( <i>Halodule pinifolia</i> )..... 5   |
| 3-1    | พื้นที่การเก็บตัวอย่าง..... 18  |
| 4-1    | ร้อยละของอนุภาคดินตะกอน (โดยน้ำหนักแห้ง) ในบริเวณชายฝั่งทะเล เทศบาลเมืองสัตหีบ จังหวัดชลบุรี โดยในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล (สถานี A1-C1) และพื้นที่มีหญ้าทะเล (สถานี D1-E1)..... 26 |
| 4-2    | การกระจายของสารอินทรีย์คาร์บอนรวม (mg/g) ในดินตะกอนที่ระดับผิว (ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน 2556..... 27   |
| 4-3    | ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนรวมในดินตะกอนที่ระดับผิว (mg/g) ในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล และพื้นที่มีหญ้าทะเล (ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน 2556.... 27                           |
| 4-4    | ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนรวม (TOC) (mg/g) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลเดือนพฤษภาคม 2556..... 29   |
| 4-5    | ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนรวม (TOC) (mg/g) ในดินตะกอนตามความลึกในพื้นที่มีหญ้าทะเลเดือนพฤษภาคม..... 30  |
| 4-6    | ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนรวม (TOC) (mg/g) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลเดือนกันยายน..... 30  |
| 4-7    | ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนรวม (TOC) (mg/g) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่มีหญ้าทะเลเดือนกันยายน..... 31   |
| 4-8    | การกระจายของไนโตรเจนรวม (mg/g) ในดินตะกอนที่ระดับผิว (ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน 2556..... 32   |
| 4-9    | ปริมาณไนโตรเจนรวม (TN) (mg/g) ในดินตะกอนที่ระดับผิวในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล และพื้นที่มีหญ้าทะเล (ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน 2556..... 32                               |
| 4-10   | ปริมาณไนโตรเจนรวม (TN) (mg/g) ในดินตะกอนตามความลึกในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล เดือนพฤษภาคม 2556..... 33  |
| 4-11   | ปริมาณไนโตรเจนรวม (TN) (mg/g) ในดินตะกอนตามความลึกในพื้นที่มีหญ้าทะเล เดือนพฤษภาคม 2556..... 34   |

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่  | หน้า |
|---|------|
| 4-12 ปริมาณไนโตรเจนรวม (TN) (mg/g) ในดินตะกอนตามความลึกในพื้นที่ไม่มี<br>หญ้าทะเลเดือนกันยายน 2556.....   | 34   |
| 4-13 ปริมาณไนโตรเจนรวม (TN) (mg/g) ในดินตะกอนตามความลึกในพื้นที่มีหญ้าทะเล<br>เดือนกันยายน 2556.....  | 35   |
| 4-14 การกระจายของสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในดินตะกอนที่ระดับผิว<br>(ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน 2556.....  | 36   |
| 4-15 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในดินตะกอนที่ระดับผิวในพื้นที่ไม่มี<br>หญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเล (ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน 2556...                               | 36   |
| 4-16 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในดินตะกอนตามความลึกในพื้นที่ไม่มี<br>หญ้าทะเล เดือนพฤษภาคม 2556 .....  | 37   |
| 4-17 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในดินตะกอนตามความลึกในพื้นที่มี<br>หญ้าทะเลเดือนพฤษภาคม 2556.....   | 38   |
| 4-18 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในดินตะกอนตามความลึกในพื้นที่ไม่<br>มีหญ้าทะเลเดือนกันยายน 2556.....  | 38   |
| 4-19 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในดินตะกอนตามความลึกในพื้นที่มี<br>หญ้าทะเล เดือนกันยายน 2556.....  | 39   |
| 4-20 การกระจายของปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (%) ในดินตะกอน<br>ที่ระดับผิว (ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน 2556.....                                  | 40   |
| 4-21 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (%) ที่ระดับผิวในพื้นที่<br>ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเล (ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน<br>2556..... | 40   |
| 4-22 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) ในดินตะกอนตามความลึกในพื้นที่<br>ไม่มีหญ้าทะเล เดือนพฤษภาคม 2556.....  | 41   |
| 4-23 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) ในดินตะกอนตามความลึกในพื้นที่<br>มีหญ้าทะเลเดือนพฤษภาคม 2556.....  | 42   |

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่   | หน้า |
|--|------|
| 4-24 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) ในดินตะกอนตามความลึกในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล เดือนกันยายน 2556.....   | 42   |
| 4-25 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) ในดินตะกอนตามความลึกในพื้นที่มีหญ้าทะเลเดือนกันยายน 2556.....   | 43   |
| 4-26 การกระจายของปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) (‰) ในดินตะกอนที่ระดับผิวใน (ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน 2556.....  | 44   |
| 4-27 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) (‰) ในดินตะกอนที่ระดับผิวในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเล(ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน 2556.....   | 44   |
| 4-28 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในดินตะกอนตามความลึกในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล เดือนพฤษภาคม 2556.....  | 45   |
| 4-29 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในดินตะกอนตามความลึกในพื้นที่มีหญ้าทะเล เดือนพฤษภาคม 2556.....   | 46   |
| 4-30 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในดินตะกอนตามความลึกในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล เดือนกันยายน 2556.....  | 46   |
| 4-31 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในดินตะกอนตามความลึกในพื้นที่มีหญ้าทะเล เดือนกันยายน 2556.....   | 47   |
| 4-32 ปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ (ก) และ $\delta^{15}\text{N}$ (ข) (‰) ในหญ้าทะเล ( <i>H. pinifolia</i> ) และหอยเจดีย์ ( <i>C. cingulata</i> ) บริเวณพื้นที่มีหญ้าทะเล เดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556.....  | 48   |
| 5-1 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในดินตะกอนที่ระดับผิว ใน (ก) พื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล และ (ข) พื้นที่มีหญ้าทะเลหญ้าทะเล อินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเล (marine POM) อินทรีย์แขวนลอยในน้ำทิ้ง (wastewater POM) หญ้าทะเล ( <i>H. finifolia</i> ) อีพีไฟท์ (Epiphyte) และหอยเจดีย์ ( <i>C. cingulata</i> )..... | 55   |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่  | หน้า |
|---|------|
| 5-2 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (‰) และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทิ้ง (wastewater POM) อินทรีย์แขวนลอยในทะเล (marine POM) ดินตะกอนในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล และพื้นที่มีหญ้าทะเล และหญ้าทะเล..... | 56   |
| 5-4 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) จากหญ้าทะเล ( <i>H. pinifolia</i> ) และอีพิไฟท์ (Epiphyte) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารของหอยเจดีย์ (Estimated diet <i>C. cingulata</i> ).....              | 58   |
| 5-5 สัดส่วนแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในอาหารของหอยเจดีย์ ( <i>C. cingulata</i> ).....   | 58   |

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยมีแหล่งหญ้าทะเลที่มีความหลากหลายและความอุดมสมบูรณ์ทั้งทางฝั่งทะเลอันดามันและอ่าวไทย แหล่งหญ้าทะเลมีความสำคัญต่อระบบนิเวศ เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย และเป็นแหล่งอาหารที่มีความสมบูรณ์ต่อสัตว์ทะเล (สุวลักษณ์ นาทีกาญจนลาก, 2537; Costanza et al., 1997) โดยในจังหวัดชลบุรี พบว่ามีแหล่งหญ้าทะเลอยู่ในบริเวณชายฝั่งของเทศบาลเมืองสัตหีบและในพื้นที่ของกองทัพเรือ สภาพแหล่งหญ้าทะเลในพื้นที่ดังกล่าวมีแนวโน้มเสื่อมโทรมและมีปริมาณหญ้าทะเลลดลง เนื่องจากถูกคุกคามจากประชากรที่เพิ่มขึ้น (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลชายฝั่งทะเลและป่าชายเลน, 2558) โดยเฉพาะปัญหาการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่ทะเลไม่เพียงพอ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อแหล่งหญ้าทะเลในบริเวณนั้น (เทศบาลเมืองสัตหีบ, ม.ป.ป.) ทำให้แหล่งหญ้าทะเลกลายเป็นแหล่งรองรับการสะสมของสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในน้ำทิ้งที่ไหลลงสู่บริเวณแหล่งหญ้าทะเล รวมถึงรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ทำให้ดินตะกอนในแหล่งหญ้าทะเลจะเป็นที่รวมของผู้ย่อยสลายที่ทำหน้าที่เปลี่ยนรูปจากสารประกอบอินทรีย์ให้เป็นรูปประกอบอนินทรีย์ที่หญ้าทะเลสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต

นอกจากนี้สารอินทรีย์อยู่ในแหล่งหญ้าทะเลมีบทบาทสำคัญในการหมุนเวียนสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในมวลน้ำ (จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, 2548) ดังนั้นหากแหล่งหญ้าทะเลในบริเวณชายฝั่งได้รับปริมาณสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นก็อาจทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเลและประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่ง (Papadimitriou, Kennedy, Kennedy, Duarte, & Marba, 2005)

การติดตามตรวจสอบแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในระบบนิเวศทางทะเล สามารถใช้ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) (Anderson & Fourqurean, 2003; Andrews, Greenaway, & Dennis, 1998; Kennedy, Gacia, Kennady, Papadimitriou, & Duarte, 2004; Lepoint, Dauby, & Gobert, 2004) โดยการนำไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) มาใช้ในการบ่งชี้แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในแหล่งหญ้าทะเล บริเวณชายฝั่งเทศบาลเมืองสัตหีบ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ทำให้ทราบถึงแหล่งที่มาและลักษณะการกระจายของสารอินทรีย์ในแหล่งหญ้าทะเลในพื้นที่การศึกษาได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นข้อมูล

ตรวจสอบและวางแผนการจัดการกับสารอินทรีย์จากแหล่งต่าง ๆ ที่ไหลลงสู่บริเวณแหล่งหญ้าทะเลได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดความสมดุลต่อระบบนิเวศหญ้าทะเลต่อไปในอนาคต

### วัตถุประสงค์

เพื่อบ่งชี้แหล่งที่มาและการสะสมของสารอินทรีย์ในแหล่งหญ้าทะเล บริเวณชายฝั่งเทศบาลเมืองสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

### สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

1. สารอินทรีย์ในแหล่งหญ้าทะเล บริเวณชายฝั่งเทศบาลเมืองสัตหีบ จังหวัดชลบุรี มีที่มาจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมของมนุษย์
2. สารอินทรีย์ในแหล่งหญ้าทะเล บริเวณชายฝั่งเทศบาลเมืองสัตหีบ จังหวัดชลบุรี มีความแตกต่างกันในช่วงเดือน

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถติดตามตรวจสอบแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณชายฝั่งเทศบาลเมืองสัตหีบ จังหวัดชลบุรีได้
2. สามารถนำข้อมูลแหล่งที่มา ปริมาณ และการกระจายของสารอินทรีย์ในแหล่งหญ้าทะเล ไปใช้ในการประเมินและการจัดการสิ่งแวดล้อมในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณชายฝั่งเทศบาลเมืองสัตหีบ จังหวัดชลบุรี เพื่อให้เกิดความสมดุล

### ขอบเขตของการวิจัย

ทำการศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์โดยใช้ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในตัวอย่างดินตะกอนที่ระดับผิว และตามความลึก 4 ระดับ ได้แก่ 0-2, 2-4, 4-6 และ 6-8 เซนติเมตร ตามลำดับ สารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเล (Particulate Organic Matter, POM) หญ้ากุ่มขี้เหล็ก (*Halodule pinifolia*) อีพิไฟท์ (Epiphytes) และหอยฝาเดียวที่อาศัยอยู่ในหญ้าทะเล ในพื้นที่แหล่งหญ้าทะเล บริเวณชายฝั่งเทศบาลเมืองสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ t-test

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ชายฝั่งทะเล

ชายฝั่งทะเล คือ พื้นที่จากแนวชายทะเล ซึ่งก็คือ แนวระดับใดระดับหนึ่งของน้ำทะเล ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง อยู่ระหว่างระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดขึ้นไปบนบกจนถึงบริเวณที่มีลักษณะภูมิประเทศเปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัด มีความกว้างกำหนดได้ไม่แน่นอน ซึ่งชายฝั่งทะเลมีความสำคัญยิ่งต่อสภาพเศรษฐกิจและสังคม เป็นที่ตั้งของชุมชนและเป็นแหล่งที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ เป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญ เช่น ชายหาด แหล่งหญ้าทะเล ซึ่งพื้นที่ชายฝั่งทะเล เป็นพื้นที่ที่ง่ายต่อการเปลี่ยนแปลงและการถูกทำลาย จึงจำเป็นต้องมีการเฝ้าระวัง เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันไม่ให้เกิดการทำลายแหล่งทรัพยากรธรรมชาติและความเสื่อมโทรมของระบบนิเวศชายฝั่งทะเล การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ชายฝั่งทะเล ได้แก่ แหล่งหญ้าทะเลมีสภาพเสื่อมโทรม เนื่องจากการทับถมของตะกอนดินจากการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเล เช่น การสร้างเขื่อนกันคลื่น สร้างสะพานท่าเทียบเรือประมง การสร้างที่อยู่อาศัยใกล้ชายฝั่ง และการท่องเที่ยว เป็นต้น รวมทั้งปัญหาทัศนียภาพบริเวณชายหาด จากปัญหาขยะและสิ่งปฏิกูล น้ำทิ้งชุมชน การก่อสร้างอาคารรุกล้ำแนวชายหาด การตักตะกอนทับถมของเศษดินและหิน รวมถึงการก่อสร้างในเขตชายฝั่ง การเดินเรือ และการกักเซาะชายฝั่ง (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, 2550)

#### 2.2 อนุกรมวิธานของหญ้าทะเลในประเทศไทย (กาญจนภรณ์ ลีวมนันต์, สุจินต์ ดีแท้ และวิทยา ศรีมนโนภาย, 2534)

Division Anthopyta

Class Monocotyledoncae

Order Helobidae

Family Potamogetonaceae

Genus *Holodule*

Genus *Cymodocea*

Genus *Ruppia*

Genus *Syringodium*



Family Hydrocharitaceae

Genus *Enhalus*

Genus *Thalassia*

Genus *Halophila*

## 2.3 หญ้าทะเล (Seagrass)

หญ้าทะเลเป็นพืชชั้นสูงที่อาศัยอยู่ใต้น้ำทะเล และจัดอยู่ในกลุ่มพืชดอก อยู่ในดิวิชัน Magnoliophyta ชั้น Liliopsida เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีโครงสร้างต่าง ๆ เช่นเดียวกับหญ้าที่ขึ้นบนบก โดยทั่วไป แต่เนื่องจากหญ้าทะเลเป็นพืชที่ขึ้นอยู่ในเขตน้ำจืดน้ำตื้น จึงได้รับผลกระทบต่อความเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติน้ำทะเลทั้งด้านกายภาพและด้านเคมี เช่น ความเค็ม ระดับความลึกของน้ำ ความเข้มแสง เป็นต้น (สุวรรณลักษณ์ นาทีกาญจนลาภ, 2537; Orth et al., 2006) ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ ทำให้หญ้าทะเลพัฒนาลักษณะของราก ลำต้น ใบ ดอก และ ผล ให้เหมาะกับการเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ รวมถึงให้มีความทนทานต่อความรุนแรงของคลื่นลมได้ดี (Gattuso et al., 2006) ส่วนลำต้น ที่ทอดยาวไปได้พื้นหรือเรียกว่า เหง้า มีความแข็งแรงและเจริญเติบโตสานกันไปมายึดดินได้ดี จึงช่วยลดการถูกกัดเซาะและการพังทลายบริเวณชายฝั่งทะเล (Waycott et al., 2009) ภายในใบมีช่องอากาศจำนวนมาก ทำให้ใบสามารถตั้งตรงได้ในน้ำ ซึ่งจะช่วยลดความรุนแรงของกระแสน้ำเหมาะเป็นที่หลบภัยและอาศัยหากินของสัตว์น้ำนานาชนิด บนใบหญ้าทะเลมีสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอาศัยเป็นจำนวนมาก ได้แก่ อีฟิฟท์ สาหร่าย ไดอะตอม โปรโตซัว ไฮโดรซัว ใส้เดือนทะเล ทากทะเล หอยขนาดเล็ก เป็นต้น สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเหล่านี้เป็นอาหารที่สำคัญของสัตว์น้ำ วัยอ่อน นอกจากนี้ยังมีสัตว์หลายชนิดที่กินหญ้าทะเลเป็นอาหาร เช่น ปลาบางชนิด เต่าตนุ และพะยูน ซึ่งพบหากินในแนวหญ้าทะเลเท่านั้น (สุวรรณลักษณ์ นาทีกาญจนลาภ, 2537)

### 2.3.1 หญ้าทะเลชนิดเด่นที่พบบริเวณชายฝั่งเทศบาลเมืองสตูล

หญ้ากุยช่ายเข็ม หรือหญ้าผมนาง (*H. pinifolia*) ลักษณะต้นตั้งสูงตรง 5-24 เซนติเมตร เกิดบนเหง้าที่คืบคลานไปตามพื้นดิน รากเกิดที่ส่วนล่างของข้อจำนวน 2-5 เส้น ส่วนบนของข้อเป็นต้น จะมีใบประมาณ 2-4 ใบ แต่ละใบเรียวยาว โคนใบแผ่เป็นกาบห่อหุ้มลำต้น ปลายใบมีรอยหยักแหลม ขอบใบเรียบ จะขึ้นบริเวณชายฝั่งที่เป็นพื้นทรายหรือทรายปนโคลน ช่วงระดับชายฝั่งที่น้ำขึ้นไปจนถึงระดับที่ต่ำกว่าระดับน้ำตื้นต่ำสุด (ภาพที่ 2-1) (ชัชรี แก้วสุริยจิต, ฉนวนาฏ ศุขสุนทร, กาญจนภาณุ ลีวมโนมนต์ และธิดารัตน์ น้อยรักษา, 2546; Lewmanomont & Ogawa, 1995)



ภาพที่ 2-1 หญ้ากุยช่วยเข็ม หรือหญ้าผมนาง (*Halodule pinifolia*) ที่มา [www.wikiwand.com](http://www.wikiwand.com)

## 2.4 ความสำคัญ

แหล่งหญ้าทะเลเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งอาหาร แหล่งวางไข่ แหล่งอนุบาลตัวอ่อนของสัตว์ทะเล และแหล่งทำมาหากินของชุมชนบริเวณชายฝั่งทะเล (สมบัติ ภูวชิรานนท์, 2549) หญ้าทะเลมีรูปร่างและโครงสร้างที่สามารถยึดต้นไว้กับพื้นทะเลได้อย่างดี ช่วยยึดตะกอนดิน ลดการกัดเซาะของผิวดิน ใต้ท้องน้ำ เป็นแนวกำบังคลื่นลม ชะลอความเร็วของกระแสน้ำ ลดความแรงของคลื่น ลดการฟุ้งกระจายของตะกอน (กรมทรัพยากรธรรมชาติและชายฝั่ง, 2548) และยังเป็นแหล่งรวมสารอาหาร แหล่งย่อยสารอินทรีย์และสารอาหารที่ละลายน้ำได้ นอกจากนี้แหล่งหญ้าทะเลยังเป็นระบบนิเวศที่มีกำลังการผลิตสูง ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของหญ้าทะเล มีทั้งสารอาหารและออกซิเจน ซึ่งเป็นประโยชน์แก่สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในทะเล (ชาคริต เรืองสอน, 2550) แต่ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม โดยการรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์ ก็เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้อัตราการเกิดตะกอนเพิ่มขึ้น และเกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารอาหาร ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อการแพร่กระจายของหญ้าทะเลได้เช่นกัน (Short, Coles, & Pergent-Martini, 2001)

### 2.4.1 อีพิไฟท์ (Epiphyte)

อีพิไฟท์ที่พบในระบบนิเวศหญ้าทะเล คือ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่เจริญเติบโตอยู่บนใบหญ้าทะเล ได้แก่ แบคทีเรีย สาหร่ายขนาดเล็ก สาหร่ายขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นผู้ผลิตขั้นต้น และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็ก (โรติเฟอร์ และ โคพีพอด) เป็นเพียงผู้บริโภคนับชั้น ๆ และสิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้จะถูกสิ่งมีชีวิตที่ขนาดใหญ่ที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศหญ้าทะเลบริโภคต่อไปตามลำดับ

อิทธิพลทำให้สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ มาอาศัยอยู่ในระบบนิเวศหญ้าทะเลทำให้ระบบนิเวศมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง (Piazzi, Balata, Cinelli, & Benedetti-Cecchi, 2004)

## 2.4.2 ปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อหญ้าทะเล

2.4.2.1 อุณหภูมิ หญ้าทะเลสามารถทนทานการแปรผันของอุณหภูมิได้ในช่วงประมาณ 0-40 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในเขตร้อนจะไม่เด่นชัดเหมือนในเขตอบอุ่น ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของหญ้าทะเลเนื่องจากอุณหภูมิจึงอาจไม่ชัดเจน ทั้งนี้อุณหภูมิก็ขึ้นกับปริมาณแสงด้วย สำหรับในฝั่งอันดามันของไทย พบว่าหญ้าทะเลที่อุดมสมบูรณ์อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 28-32 องศาเซลเซียส (สมบัติ ภู่วชิรานนท์, ม.ป.ป.)

2.4.2.2 ความเค็ม หญ้าทะเลมีช่วงความทนทานต่อความเค็ม อยู่ในช่วงที่กว้างมากจาก 6-60 และยังสามารถอยู่ในน้ำจืดช่วงเวลาสั้น ๆ ความแตกต่างเหล่านี้ขึ้นอยู่กับชนิดของหญ้าทะเล แต่ความเค็มที่หญ้าทะเลอุดมสมบูรณ์อยู่ในช่วง 10-40 หญ้าทะเลบางชนิด เช่น *Halodule pinifolia* ที่ขึ้นในบริเวณน้ำตื้น หรือแอ่งน้ำขังเล็ก ๆ และไหลพันน้ำในขณะน้ำลงต้องเป็นหญ้าทะเลที่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ โดยเฉพาะในแอ่งน้ำขังบางครั้งจะอยู่เหนือระดับน้ำทะเลเวลาที่น้ำลงมาก ๆ ทำให้พืชและสัตว์ทะเลที่อาศัยอยู่ต้องทนต่อสภาพการสูญเสียน้ำ (อัจฉริย์ ภูมวรรณ และ สุจินต์ ดีแท้, 2536)

2.4.3.3 ความลึก ระดับความลึกที่เปลี่ยนแปลงจะมีผลต่อปัจจัยต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงตามความลึกด้วย เช่น แสง ชนิดดินตะกอน และการเคลื่อนที่ของน้ำ ในส่วนน่านน้ำไทย พบว่าหญ้าทะเลมีการเจริญเติบโตหนาแน่นในระยะตั้งแต่แนวน้ำลงต่ำสุดจนลึกประมาณ 10 เมตร หญ้าทะเลที่ขึ้นในที่น้ำตื้นจะต้องมีการทนต่อการฝั่งแห้งในช่วงฤดูร้อนที่น้ำลงต่ำในเวลากลางวัน ทำให้ส่วนใบของหญ้าทะเลแห้งตาย ในช่วงฤดูนี้มวลชีวภาพเหนือผิวดินจะลดลง (สมบัติ ภู่วชิรานนท์, ม.ป.ป.)

2.4.2.4 แสง ความขุ่นใสของน้ำ ปริมาณแสงที่ส่องผ่านลงไปใต้น้ำจะเปลี่ยนตามระดับความลึกและความขุ่นใสของน้ำ การสังเคราะห์แสงของหญ้าทะเลจะเกิดขึ้นดีในสภาวะที่ความเข้มของแสงสูง และอุณหภูมิต่ำ (ช่วง 18-23 องศาเซลเซียส) บางครั้งความเข้มของแสงต่ำมากเนื่องมาจากคลื่นลมพัดเอาดินโคลนขึ้นมาทำให้น้ำขุ่น อาจทำให้หญ้าทะเลอยู่ในน้ำลึกเพียง 1 เมตร สำหรับชายฝั่งอันดามันของประเทศไทยพบว่า หญ้าทะเลที่อุดมสมบูรณ์ ความขุ่นใสของน้ำที่สนวิสัยลึก 5 เมตร (Changsang & Poovachiranon, 1994)

### 2.4.3 ประโยชน์และความสำคัญ

แหล่งหญ้าทะเลเป็นบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่มีความอุดมสมบูรณ์ของสิ่งมีชีวิตสูง และมนุษย์ได้รับประโยชน์มากมายจากหญ้าทะเลทั้งทางตรงและทางอ้อม จิตติมา อายุตตะกะ (2538) และธิดารัตน์ น้อยรักษา (2538) ได้สรุปความสำคัญของหญ้าทะเลไว้ 4 ประเด็นดังนี้

#### 2.4.3.1 แหล่งที่อยู่อาศัย

แนวหญ้าทะเลเป็นแหล่งหลบภัยและอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน เนื่องจากแนวหญ้าทะเลเป็นแหล่งที่มีสภาวะแวดล้อมค่อนข้างคงที่ ช่วยกำบังแสงและปรับอุณหภูมิให้พอเหมาะกับการอยู่อาศัยของสัตว์ พื้นที่ผิวนใบหญ้าทะเลจะเป็นที่ยึดเกาะของสิ่งมีชีวิตจำพวกอิฟิฟท์และโครงสร้างของหญ้าทะเลมีความซับซ้อนจึงเหมาะต่อการเป็นแหล่งหลบซ่อนตัวของสัตว์น้ำ เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญและเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำนานาชนิด ตั้งแต่สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กซึ่งลอยอยู่ในน้ำ สัตว์ที่อาศัยอยู่ระหว่างต้นหญ้าทะเลและหากินอยู่บนพื้นดินระหว่างต้นหญ้าทะเล เช่น ปูบางชนิด หอยบางชนิด เป็นต้น สัตว์กลุ่มนี้จะมีความสำคัญต่อการช่วยในกระบวนการย่อยสลายซากพืชซากสัตว์ ทำให้มีการหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบนิเวศอย่างต่อเนื่อง

#### 2.4.3.2 แหล่งอาศัยสำหรับสิ่งมีชีวิต

เนื่องจากแนวหญ้าทะเลมีโครงสร้างซับซ้อน ทำให้สิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ เข้ามาอาศัยเป็นจำนวนมาก แหล่งหญ้าทะเลจึงมีบทบาทในห่วงโซ่อาหาร 2 ทาง คือ ทางแรกเป็นอาหารโดยตรงของสัตว์หลากหลายชนิด เช่น เต่าทะเลและพะยูน ส่วนอีกหนึ่งทาง เมื่อส่วนต่าง ๆ ของหญ้าทะเลหลุดร่วงลงจะถูกแบคทีเรียที่อยู่ในระบบนิเวศทำการย่อยสลายจนได้อินทรีย์สารที่สามารถละลายสู่มวลน้ำได้ และถูกถ่ายเทไปสู่บริเวณนอกชายฝั่ง ซึ่งมีความสำคัญต่อการหมุนเวียนของอินทรีย์สาร และเป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เช่น แพลงก์ตอนพืช

#### 2.4.3.3 แหล่งวางไข่ของสัตว์น้ำและแหล่งหากินของสัตว์น้ำวัยอ่อน

แนวหญ้าทะเลมีความสำคัญต่อการประมงเนื่องจากเป็นแหล่งวางไข่และแหล่งอนุบาลของสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น หมึก ปลา เป็นต้น บริเวณนี้เป็นแหล่งอาหารและหลบภัยของปลาในระยะวัยอ่อน

#### 2.4.3.4 แนวป้องกันการพังทลายบริเวณชายฝั่งทะเล

แนวหญ้าทะเลมีความสำคัญต่อชายฝั่งทะเล โดยทำหน้าที่คล้ายกำแพงช่วยลดการพังทลายของพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเล เนื่องจากหญ้าทะเลมีส่วนรากและลำต้นใต้ดินซึ่งเจริญสานกันไปมาจนคล้ายกับพรมใต้พื้น จึงช่วยยึดดินไม่ให้ถูกกัดเซาะจากกำลังของคลื่นและพายุ ในช่วงฤดูมรสุม ส่วนใบหญ้าจะตั้งชูสูงขึ้นมาในน้ำช่วยลดความรุนแรงของคลื่นและกระแสน้ำได้

เมื่อความเร็วของน้ำลดลงจึงมีการตกตะกอนของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่แขวนลอยในน้ำลงสู่บริเวณนี้เป็นจำนวนมาก ทำให้บริเวณนี้มีความสมบูรณ์ของธาตุอาหารสูง

#### 2.4.4 การทำลายแหล่งหญ้าทะเล

ปัจจุบันทรัพยากรสิ่งมีชีวิตชายฝั่งทะเลมีแนวโน้มเสื่อมโทรมลงมาก พบว่าแหล่งหญ้าทะเลได้รับผลกระทบจากกิจกรรมต่าง ๆ และการพัฒนาชายฝั่งทะเล เช่น ป่าชายเลน และแนวปะการัง (Lee, Short, & Burdick, 2004) ซึ่งสาเหตุที่ทำให้แหล่งหญ้าทะเลถูกทำลายสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเด็นดังนี้

##### 2.4.4.1 การทำลายแหล่งหญ้าทะเลจากธรรมชาติ

การพัดพาของมรสุม และพายุไต้ฝุ่นทำให้เกิดการขุ่นของตะกอน มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและการอยู่รอดของแหล่งหญ้าทะเล (Lee et al., 2004) การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำ ซึ่งจะเกิดในช่วงที่ฝนตกหนักและการกัดเซาะของดินบริเวณชายฝั่ง ทำให้ความขุ่นใสมองน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงของหญ้าทะเลลดลง สาเหตุที่เกิดจากธรรมชาติไม่ค่อยรุนแรงมากถ้าไม่มีปัจจัยอื่น ๆ เข้ามารบกวนซ้ำอีก แหล่งหญ้าทะเลจะปรับตัวให้กลับสู่สภาวะสมดุลได้ (Waycott et al., 2009)

##### 2.4.4.2 การทำลายแหล่งหญ้าทะเลจากมนุษย์

1) การทำประมงชายฝั่ง โดยการใช้เครื่องมือที่ไม่เหมาะสม เช่น อวน และอวนลาก จะทำอันตรายต่อแหล่งหญ้าทะเลได้อย่างรวดเร็ว การเพาะเลี้ยงชายฝั่งจะมีการปล่อยน้ำเสียและเลนจากการล้างบ่อกุ้ง ทำให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของหญ้าทะเล (สถาบันวิจัยและพัฒนาเลทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, 2550)

2) น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม มักเป็นน้ำที่มีสารเจือปนสูง น้ำที่มีอุณหภูมิที่ได้จากการหล่อเย็น และน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนละลายต่ำ ซึ่งนอกจากจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและหญ้าทะเล ยังมีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในแหล่งหญ้าทะเล (สมบัติ ภูวชิรานนท์, 2549)

## 2.5 น้ำเสีย (Wastewater) (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

“น้ำเสีย” หมายถึง น้ำที่มีสารใด ๆ หรือสิ่งปฏิกูลที่ไม่พึงปรารถนาเจือปนอยู่ การปนเปื้อนของสิ่งสกปรกเหล่านี้ จะทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจนอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ หรือถ้าปล่อยลงสู่ลำน้ำธรรมชาติก็จะทำให้คุณภาพของน้ำธรรมชาติเสียหายได้ สิ่งปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำเสีย ได้แก่ น้ำมัน ไขมันผงซักฟอก สบู่ ยาฆ่าแมลง

รวมทั้งสารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเหม็นและเชื้อโรคต่าง ๆ สำหรับแหล่งที่มาของน้ำเสียสามารถแบ่งได้เป็น 2 แหล่งใหญ่ ๆ ดังนี้

### 2.5.1 น้ำเสียจากชุมชน (Domestic Wastewater)

น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชน และกิจกรรมที่เป็นอาชีพ ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหารและชำระล้างสิ่งสกปรกทั้งหลายภายในครัวเรือน และอาคารประเภทต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งมีอัตราการไหลของน้ำเสีย ปริมาณ และลักษณะน้ำเสียที่แตกต่างกันตามกิจกรรมต่าง ๆ

### 2.5.2 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

ยกตัวอย่าง เช่น น้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมรวมทั้งน้ำที่มีความร้อนสูงและน้ำเสียจากห้องน้ำ ห้องส้วมของคนงาน แต่สิ่งสกปรกในน้ำเสียเหล่านี้ส่วนใหญ่จะเป็นสารเคมีที่เป็นพิษและโลหะหนักต่าง ๆ รวมทั้งสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีความเข้มข้นสูงอีกด้วย

## 2.6 ดินตะกอน (จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, 2548)

ดินตะกอนหรือ “sediment” หมายถึง อนุภาค ที่อาจเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ ซึ่งเกิดจากการพังทลายของดิน หรือหินใกล้แหล่งน้ำถูกกัดเซาะ หรือเกิดจากการทับถมของซากแพลงก์ตอนพืช ซากแพลงก์ตอนสัตว์ ดินตะกอนเป็นส่วนที่อยู่ระหว่างดิน กับน้ำผิวดิน ดินตะกอนเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งสืบพันธุ์ วางไข่ หลบภัย แหล่งสะสมและเก็บกักธาตุอาหาร ตลอดจนให้ธาตุอาหารแก่มวลน้ำ เนื่องจากดินตะกอนเป็นแหล่งที่รวบรวมของผู้ย่อยสลาย และผู้ย่อยสลายมีหน้าที่เปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ที่มีการทับถมบริเวณพื้นท้องน้ำกลับมาอยู่ในรูปสารอนินทรีย์ ซึ่งแพลงก์ตอนพืชและพรรณไม้น้ำต่าง ๆ สามารถนำมาผลิตขึ้นต้นได้อีกครั้ง ดินตะกอนบริเวณชายฝั่งและในทะเล มีแหล่งกำเนิดจากหลายที่ด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น

2.6.1 ดินตะกอนจากแผ่นดิน (Terrestrial source) จากการชะล้างพังทลายของดิน ดินตะกอนที่มาจากสิ่งมีชีวิต เมื่อสิ่งมีชีวิตตายลง เศษซากพืช ซากสัตว์จะจมตัวลงบนพื้นท้องน้ำ ในบริเวณปากแม่น้ำใหญ่ๆที่มีการทับถมของตะกอนในปริมาณมากบนไหล่ทวีปจะเกิดการเคลื่อนย้ายจากที่สูงบนไหล่ทวีปไปยังที่ต่ำกว่า การเคลื่อนย้ายดินตะกอนจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับความลาดชันของไหล่ทวีป

2.6.2 ดินตะกอนจากสิ่งมีชีวิต เป็นดินตะกอนที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตหรืออนุภาคสารอินทรีย์เกิดจากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในทะเล เมื่อสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ตายลง หรือขณะเจริญเติบโตจะเหลือโครงสร้างที่ยังไม่ย่อยสลายจมลงสู่พื้นท้องน้ำ อนุภาคเหล่านี้จึงกลายเป็นส่วนหนึ่งของดินตะกอนบนพื้น อีกทั้งการแพร่กระจายของตะกอนเหล่านี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่จะส่งเสริมใน

การดำรงชีวิตต่อสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ สภาพแวดล้อมดังกล่าว ได้แก่ ธาตุอาหารของพืชในแหล่งน้ำที่สิ่งมีชีวิตสามารถนำมาใช้ในการสร้างโครงสร้างของเซลล์

การตกตะกอนเป็นกระบวนการตามธรรมชาติของระบบนิเวศ แต่กิจกรรมของมนุษย์หลายๆกิจกรรม เช่น การพัฒนาที่ดินชายทะเลเพื่อเป็นที่อยู่อาศัยและการทำธุรกิจ ทำให้ปริมาณการตกตะกอนเปลี่ยนแปลงจากระดับปกติ ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายต่อพืชและสัตว์น้ำ อนุภาคต่าง ๆ เมื่อถูกพัดพาลงแม่น้ำลำคลอง อนุภาคที่มีขนาดใหญ่ไม่สามารถถูกพัดพาไปได้ จึงตกตะกอนและทับถมลงก่อน ส่วนอนุภาคที่มีขนาดเล็ก ก็จะสามารถถูกพัดพาออกสู่ทะเล (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

## 2.7 สารอินทรีย์

สารอินทรีย์ หมายถึง สารที่มีธาตุคาร์บอน (C) เป็นองค์ประกอบหลัก และมีธาตุอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบร่วม เช่น ธาตุออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ เป็นต้น ดังนั้นสารอินทรีย์จะต้องมีธาตุอื่น ๆ รวมอยู่ด้วย จึงกล่าวได้ว่าสารอินทรีย์ก็คือสารประกอบของคาร์บอน (กฤษณา ชุตินา, 2541) สารอินทรีย์นั้นมีความสำคัญมากต่อห่วงโซ่อาหารในลักษณะของการถ่ายทอดพลังงาน โดยสารอินทรีย์นั้นแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ สารอินทรีย์ละลายน้ำ (Dissolved Organic matter; DOM) มีขนาดของอนุภาคเล็กกว่า 0.45 ไมครอนและสารอินทรีย์แขวนลอย (Particulate Organic matter; POM) มีขนาดของอนุภาคใหญ่กว่า 0.45 ไมครอนขึ้นไปซึ่งจะพบสารอินทรีย์ทั้งสองชนิดในแหล่งน้ำตามธรรมชาติทั้งน้ำทะเลและน้ำจืด (Vanloon & Duffy, 2005; Perdue & Benner, 2009)

### 2.7.1 สารอินทรีย์ในดินตะกอน

สารอินทรีย์ในดินตะกอนเป็นสารประกอบที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่ซับซ้อน เช่น กรดไขมัน ลิกนิน กรดอินทรีย์ และสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อนอื่น ๆ อีก โดยสารอินทรีย์มีแหล่งกำเนิดจากแผ่นดิน และสามารถเกิดขึ้นเองจากการผลิตของแพลงก์ตอนพืชในทะเล โดยสารอินทรีย์เหล่านี้จะจมตัวลงผ่านมวลน้ำและสะสมอยู่บริเวณพื้นท้องน้ำ (จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, 2548)

### 2.7.2 แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในทะเล

สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในทะเลมีแหล่งกำเนิดหลักที่สำคัญคือ มาจากสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในทะเลและมาจากแผ่นดิน ซึ่งแหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ในน้ำแต่ละประเภทมีดังต่อไปนี้

### 2.7.2.1 สารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในทะเล

สารอินทรีย์ที่พบในทะเลได้แก่ สารที่สิ่งมีชีวิตสร้างขึ้นและปล่อยออกมาจากเซลล์หรือเกิดจากการเน่าเปื่อยของซากสิ่งมีชีวิตเอง สารที่ถูกขับถ่ายออกมาจากสิ่งมีชีวิต รวมถึงสารอินทรีย์ที่พืชทะเลสร้างขึ้น โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เช่น คลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นสารที่ใช้เป็นตัวบอกถึงปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในทะเล และสารอินทรีย์อื่น ได้แก่ อัลเคน อัลคีน คาโรทีนอยด์ และไฮโดรคาร์บอนบางชนิด อาจกล่าวได้ว่ากระบวนการสังเคราะห์แสงเป็นกระบวนการที่ผลิตอินทรีย์คาร์บอนมากที่สุดในทะเล (มนูวดี หงสพฤกษ์, 2532) สำหรับในแพลงก์ตอนพืชจะมีการเจริญเติบโตอยู่บนบริเวณผิวน้ำซึ่งจะใช้แสงอาทิตย์และออกซิเจนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ส่วนแบคทีเรียและจุลินทรีย์อื่น ๆ จะสะสมอยู่ในดินตะกอนที่มีความอุดมสมบูรณ์รวมถึงสามารถนำสารอาหารต่าง ๆ ไปใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตก็มีการปล่อยของเสียที่เป็นสารอินทรีย์ออกสู่มวลน้ำ โดยประเมินได้ว่ากิจกรรมของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำทั้งหมดจะมีส่วนในการผลิตสารอินทรีย์ละลายน้ำอยู่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของสารอินทรีย์ทั้งหมด (มนูวดี หงสพฤกษ์, 2532)

### 2.7.2.2 สารอินทรีย์จากแผ่นดิน

นอกจากแหล่งกำเนิดสารอินทรีย์ตามธรรมชาติแล้ว กิจกรรมของมนุษย์ยังปล่อยสารอินทรีย์ลงสู่แหล่งน้ำได้เช่นกัน ซึ่งประกอบด้วยของเสียจำนวนมาก เช่น สิ่งปฏิกูลจากบ้านเรือนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำโดยตรงหลังจากบำบัดและไม่ได้บำบัด ของเสียที่เกิดจากกิจกรรมการเกษตร และผลิตภัณฑ์หรือผลพลอยได้ของกระบวนการทางอุตสาหกรรม ดังนั้นสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปของสารแขวนลอยและที่ละลายน้ำที่มีอยู่มากมายในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ นั้น มีแหล่งที่มาทั้งจากธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น (Vanloon & Duffy, 2005)

## 2.8 สัตว์ทะเลหน้าดิน (Marine benthos)

สัตว์ทะเลหน้าดิน (marine benthos) หมายถึง สัตว์ทะเลทั้งที่มีกระดูกสันหลังและไม่มีกระดูกสันหลังที่อาศัยอยู่บริเวณพื้นท้องทะเล โดยบางชนิดอาศัยอยู่บนพื้นดิน สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) ประเภทที่เกาะติดอยู่บนพื้นดิน (sessile organism) 2) ประเภทที่เคลื่อนที่อิสระบนพื้นดิน (motile organism) และ 3) ประเภทที่ฝังตัวอยู่ในดิน (burrowing in sediment) (Kruitwagen, Nagelkerken, Lugendo, Mgeya, & Bonga, 2010) และการแบ่งกลุ่มของสัตว์ทะเลหน้าดินออกตามลักษณะการกินอาหาร ซึ่งจะสัมพันธ์กับลักษณะพื้นที่ที่สัตว์ทะเลหน้าดินอาศัยอยู่ ได้แก่



2.8.1 สัตว์ทะเลหน้าดินที่กินพืชเป็นอาหาร (Herbivores) ได้แก่ หอยฝาเดียวและหอยเม่น สัตว์ทะเลหน้าดินประเภทนี้จะมีพื้นสำหรับแทะสาหร่าย หรือพืชขนาดเล็กที่เกาะตามพื้นหิน (Oakes, Connolly, & Revill, 2010)

2.8.2 สัตว์ทะเลหน้าดินที่กินสัตว์เป็นอาหาร (Carnivores) ได้แก่ หอยฝาเดียวบางชนิด เช่นหอยกระเจาะหรือหอยมะระที่ชอบเจาะไชกินหอยนางรมและเพรียงเป็นอาหาร ปลาดาวหลายชนิดชอบกินหอยสองฝาและปูทะเล (Faye, Morais, Raffray, Sadio, & Thiaw, 2011)

2.8.3 สัตว์ทะเลหน้าดินที่กรองอาหารจากมวลน้ำ (Filterfeeders) สัตว์ทะเลหน้าดินประเภทนี้มีอวัยวะสำหรับกรองแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์จากมวลน้ำ อวัยวะที่ใช้กรองอาหารอาจเป็นหนวด รยางค์ส่วนปากหรือส่วนเหงือก ตัวอย่างสัตว์กลุ่มนี้ ได้แก่ หอยนางรม หอยแมลงภู่ หอยกะพง และจักจั่นทะเล (Kon, Tongnunui, & Kurokura, 2015)

2.8.4 สัตว์ทะเลหน้าดินที่กินอินทรีย์สารเป็นอาหาร สัตว์ทะเลหน้าดินประเภทนี้แบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยได้อีก คือสัตว์ทะเลหน้าดินที่ดำรงชีพโดยการกินซากพืชซากสัตว์ (Scavengers) เท่านั้นเช่น แมลงสาบทะเล ปูก้ามดาบเป็นประเภทที่กัดกินซากพืชซากสัตว์หรือกินแบคทีเรียและจุลชีพบนอินทรีย์สาร (Detritus feeders) ปลิงทะเลบางชนิดจะกินอินทรีย์สารที่อยู่ในดินเป็นอาหาร (Deposit feeders) โดยอาจกินกรวดทรายเข้าไปในตัว และมีกระบวนการย่อยและดูดซึมเฉพาะอินทรีย์สารไว้ และถ่ายกรวดทรายออกมาในรูปของอุจจาระ (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554; Bouillon, Raman, Dauby, & Dehairs, 2002)

นอกจากนี้ในการศึกษาของ ศิรินันท์ ไชยวาทิ (2555) ปริมาณหอยฝาเดียวในแนวหญ้าผสมนาง (*Halodule pinifolia*) และหญ้าชะเงาใบยาว (*Enhalus acoroides*) ในอ่าวคุ้งกระเบน พบว่าประชากรของหอยฝาเดียวที่มีความชุกชุมมากที่สุด และหอยที่พบเป็นชนิดเด่น คือ หอยเจดีย์ (*Cerithideopsisilla cingulata*)

## 2.9 ไอโซโทป

ไอโซโทป หมายถึง อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันที่มีเลขอะตอม (Atomic number) แต่มีเลขมวล (Mass number) ต่างกัน ไอโซโทปของธาตุชนิดเดียวกันมีคุณสมบัติทางเคมีเหมือนกัน เช่น ไฮโดรเจนในธรรมชาติมี 3 ไอโซโทป คือ  $^1\text{H}$ ,  $^2\text{H}$  และ  $^3\text{H}$  ในการเขียนสัญลักษณ์ของธาตุเพื่อแสดงถึง Mass number และ Atomic number นิยมเขียน Mass number ไว้ทางด้านบนซ้าย และ Atomic number ไว้ทางด้านล่างซ้ายของสัญลักษณ์ สำหรับอะตอมที่เป็นไอโซโทปมักไม่เขียน Atomic number ไว้เฉพาะไอโซโทปของธาตุเดียวกันมีค่า Atomic number เท่ากันจึงเขียนเฉพาะ Atomic mass เช่น ไอโซโทปของคาร์บอน  $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  และ  $^{14}\text{C}$  (Hoefs, 2004)

ไอโซโทปเสถียร คือ อะตอมของธาตุนั้นมีจำนวนโปรตอนและจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน แต่มีจำนวนนิวตรอนแตกต่างกัน (Hoefs, 2004) นั่นก็คือจะมีมวลที่แตกต่างกันด้วย ซึ่งธาตุแต่ละธาตุอาจจะมีหลายไอโซโทปที่แตกต่างกันไป โดยจะมีทั้งไอโซโทปที่สลายตัวได้ และไอโซโทปเสถียร อย่างไรก็ตาม ไอโซโทปของธาตุเดียวกันนั้นจะมีคุณสมบัติทางเคมีและชีวภาพที่เกือบจะเหมือนกันทุกประการ แต่จะมีคุณสมบัติทางกายภาพต่างกัน

### 2.9.1 การวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทป

การวิเคราะห์ไอโซโทปเสถียรเป็นการหารูปแบบไอโซโทป (isotopic signature) ลักษณะการกระจายของไอโซโทปเสถียร (stable isotopes) ซึ่งการวิเคราะห์ไอโซโทปเสถียรเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ และถูกนำมาใช้ในการศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์มากขึ้นและสามารถใช้ในการศึกษากระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของผู้ผลิตเบื้องต้น การตกตะกอนทับถม การย่อยสลาย และการเปลี่ยนแปลงสภาพสารอินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม (Boutton, 1991) ดังนั้นการวิเคราะห์ไอโซโทปเสถียรเป็นวิธีการที่ใช้บ่งบอกแหล่งที่มาที่แตกต่างกันของสารอินทรีย์ และการติดตามการแพร่กระจายของน้ำเสียที่มาจากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน เช่น จากการขับถ่ายของสัตว์ น้ำทิ้งจากบ้านเรือนหรือโรงบำบัดน้ำเสีย (Costanza et al., 1997) ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำที่ได้รับอิทธิพลของน้ำเสียที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์จะมีปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  ที่แตกต่างจากสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีผลกระทบดังกล่าวโดยผ่านสายใยอาหาร (Yamamuro, Kayanne, & Yamano, 2003)

ปริมาณไอโซโทปเสถียรของธาตุต่าง ๆ สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยเครื่อง Isotope-ratio mass spectrometry (IRMS) ซึ่งองค์ประกอบของไอโซโทปเสถียรในธาตุที่มีมวลน้อย เช่น คาร์บอน ไนโตรเจน ออกซิเจน ไฮโดรเจน และซัลเฟอร์ โดยทั่วไปจะรายงานด้วยค่าของเดลตา (delta,  $\delta$ ) ซึ่งเป็นค่าของส่วนในพันส่วน ใช้สัญลักษณ์ ‰ โดยเปรียบเทียบกับมีปริมาณที่มากกว่า (enrichment) หรือน้อยกว่า (depletion) ค่าในสารมาตรฐาน สัญลักษณ์ ‰ มีการเรียกว่า per mil (นรินทร์ บุญตานนท์, 2553) โดยคำนวณ  $\delta$  ได้จาก

$$\delta X(\text{‰}) = [(R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}}) - 1] \times 1000$$

โดย X คือ ไอโซโทปเสถียรของ  $^{13}\text{C}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{18}\text{O}$  หรือ  $^{34}\text{S}$   
 R คือ อัตราส่วนของไอโซโทปหนักต่อไอโซโทปเบา เช่น  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^2\text{H}/^1\text{H}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ,  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  หรือ  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$   
 $R_{\text{sample}}$  คือ สัดส่วนของไอโซโทปหนักต่อไอโซโทปเบาในตัวอย่าง

$R_{\text{standard}}$  คือ สัดส่วนของไอโซโทปหนักต่อไอโซโทปเบาในสารมาตรฐาน

ค่าของ  $\delta$  เป็นบวก หมายถึง ตัวอย่างมีไอโซโทปหนักมากกว่าสารมาตรฐาน และค่า  $\delta$  เป็นลบ หมายถึง ตัวอย่างมีไอโซโทปหนักน้อยกว่าสารมาตรฐาน เช่น  $\delta$  ของ  $^{15}\text{N}$  เท่ากับ +30 ‰ หมายความว่า สารตัวอย่างมีไอโซโทป  $^{15}\text{N}$  มากกว่าสารมาตรฐาน 30 ส่วนในพันส่วน หรือ 3 % (Kendall & Caldwell, 1998) ซึ่งค่าของไอโซโทปทั้งหมดจะนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ขึ้นต้นจากงานวิจัยที่นำมาอ้างอิง ในการวิเคราะห์ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนจะใช้คาร์บอนฟอสซิลในชั้นหินใต้ทะเลลึกที่มีอายุเก่าแก่เป็นมาตรฐานอ้างอิง Pee Dee Belemnite (Craig, 1953) ส่วนไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนจะใช้ไนโตรเจนในบรรยากาศเป็นมาตรฐานอ้างอิง (Mariotti, 1983)

ตารางที่ 2-1 ปริมาณ ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ที่พบในระบบนิเวศทั่วไป

| Sample                              | $\delta^{13}\text{C}$ (‰) | $\delta^{15}\text{N}$ (‰) |
|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Sewage (Particulate organic matter) | -28.5 to -21              | -1 to 11                  |
| Marine POM                          | -23.5 to -21.6            | 7 (0 to 22)               |
| Seagrass                            | -12.5 to -10              | 0 to 8                    |
| Phytoplankton                       | -30 to -17                | 3 to 12                   |
| Macroalgae                          | -27 to -8                 | 5 to 12                   |

(Dean, 2006; Yamamuro et al., 2003; Maksymowska, Richard, Piekarek- Jankowska, & Riera, 2000; Melville & Connolly, 2003; Vizzini & Mazzola, 2003)

## 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเทคนิคไอโซโทปเสถียรมาใช้ในการศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำทะเลในประเทศไทยนั้นยังมีไม่มากนัก แต่ในต่างประเทศนั้นได้มีการใช้ไอโซโทปเสถียรในการติดตามและบ่งชี้แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในระบบนิเวศทางทะเลเล็กน้อยกว้างขวาง โดยปริมาณ ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในสารอินทรีย์แต่ละชนิดที่แหล่งน้ำทะเลได้รับนั้นมีค่าแตกต่างกันดังนี้ น้ำเสียจะมีปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  อยู่ในช่วง

-28.5 ถึง -21.0 ‰ มีปริมาณ  $\delta^{15}\text{N}$  อยู่ในช่วง -1.0 ถึง 11.0 ‰ และแพลงก์ตอนทะเลจะมีปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  อยู่ในช่วง -30.0 ถึง -17.0 ‰ มีปริมาณ  $\delta^{15}\text{N}$  อยู่ในช่วง 3.0 ถึง 12 ‰ (Maksymowska et al., 2000) ส่วนหอยน้ำทะเลจะมีปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  อยู่ในช่วง -12.5 ถึง -10.0 ‰ และ  $\delta^{15}\text{N}$  อยู่ในช่วง 0 ถึง 8 ‰ (Melville & Connolly, 2003; Vizzini & Mazzola, 2003)

การติดตามแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในระบบนิเวศชายฝั่งที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยนำ  $\delta^{15}\text{N}$  มาใช้บ่งชี้แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในหอยน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งของเกาะไหหลำ ประเทศจีน โดย Herbeck, Sollich, Unger, Holmer, and Jennerjahn (2014) พบว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในหอยน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งมาจากน้ำที่จากรบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากปริมาณ  $\delta^{15}\text{N}$  ในหอยน้ำทะเลสูงกว่าปริมาณ  $\delta^{15}\text{N}$  ในน้ำทะเล ซึ่งสอดคล้องกับการนำไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน มาใช้ในการติดตามตรวจสอบสารอินทรีย์ในแหล่งหอยน้ำทะเลที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ บริเวณชายฝั่งแคริบเบียน ของ Sanchez, Hernandez, Saen, and Garcia (2013) โดยพบว่า ปริมาณ  $\delta^{15}\text{N}$  ในหอยน้ำทะเล *Thalassia testudinum* ในเขตเมืองและมีนักท่องเที่ยวจำนวนมาก มีปริมาณสูงกว่าในพื้นที่ที่ไม่ได้มีการพัฒนา เช่นเดียวกับการศึกษาของ Christiaen, Bernard, Mortazavi, Cebrian, and Ortmann (2014) ที่พบว่าอัตราส่วนไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในหอยน้ำทะเล ( $\delta^{15}\text{N}$ ) เพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับเขตพื้นที่ที่มีการพัฒนา มีนักท่องเที่ยวเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ใช้ไอโซโทปเสถียรมาใช้ในการติดตามตรวจสอบแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในระบบนิเวศชายฝั่ง และในระบบนิเวศทางทะเล สารอินทรีย์ในหอยน้ำทะเลนั้นอาจมีที่มาที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าหอยน้ำทะเลเป็นแหล่งรองรับของสารอินทรีย์ (Zieman, Macko, & Mills, 1984; Wada, 2009) แต่การศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนจากแหล่งหอยน้ำทะเลที่อยู่ใกล้ป่าชายเลนและป่าชายเลน บริเวณชายฝั่งประเทศฟิลิปปินส์และเวียดนาม โดย Kennedy et al. (2004) พบว่าป่าชายเลนเป็นที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนในป่าชายเลน ส่วนสารอินทรีย์ในดินตะกอนบริเวณที่มีหอยน้ำทะเลนั้นก็มาจากหอยน้ำทะเล seston และ epiphyte ที่อยู่ในบริเวณนั้นด้วย กล่าวได้ว่าเมื่อระยะทางห่างจากป่าชายเลนมากขึ้น บทบาทของสารอินทรีย์จากป่าชายเลนที่สะสมในดินตะกอนมีปริมาณลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Anderson and Fourqurean (2003) พบว่าปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  ในหอยน้ำทะเล *Thalassia testudinum* ทางตอนใต้ของฟลอริดา มีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  ที่พบในป่าชายเลน ดังนั้นจึงสามารถบ่งชี้ได้ว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในหอยน้ำทะเลส่วนใหญ่มาจากป่าชายเลน ส่วนปริมาณ  $\delta^{15}\text{N}$  มีการผันแปรอาจบ่งชี้ได้ว่าเกิดจากกระบวนการทางชีวเคมี เช่น การตรึงไนโตรเจน, ammonification และ dinitrification และ Papadimitriou et al. (2005) พบว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ในตะกอนของแหล่งหอยน้ำ

ทะเลในทะเลเมดิเตอร์เรเนียนมาจากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในน้ำ (seston) ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษา แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในตะกอนบริเวณอ่าว Lianzhou ของ Kaiser, Unger, and Qiu (2014) พบว่า ปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  ในตะกอนมาจากแพลงก์ตอนพืชในทะเล นอกจากนี้การศึกษา แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งของอ่าว Toulon ของการศึกษาของ Dang et al. (2018) พบว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน และไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิว (-22.2 และ 0.5 ‰ ตามลำดับ) ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับ Macroalgae ( $\delta^{13}\text{C} = -23.0 \pm 0.51$  ‰ และ  $\delta^{15}\text{N} = 0.3 \pm 0.43$  ‰) จึงสามารถบ่งชี้ได้ว่าดินตะกอนที่ระดับผิวได้รับสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ มาจาก Macroalgae

ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ยังสามารถนำมาใช้ในการ ตรวจสอบแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในสิ่งมีชีวิตในป่าชายเลนได้เช่นกัน โดย Sichan and Boonphakdee (2013) ได้ทำการติดตามแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในหอยนางรมและหอยแครง ที่เลี้ยงใกล้กับป่าชายเลน พบว่าสารอินทรีย์ในหอยทะเลสองฝาทั้งสองชนิด มาจากสาหร่ายหน้าดิน ขนาดเล็ก และสารอินทรีย์ในดินตะกอนมาจากแพลงก์ตอนพืชในทะเล และในส่วนของ การใช้ ไอโซโทปเพื่อบ่งชี้แหล่งที่มาของอินทรีย์แขวนลอย (POM) ในป่าชายเลนและหญ้าทะเลในอ่าว Gazi จากการศึกษาของ Hemminga, Slim, Kazungu, Ganssen, and Nieuwenhuize (1994) พบว่า หญ้าทะเลเป็นแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในอินทรีย์แขวนลอย ซึ่งบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของหญ้า ทะเลเป็นผู้ผลิตเบื้องต้นของสารอินทรีย์ในทะเล

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเทคนิคไอโซโทปเสถียรมาใช้ในการศึกษาแหล่งที่มาของ สารอินทรีย์ในระบบนิเวศทางทะเลในประเทศไทยนั้นยังมีไม่มากนัก เช่น Quak et al. (2016) ได้ติดตามแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนในแหล่งหญ้าทะเลที่เกาะยาวใหญ่ จังหวัดภูเก็ต พบว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในตะกอนมาจากทะเลประมาณ 62 % ประกอบไปด้วยเศษซาก หญ้าทะเลและ seston และมาจากป่าชายเลนประมาณ 19 % และการศึกษาของ Thimdee, Deen, Sangrungruang, Nishioka, and Matsunaga (2004) พบว่าสารอินทรีย์แขวนลอยในอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัด จันทบุรี มีแหล่งที่มาจากป่าชายเลน ส่วนการศึกษา Kuramoto and Minagawa (2001) พบว่า POM จากปากแม่น้ำตรังและเกาะลิบงมีปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) สูงกว่า บริเวณชายฝั่ง ซึ่งเกิดจากการทิ้งของเสียจากการเกษตรและชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับ Boonphakdee, Kasai, Fujiwara, Sawangwong, and Cheevaporn (2008) ผลการศึกษาพบว่าแหล่งที่มาของ สารอินทรีย์ส่วนใหญ่ได้รับมาจากกิจกรรมของมนุษย์ ทะเลและพืชบก เนื่องจากบริเวณปากแม่น้ำ บางปะกงถูกล้อมรอบไปด้วยเขตเมืองขนาดใหญ่ จึงทำให้พื้นที่ดังกล่าวได้รับผลกระทบจาก กิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  ในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำในช่วงฤดูฝน

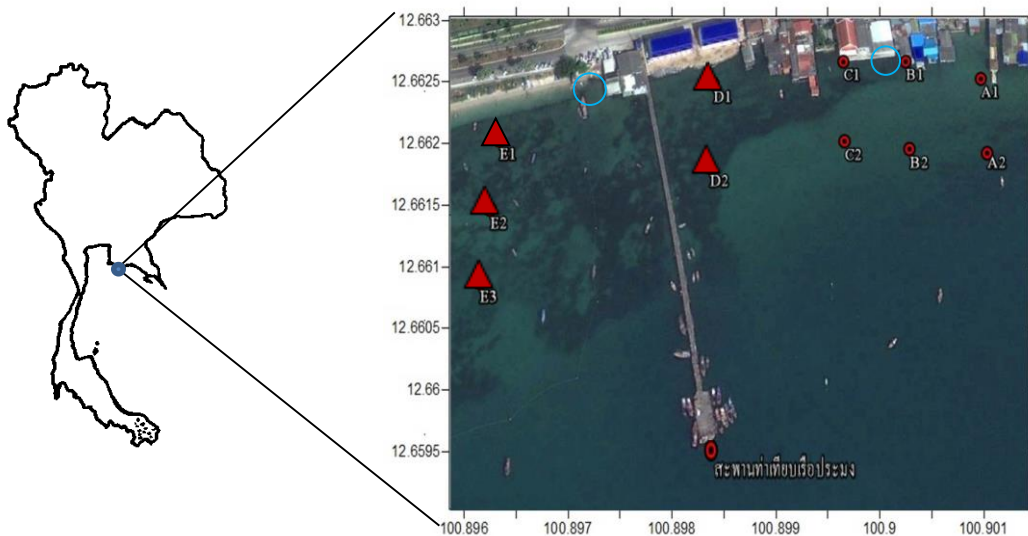
ใกล้เคียงกับพืชบก และในช่วงฤดูแล้งมาจากทะเล และต่อมา Onpankoon, Boonphakdee, Laoharajanaphand, and Chantarachot (2013) พบว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนในอ่าวไทยตอนใน ส่วนใหญ่มาจากแพลงก์ตอนพืชในทะเล (phytoplankton) และ Boonkhwang and Boonphakdee (2013) พบว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์แขวนลอยในอ่าวไทยตอนใน ส่วนใหญ่มาจากแพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) ในทะเล

# บทที่ 3

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 3.1 พื้นที่ศึกษา

แหล่งหญ้าทะเลบริเวณสะพานท่าเทียบเรือประมง เทศบาลเมืองสัตหีบ จ.ชลบุรี (12°66' N, 100°89' E) แหล่งหญ้าทะเลอยู่ใกล้กับชุมชนที่มีประชากรหนาแน่น และมีท่าเทียบเรือชาวประมงพื้นบ้าน ตามแนวชายฝั่งมีการสร้างที่พักอาศัย โรงแรม และยังมีท่อน้ำทิ้งจากชุมชนอยู่ใกล้พื้นที่ดังกล่าวด้วย โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 11 สถานี โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่หนึ่งเก็บตัวอย่างในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลทั้งหมด 6 สถานี คือ A1 A2 B1 B2 C1 และ C2 และส่วนที่สองพื้นที่ที่มีหญ้าทะเลทั้งหมด 5 สถานี คือ D1 D2 E1 E2 และ E3 ดังภาพที่ 3-1 ซึ่งแต่ละสถานีมีระยะห่างประมาณ 50 เมตร โดยกำหนดให้สถานีปลายสะพานท่าเทียบเรือประมงเป็นจุดสถานีอ้างอิง ที่ไม่ได้รับน้ำทิ้งที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์



ภาพที่ 3-1 พื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณชายฝั่งทะเล เทศบาลเมืองสัตหีบ จังหวัดชลบุรี โดยแบ่งออกเป็นพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล (A1 A2 B1 B2 C1 และ C2) และพื้นที่ที่มีหญ้าทะเล (D1 D2 E1 E2 และ E3) ○ คือท่อน้ำทิ้งจากชุมชน (ที่มา: <https://maps.google.co.th>)

### 3.2 ระยะเวลาดำเนินการ

ทำการศึกษาสำรวจ โดยทำการเก็บตัวอย่างดินตะกอนในแหล่งหญ้าทะเล หอยเจดีย์ และ น้ำที่ิงจากชุมชน ในเดือนพฤษภาคม และกันยายน พ.ศ. 2556 และเก็บตัวอย่างหญ้าทะเล ดินตะกอน อิพีไฟท์ น้ำทะเลและน้ำที่ิงจากชุมชน ในวันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560

### 3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

- 3.3.1 กระบอกลูกเต๋าดิน
- 3.3.2 Quadrats ขนาด 50 x 50 ตารางเซนติเมตร
- 3.3.3 ตลับเมตร
- 3.3.4 ถุงซิปล
- 3.3.5 ถาด
- 3.3.6 ถุงมือ
- 3.3.7 GPS
- 3.3.8 เสียม
- 3.3.9 พลั่วมือ

### 3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

- 3.4.1 เตาเผา ยี่ห้อ Carbolite รุ่น ELF 11/14
- 3.4.2 เครื่อง CHNS/O Analysis SeriesII 2400
- 3.4.3 เครื่องทำแห้งภายใต้ความเย็นและสูญญากาศ (Freeze dryer)
- 3.4.4 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Denver Instrument รุ่น TB 214
- 3.4.5 เตาอบ ยี่ห้อ Lab Tech รุ่น LDO-100E
- 3.4.6 Sieve Shaker ยี่ห้อ Retsch รุ่น AS200
- 3.4.7 Isotope Ratio Spectrometer (IRMS)

### 3.5 การเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงน้ำลงต่ำสุดในรอบวัน โดยการเดินเก็บในแต่ละสถานี ตัวอย่าง ที่ทำการเก็บภาคสนามมีดังต่อไปนี้



### 3.5.1 การเก็บตัวอย่างดินตะกอน

3.5.1.1 ดินตะกอนตามความลึก เก็บตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก โดยใช้กระบอกลูกเหล็ก (Core sampler) แทงลงไปตามแนวตั้ง จากนั้นตัดดินเป็นชั้น ๆ โดยใช้แผ่นตัด (Cutting plate) จำนวน 4 ระดับ ได้แก่ 0-2, 2-4, 4-6, และ 6-8 เซนติเมตร ตามลำดับ สถานีละ 3 ซ้ำ นำตัวอย่างดินตะกอนแช่น้ำแข็งก่อนนำมาวิเคราะห์สารอินทรีย์รวม และไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจนในห้องปฏิบัติการ

3.5.1.2 ดินตะกอนที่ระดับผิวดิน เก็บตัวอย่างดินตะกอนผิวดิน โดยการวาง Quadrat ขนาด 50 x 50 เซนติเมตร และตัดผิวหน้าดินตะกอนที่ความลึกประมาณ 5 เซนติเมตร สถานีละ 3 ซ้ำ นำตัวอย่างดินตะกอนแช่น้ำแข็งก่อนนำมาวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดินตะกอนในห้องปฏิบัติการ

### 3.5.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ

3.5.2.1 เก็บตัวอย่างน้ำทะเลจากปลายสะพานท่าเทียบเรือประมงและน้ำที่ชุมชนจากปลายท่อน้ำทิ้ง โดยใช้เกลลอนขนาด 5 ลิตร เก็บตัวอย่างน้ำสถานีละ 3 ซ้ำ และทำการวัดคุณภาพน้ำ โดยทำการวัดความเค็ม และค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง YSI 6600 และวัดความเป็นกรด-ด่างด้วย pH meter และนำตัวอย่างไปแช่น้ำแข็งก่อนนำมาวิเคราะห์สารอินทรีย์รวม และไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจนในห้องปฏิบัติการ

3.5.2.2 การตรวจวัดคุณภาพของน้ำในดินหลังจากเก็บตัวอย่างดินตามความลึกแล้ว ใช้ท่อพีวีซี (เจาะรู) ปักลงไปดินจากนั้นใช้ชุด Syringe และสายยางขนาดเล็กดูดน้ำในดินจากท่อพีวีซี เพื่อตรวจวัดคุณภาพน้ำในดิน ความเค็ม การนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง YSI 6600 ส่วนความเป็นกรด-ด่างวัดด้วย pH meter

### 3.5.3 การเก็บตัวอย่างสิ่งมีชีวิต

3.5.3.1 เก็บตัวอย่างหอยชนิดเด่นที่พบในแหล่งหญ้าทะเลเป็นหอยเจดีย์ (*Cerithiopsis cingulata*) เก็บตัวอย่างหอยประมาณ 10 ตัว จากจุดเก็บตัวอย่างหญ้าทะเลในช่วงเวลาน้ำลงต่ำสุด และนำตัวอย่างไปแช่เย็น

3.5.3.2 เก็บตัวอย่างหญ้าทะเลชนิดเด่น หญ้ากุ่มช่ายเข็ม (*Halodule pinifolia*) เก็บตัวอย่างหญ้ากุ่มช่ายเข็ม โดยใช้ Quadrat ขนาด 25 x 25 เซนติเมตร วางแบบสุ่มบริเวณใกล้กับจุดเก็บตัวอย่างดินตะกอน จากนั้นใช้พลั่วขุดเพื่อให้ได้หญ้าทะเลทั้งรากและลำต้น เลือกเก็บต้นที่มีขนาดความยาวจากรากถึงปลายยอด 10-15 เซนติเมตร จำนวน 10 ต้น สถานีละ 3 ซ้ำ จากนั้นนำตัวอย่างหญ้าทะเลแช่น้ำแข็ง

3.5.3.3 เก็บตัวอย่างอิฟไฟท์จากตัวอย่างใบหญ้าทะเล โดยนำใบหญ้าทะเลมาขูดเอาอิฟไฟท์ที่เกาะบนผิวของใบหญ้าทะเลลงบนกระดาษกรอง Whatman GF/F และนำตัวอย่างไปแช่น้ำแข็ง

### 3.6 การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่าง

#### 3.6.1. ขนาดอนุภาคดินตะกอน

การวิเคราะห์หาขนาดดินตะกอนในครั้งนี้ดัดแปลงวิธีการศึกษาของ Pitty (1971) เป็นการวิเคราะห์โดยใช้ตะแกรงแบบแห้ง (Dry sieve) นำตัวอย่างดินที่ได้จากการเก็บตัวอย่างมาอบในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 2 วัน จากนั้นชั่งตัวอย่างดินประมาณ 100 กรัม และนำไปร่อนผ่านตะแกรงด้วยเครื่อง Sieve Shaker ใช้ตะแกรงที่มีขนาดรูตะแกรง 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125 และ 0.063 มิลลิเมตร ตามลำดับ เป็นเวลาประมาณ 15 นาที นำตัวอย่างดินตะกอนที่ค้างอยู่บนตะแกรงร่อนขนาดต่าง ๆ ไปชั่งน้ำหนัก คำนวณหาค่าร้อยละของตัวอย่างอนุภาคดินตะกอน โดยน้ำหนักแห้งที่มีขนาดอนุภาคดินตะกอนอยู่ในช่วง น้อยกว่า 0.063, 0.063-0.125, 0.125-0.25, 250-425, 0.5-1 และมากกว่า 1-2 มิลลิเมตร ตามสมการของ Pitty (1971)

$$\text{The total weight retained at each size (\%)} = (Ws/Wd) \times 100$$

เมื่อ  $Ws$  คือ น้ำหนักอนุภาคดินตะกอนที่อยู่บนตะแกรงร่อนขนาดต่าง ๆ ที่ได้ในหน่วยกรัม

$Wd$  คือ น้ำหนักอนุภาคดินตะกอนทั้งหมดในหน่วยกรัม

#### 3.6.2 การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ไอโซโทปเสถียร

##### 3.6.2.1 ดินตะกอนตามความลึก

การเตรียมตัวอย่างดินตะกอนดัดแปลงจากวิธีของ Hu, Peng, Jia, Mai and Gen (2006) นำตัวอย่างดินตะกอนมา อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำเศษขยะและเปลือกหอยที่ปนอยู่ในดินออกให้หมด หลังจากนั้นนำตัวอย่างมาบดให้ละเอียดด้วยโกร่ง (mortar) และนำตัวอย่างมากำจัดคาร์บอนโดยใช้กรดไฮโดรคลอริก 1 N และนำตัวอย่างดินตะกอนชะล้างด้วย น้ำปราศจากไอออน หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และชั่งตัวอย่างที่ประมาณ 25 มิลลิกรัม และบรรจุลงใน Tin capsule เพื่อนำไปวิเคราะห์สัดส่วนของไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน และไนโตรเจนต่อไป

### 3.6.2.2 สารอินทรีย์แขวนลอย Particulate organic matter (POM)

นำตัวอย่างน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร มากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman GF/F ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดาษกรองที่ผ่านการกรองน้ำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึง decarbonate ด้วยกรดไฮโดรคลอริก เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสอีกครั้ง และจากนั้นนำมาบรรจุใน Tin capsules เพื่อวิเคราะห์ปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  ต่อไป

### 3.6.2.3 สิ่งมีชีวิต

3.6.2.3.1 นำตัวอย่างหอยมาแกะเปลือกเอาส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อทั้งหมดมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น แล้วจึงนำเนื้อเยื่อไปทำให้แห้งด้วย Freeze dryer จากนั้นบดให้ละเอียดด้วยโกร่ง และนำมาสกัดไขมัน โดยเติมสารละลายที่มีส่วนผสมของ Chloroform: Methanol ในสัดส่วน 2:1 หลังจากนั้นทำให้แห้ง และจึงนำตัวอย่างบรรจุลงใน Tin capsules เพื่อวิเคราะห์ปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  ต่อไป

3.6.2.3.2 การเตรียมตัวอย่างหญ้าทะเลตัดแปลงจากวิธีของ Anderson and Fourqurean (2003) นำใบหญ้าทะเลมาชูดเพื่อแยกอีพิไฟท์ออก จากนั้นนำหญ้าทะเลไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาบดให้ละเอียดและจึงนำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักประมาณ 1.5 มิลลิกรัม บรรจุลงใน Tin capsules เพื่อวิเคราะห์ปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  ต่อไป

3.6.2.3.3 การเตรียมตัวอย่างอีพิไฟท์ตัดแปลงจากวิธีของ Anderson and Fourqurean (2003) นำใบหญ้าทะเลมาชูดเอาอีพิไฟท์ที่เกาะบนผิวของใบหญ้าทะเลลงบนกระดาษกรอง Whatman GF/F จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาบรรจุใส่ Tin capsules เพื่อวิเคราะห์  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  ด้วยเครื่อง Isotope Ratio Mass Spectrometer (IRMS) ต่อไป

## 3.7 การวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน

นำตัวอย่างดินตะกอน หญ้าทะเล อีพิไฟท์ สิ่งมีชีวิตและ Particulate organic matter (POM) ที่เตรียมได้ไว้ไปวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน และไนโตรเจนด้วยเครื่อง Isotope Ratio Mass Spectrometer ที่มหาวิทยาลัยคอร์เนลล์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งข้อมูลของ

สัดส่วนของคาร์บอนคือ  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  และสัดส่วนของไนโตรเจนคือ  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  มีหน่วยเป็น permil (‰) ผลที่รายงานออกมานั้นเป็นความสัมพันธ์ของความแตกต่างระหว่างค่าของตัวอย่างและสารมาตรฐาน โดยนำมาคำนวณดังสมการ

$$\delta X (\text{‰}) = [(R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}}) - 1] \times 10^3$$

เมื่อ X แทน ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน ( $^{13}\text{C}$  หรือ  $^{15}\text{N}$ )

R แทน ค่าของสัดส่วนของไอโซโทป ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  หรือ  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ )

สัดส่วนของแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ที่สำคัญในอาหารของหอยเจดีย์ (*C. cingulata*) ซึ่งคาร์บอนและไนโตรเจนในตัวอย่างจะถูกคำนวณโดยใช้ simple two sources mixing model (Riera & Richard, 1996)

$$\delta^{13}\text{C}_s = f_1 \delta^{13}\text{C}_1 + f_2 \delta^{13}\text{C}_2$$

$$\delta^{15}\text{N}_1 = f_1 \delta^{15}\text{N}_1 + f_2 \delta^{15}\text{N}_2$$

เมื่อ  $f_1$  และ  $f_2$  แทน คาร์บอนและไนโตรเจนในตัวอย่างที่มาจากแหล่งกำเนิดที่ 1 และ

2

$C_1$  และ  $C_2$  แทน ปริมาณไอโซโทปของคาร์บอนในตัวอย่างที่มาจากแหล่งกำเนิดทั้ง 2

ลำดับ

$N_1$  และ  $N_2$  แทน ปริมาณไอโซโทปของไนโตรเจนในตัวอย่างที่มาจากแหล่งกำเนิดทั้ง 2

ลำดับ

### 3.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน และปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจนในตัวอย่างดินตะกอนที่ระดับผิว หญ้าทะเล สิ่งมีชีวิต อีฟิฟท์ และสารอินทรีย์แขวนลอยในทะเลมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ t-test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพื้นที่และแต่ละครั้งในการเก็บตัวอย่าง

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

#### 4.1 คุณภาพน้ำ

ทำการศึกษาคูณภาพน้ำในดิน (initial water) บริเวณชายฝั่งทะเล เทศบาลเมืองสัตหีบ จ.ชลบุรี จำนวน 11 สถานี (ภาพที่ 3-1) ในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2556 และกันยายน พ.ศ.2556 ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4-1 โดยพบว่า

ความเค็มในทุกสถานีช่วงเดือนพฤษภาคม 2556 พบว่ามีปริมาณอยู่ระหว่าง 29 - 30.1 (ค่าเฉลี่ย  $29.6 \pm 0.56$ ) ความเค็มต่ำสุดที่สถานี E3 และสูงสุดในสถานี D2 และความเค็มในช่วงเดือนกันยายน 2556 พบว่าอยู่ระหว่าง 27.2 - 30.6 (ค่าเฉลี่ย  $29.5 \pm 1.2$ ) ความเค็มต่ำสุดที่สถานี E2 และพบสูงสุดในสถานี A1 ซึ่งความเค็มของทั้งสองเดือนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ความเป็นกรด-ด่างในทุกสถานีช่วงเดือนพฤษภาคม 2556 พบว่าอยู่ในช่วง 6.5 - 7.9 (เฉลี่ย  $7.2 \pm 0.6$ ) ซึ่งความเป็นกรด-ด่างต่ำสุดที่สถานี C1 และสูงสุดในสถานี E3 และความเป็นกรด-ด่าง ส่วนช่วงเดือนกันยายน 2556 พบว่าอยู่ระหว่าง 6.2 - 7.07 (เฉลี่ย  $6.8 \pm 0.5$ ) ต่ำสุดที่สถานี D1 และสูงสุดในสถานี B1 ซึ่งความเป็นกรด-ด่างของทั้งสองเดือนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

การนำไฟฟ้าในทุกสถานีช่วงเดือนพฤษภาคม 2556 พบว่าอยู่ระหว่าง 44.1 - 55.1 ms/cm (เฉลี่ย  $50.27 \pm 5.62$  ms/cm) ซึ่งต่ำสุดที่สถานี C1 และสูงสุดในสถานี E1 และช่วงเดือนกันยายน 2556 พบว่าอยู่ระหว่าง 45.1 - 49.91 ms/cm (เฉลี่ย  $48.32 \pm 1.86$  ms/cm) ต่ำสุดที่สถานี D1 และสูงสุดในสถานี E1 ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าของทั้งสองเดือนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

จากผลการศึกษาพบว่าความเค็มในเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) จึงไม่สามารถจำแนกฤดูกาลได้ ในทางตรงกันข้าม การศึกษาของ สันติ บุญขวัญ (2556) ความเค็มในอ่าวไทยตอนใน โดยในเดือนมีนาคม 2552 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง  $33.34 \pm 1.23$  ส่วนเดือนสิงหาคม 2552 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $26.47 \pm 1.91$  แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) จึงแบ่งเป็นฤดูกาลได้คือ เดือนมีนาคมเป็นช่วงฤดูแล้ง และเดือนสิงหาคมเป็นช่วงฤดูฝน

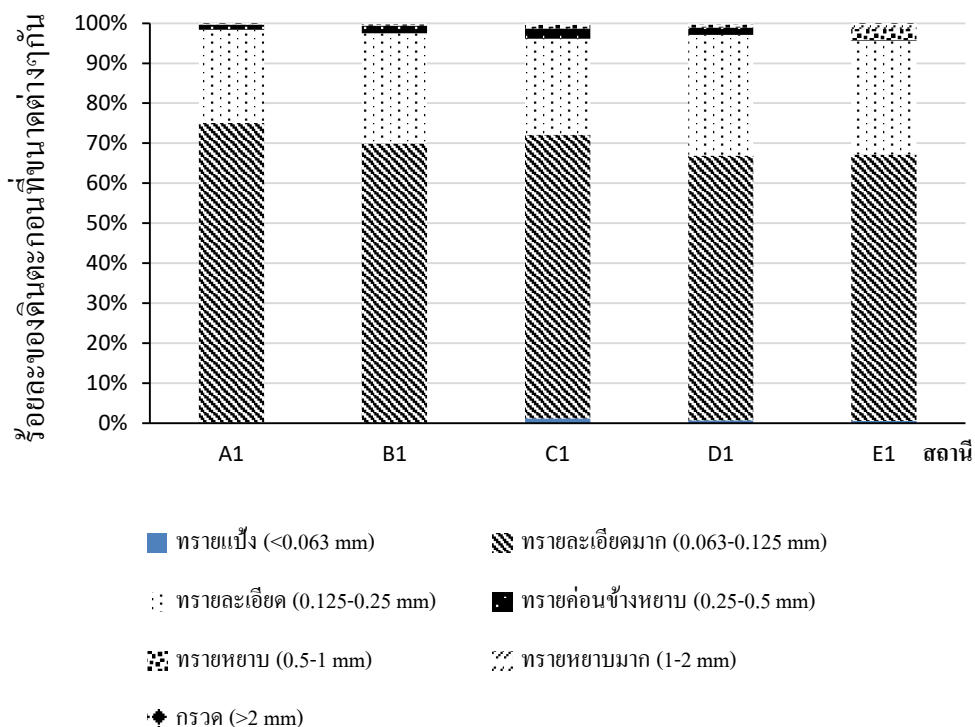
ตารางที่ 4-1 คุณภาพน้ำในดิน บริเวณชายฝั่งเทศบาลเมืองสัตหีบ จ.ชลบุรี ในเดือนพฤษภาคม และ กันยายน 2556

| พารามิเตอร์                          | เดือนพฤษภาคม 2556                              | เดือนกันยายน 2556                           |
|--------------------------------------|--|---|
|                                      | ค่าพิสัย<br>ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบน<br>มาตรฐาน | ค่าพิสัย<br>ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน  |
| ความเค็ม (Salinity)                  | (29 – 30.1)<br>29.6 ± 0.56 <sup>a</sup>        | (27.2 – 30.6)<br>29.5 ± 1.2 <sup>a</sup>    |
| ความเป็นกรด-ด่าง<br>(Alkalinity)     | (6.5 – 7.9)<br>7.2 ± 0.6 <sup>a</sup>          | (6.2 – 7.7)<br>6.8 ± 0.5 <sup>a</sup>       |
| ค่านำไฟฟ้า (Conductivity)<br>(ms/cm) | (44.1 – 55.1)<br>50.27 ± 5.62 <sup>a</sup>     | (45.1 – 49.91)<br>48.32 ± 1.86 <sup>a</sup> |

อักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

#### 4.2 ขนาดอนุภาคดินตะกอน

ขนาดอนุภาคดินตะกอนในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล (A1-C1) และพื้นที่มีหญ้าทะเล (D1-E1) ดินตะกอนในทุกสถานีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยอนุภาคดินตะกอนในทุกสถานีประกอบด้วยอนุภาคที่เป็นกลุ่มทรายละเอียดมาก (Very fine sand ขนาด 0.063 - 0.125 มิลลิเมตร) มากกว่า 50 % และกลุ่มทรายละเอียด (Fine sand 0.125-0.25 มิลลิเมตร) มากกว่า 16 % (ภาพที่ 4-1)



ภาพที่ 4-1 ร้อยละของอนุภาคดินตะกอน (โดยน้ำหนักแห้ง) ในบริเวณชายฝั่งทะเล เทศบาลเมือง สัตหีบ จ.ชลบุรี โดยพื้นที่ที่ไม่มีห้วยทะเล (สถานี A1-C1) และพื้นที่ที่มีห้วยทะเล (สถานี D1-E1)

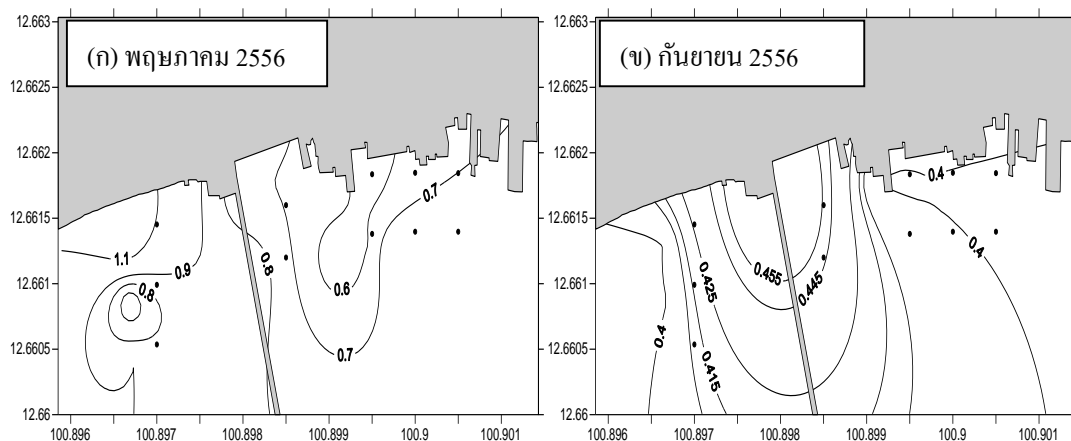
### 4.3 ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนรวมในดินตะกอน (Total organic carbon)

#### 4.3.1 ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนรวมในดินตะกอนที่ระดับผิว

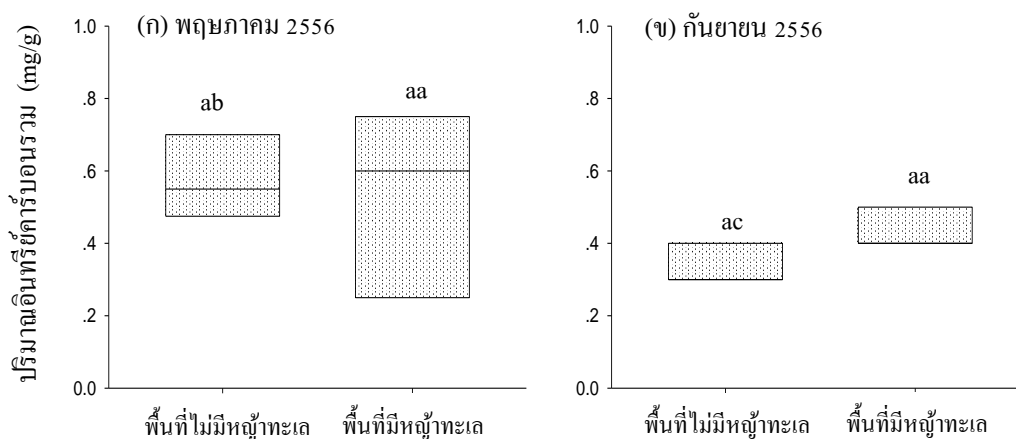
ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนที่ระดับผิวในพื้นที่ทำการศึกษ พบว่ามีปริมาณอยู่ในช่วง 0.3 -1.1 mg/g โดยบริเวณพื้นที่ที่ไม่มีห้วยทะเล และพื้นที่ที่มีห้วยทะเล มีปริมาณเฉลี่ย  $0.04 \pm 0.01$  mg/g และ  $0.04 \pm 0.02$  mg/g ตามลำดับ โดยปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมในระหว่างพื้นที่ที่ไม่มีห้วยทะเลและพื้นที่ที่มีห้วยทะเลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และการกระจายของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนที่ระดับผิวมีลักษณะการกระจายลดลงตามระยะทาง โดยพบว่าบริเวณที่อยู่ใกล้ชายฝั่งมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมมากกว่าบริเวณห่างชายฝั่งออกไปทะเล คล้ายคลึงกันทั้งในเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 ดังภาพที่ 4-2

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมในแต่ละพื้นที่ระหว่างเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 พบว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมในพื้นที่ที่ไม่มีห้วยทะเลของเดือนพฤษภาคม 2556 สูงกว่าในเดือนกันยายน 2556 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ซึ่งต่างจากพื้นที่ที่มีห้วยทะเลโดย

พบว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมระหว่างเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-2 การกระจายของสารอินทรีย์คาร์บอนรวม (mg/g) ในดินตะกอนที่ระดับผิว  
(ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน 2556



ภาพที่ 4-3 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมในดินตะกอนที่ระดับผิว (mg/g) ในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเล (ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน 2556

อักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

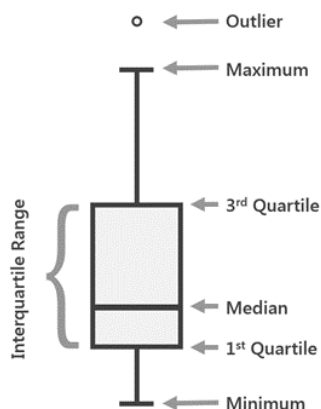
อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ )

อักษรภาษาอังกฤษตัวแรกเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่มีหญ้าทะเลกับพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลในเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556

อักษรภาษาอังกฤษตัวที่สองเปรียบเทียบแต่ละพื้นที่ระหว่างเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556



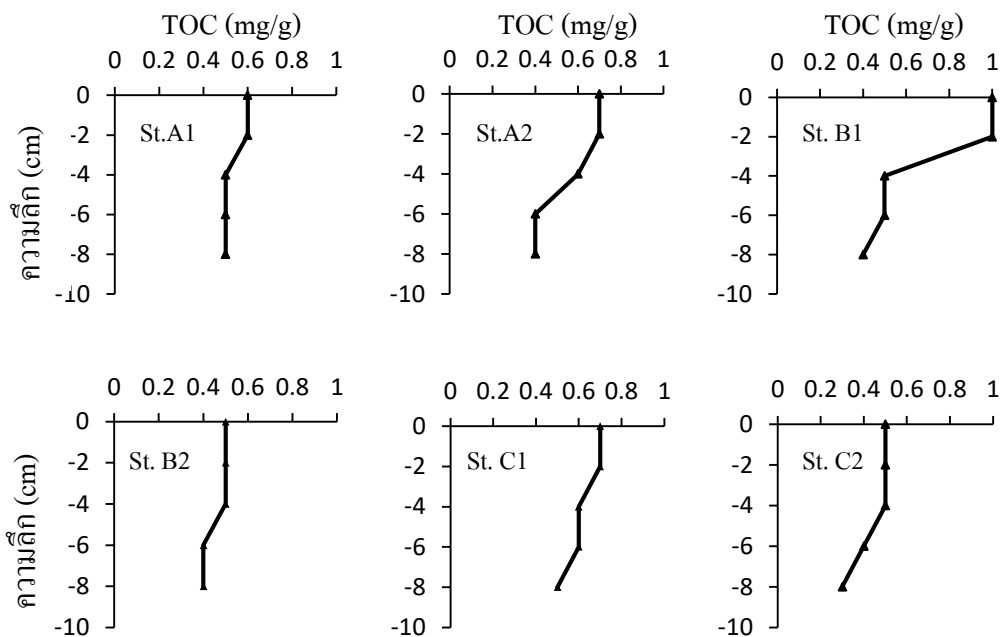
“หมายเหตุ” อธิบายสัญลักษณ์ของ Box plot



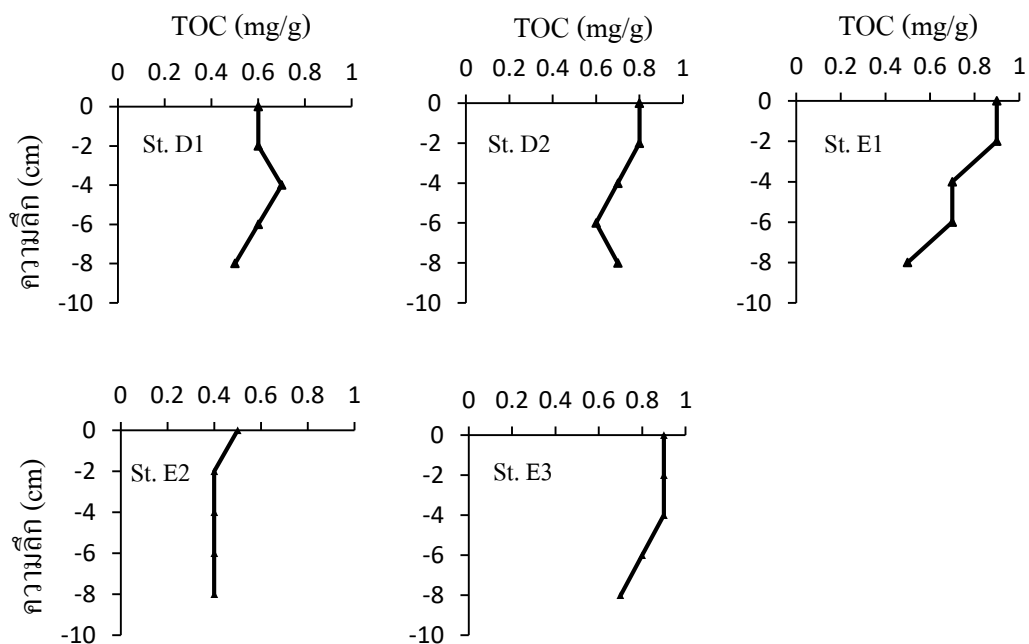
#### 4.3.2 ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนรวมในดินตะกอนตามความลึก

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมในดินตะกอนตามความลึกของทุกสถานีอยู่ในช่วง 0.3 - 1.0 mg/g เฉลี่ย  $0.51 \pm 0.13$  mg/g โดยในเดือนพฤษภาคม 2556 พบว่าบริเวณพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลในทุกสถานีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมในดินตะกอนมีแนวโน้มลดลงเมื่อความลึกที่เพิ่มขึ้น โดยสถานี B1 ที่ระดับความลึก 0-2 เซนติเมตร มีการสะสมของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมมากที่สุด (ภาพที่ 4-4) และพื้นที่มีหญ้าทะเล พบว่าในทุกสถานีมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมมีแนวโน้มลดลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น โดยสถานี E1 และ E3 ที่ระดับความลึก 0 - 2 เซนติเมตร มีการสะสมของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมมากที่สุด (ภาพที่ 4-5)

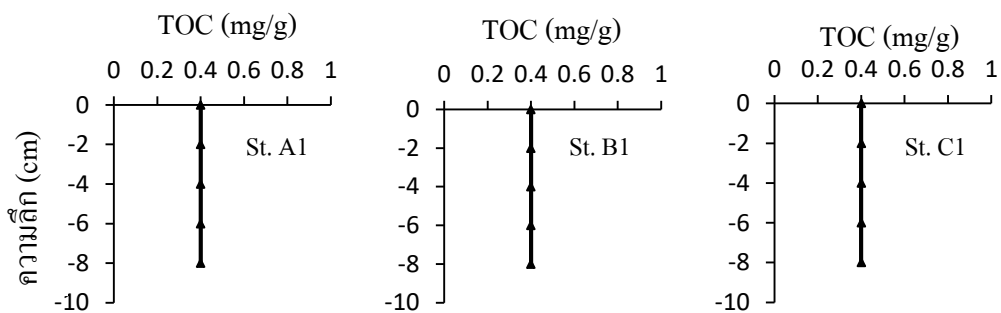
ส่วนในเดือนกันยายน 2556 พบว่าพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมในดินตะกอนไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามความลึก (ภาพที่ 4-6) ขณะที่พื้นที่มีหญ้าทะเล พบว่ามีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมในดินตะกอนมีแนวโน้มลดลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4-7)



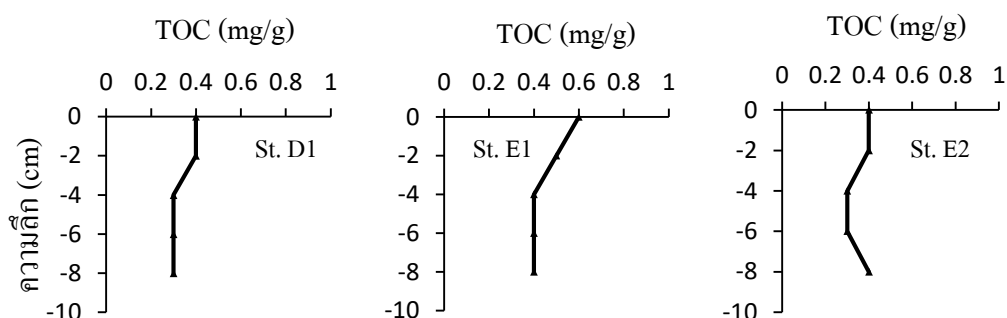
ภาพที่ 4-4 ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนรวม (TOC) (mg/g) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่ไม่มี  
หญ้าทะเล เดือนพฤษภาคม 2556



ภาพที่ 4-5 ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนรวม (TOC) (mg/g) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่มี  
หญ้าทะเล เดือนพฤษภาคม 2556



ภาพที่ 4-6 ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนรวม (TOC) (mg/g) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่ไม่มี  
หญ้าทะเล เดือนกันยายน 2556



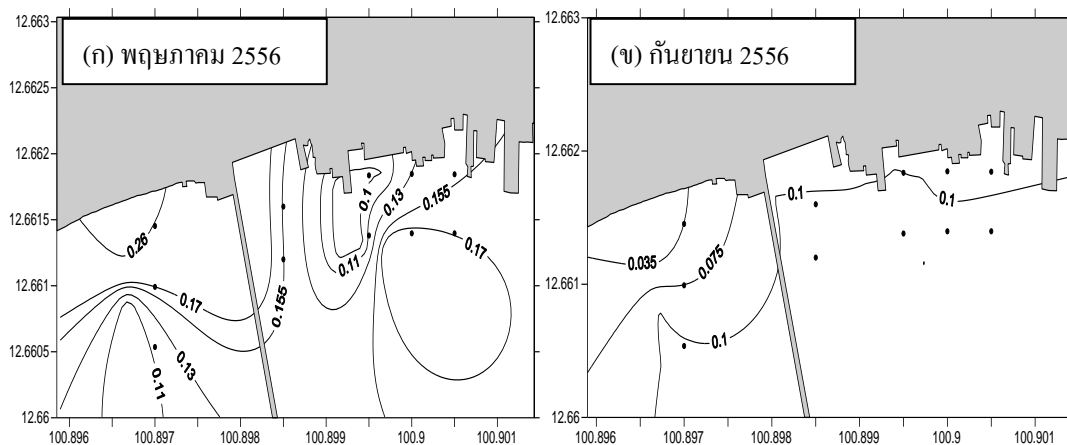
ภาพที่ 4-7 ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนรวม (TOC) (mg/g) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่มีหญ้าทะเล เดือนกันยายน 2556

#### 4.4 ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินตะกอน (Total nitrogen)

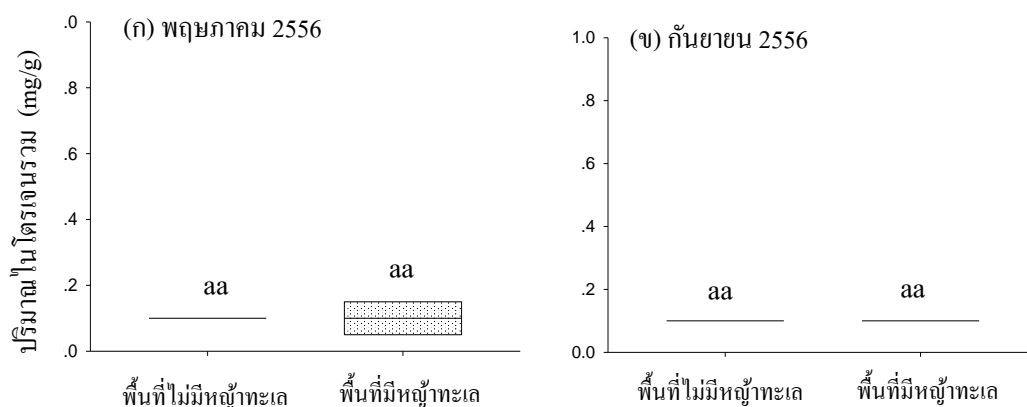
##### 4.4.1 ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินตะกอนที่ระดับผิว

ไนโตรเจนรวมในดินตะกอนที่ระดับผิวในพื้นที่ทำการศึกษ พบว่ามีปริมาณอยู่ในช่วง 0.1 -0.2 mg/g โดยบริเวณพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล และพื้นที่มีหญ้าทะเล มีปริมาณเท่ากับ 0.1 mg/g และ  $0.2 \pm 0.02$  mg/g ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนรวมในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) และการกระจายของปริมาณไนโตรเจนรวมในดินตะกอนที่ระดับผิวมีลักษณะการกระจายลดลงตามระยะทาง โดยพบว่าบริเวณที่อยู่ใกล้ชายฝั่งมีปริมาณไนโตรเจนรวมมากกว่าบริเวณห่างชายฝั่งออกไปทะเล คล้ายคลึงกันของทั้งในเดือน พฤษภาคม และกันยายน 2556 ดังภาพที่ 4-8

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ ไนโตรเจนรวมในแต่ละพื้นที่ระหว่างเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 บริเวณพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเลมีปริมาณไนโตรเจนรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) ดังภาพที่ 4-9



ภาพที่ 4-8 การกระจายของไนโตรเจนรวม (mg/g) ในดินตะกอนที่ระดับผิว (ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน 2556



ภาพที่ 4-9 ปริมาณไนโตรเจนรวม (TN) (mg/g) ในดินตะกอนที่ระดับผิว พื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล (ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน 2556

อักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

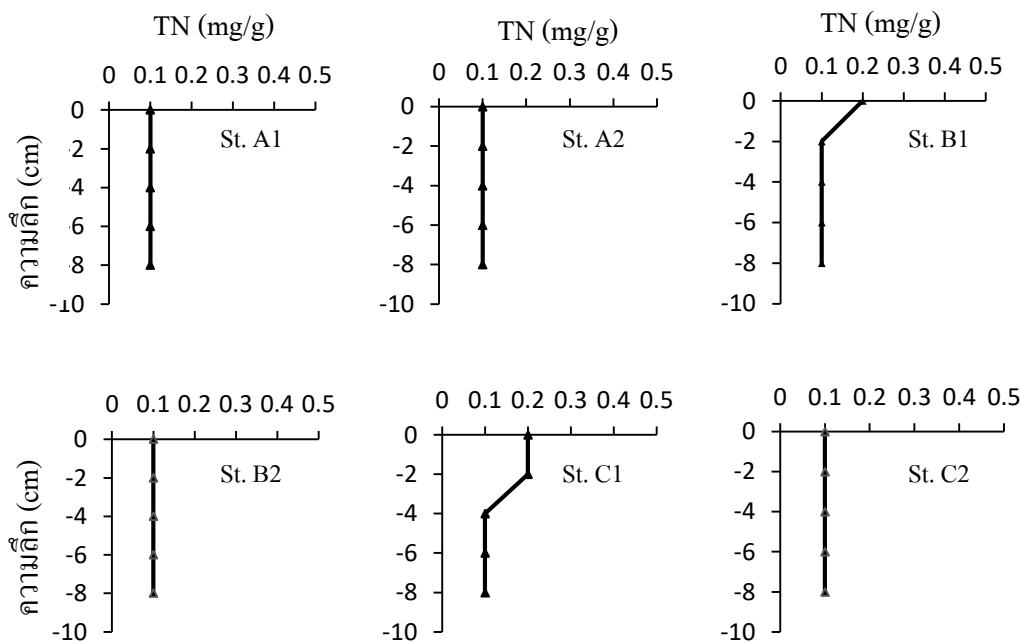
อักษรภาษาอังกฤษตัวแรกเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่มีหญ้าทะเลกับพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลในเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556

อักษรภาษาอังกฤษตัวที่สองเปรียบเทียบแต่ละพื้นที่ระหว่างเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556

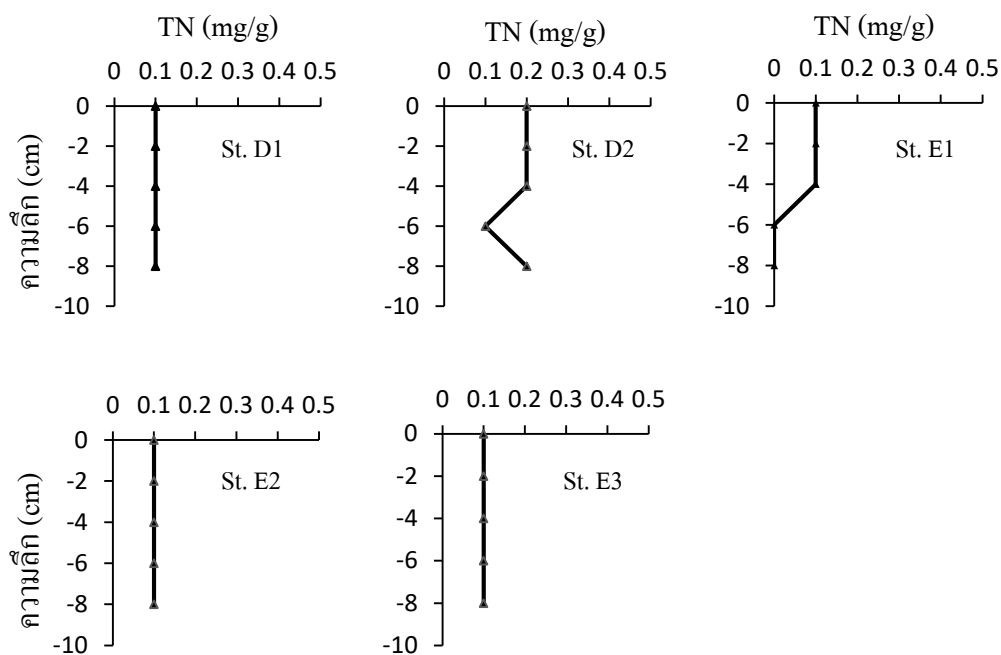
#### 4.4.2 ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินตะกอนตามความลึก

ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินตะกอนตามความลึกอยู่ในช่วง 0 - 0.2 mg/g เฉลี่ย  $0.1 \pm 0.05$  mg/g โดยในเดือนพฤษภาคม 2556 พบว่าพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเลในสถานี A1, A2, B2 และ C2 ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินตะกอนไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามความลึก ยกเว้นสถานี B1 ที่ระดับความลึก 0-2 เซนติเมตร และสถานี C1 ที่ระดับความลึก 0-2 และ 2-4 เซนติเมตร ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินตะกอนมีแนวโน้มลดลงไม่มากนักตามความลึกที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4-10) และพื้นที่ที่มีหญ้าทะเลในสถานี D2 ที่ระดับความลึก 4-6 เซนติเมตร และสถานี E1 ที่ระดับความลึก 6-8 เซนติเมตร พบว่าปริมาณไนโตรเจนรวมในดินตะกอนมีแนวโน้มลดลงไม่มากนักตามความลึกที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4-11)

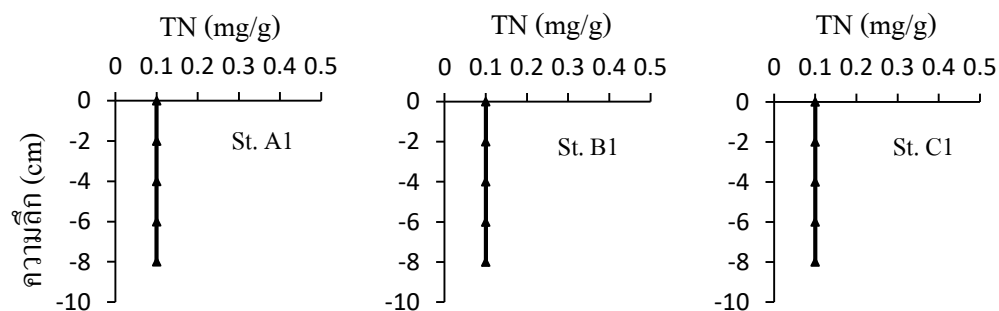
ส่วนในเดือนกันยายน 2556 ในพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่ที่มีหญ้าทะเล พบว่าทุกสถานี มีปริมาณไนโตรเจนรวมเท่ากัน 0.1 mg/g ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนรวมในดินตะกอนตามความลึก (ภาพที่ 4-12 และ 4-13)



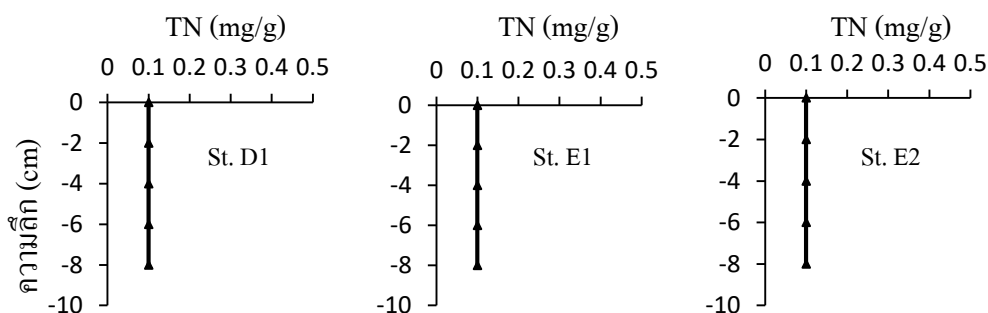
ภาพที่ 4-10 ปริมาณไนโตรเจนรวม (TN) (mg/g) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเล เดือนพฤษภาคม 2556



ภาพที่ 4-11 ปริมาณไนโตรเจนรวม (TN) (mg/g) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่ที่มีหญ้าทะเล  
เดือนพฤษภาคม 2556



ภาพที่ 4-12 ปริมาณไนโตรเจนรวม (TN) (mg/g) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่ที่ไม่มีหญ้า  
ทะเล เดือนกันยายน 2556



ภาพที่ 4-13 ปริมาณไนโตรเจนรวม (TN) (mg/g) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่มีหญ้าทะเล เดือนกันยายน 2556

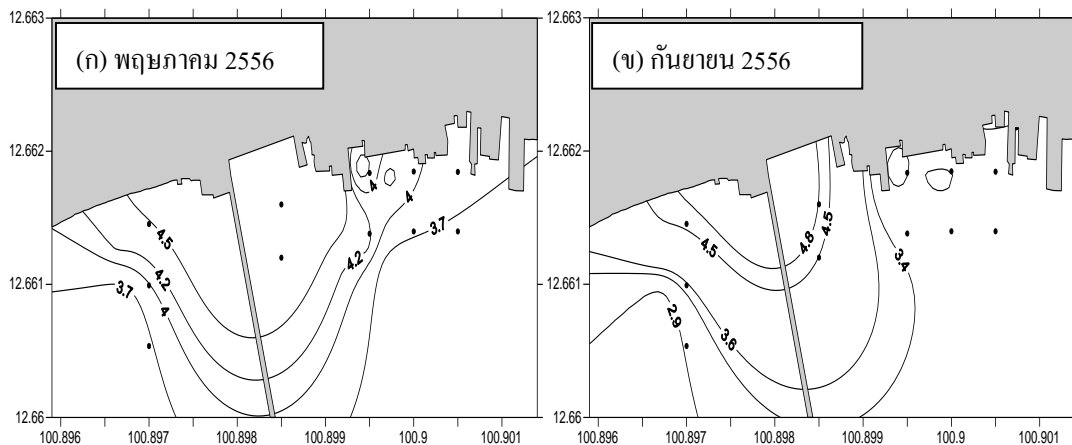
#### 4.5 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)

##### 4.5.1 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิว

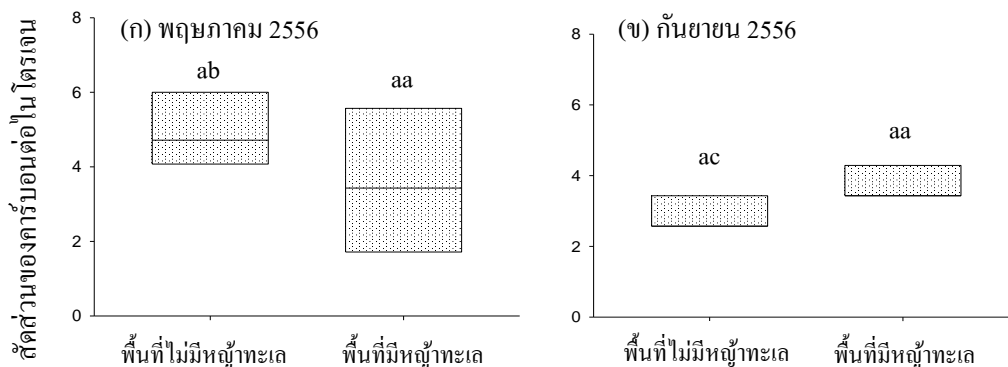
สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิวในพื้นที่ทำการศึกษายู่ในช่วง 0 - 6 โดยในบริเวณพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล (เฉลี่ย  $4.39 \pm 1.24$ ) พบว่ามีสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงกว่าพื้นที่มีหญ้าทะเล (เฉลี่ย  $3.64 \pm 1.64$ ) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และการกระจายของสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิวมีลักษณะการกระจายลดลงตามระยะทาง โดยบริเวณใกล้ชายฝั่งมีปริมาณสูงกว่าบริเวณห่างชายฝั่งออกไปทะเล คล้ายคลึงกันทั้งในเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 ดังภาพที่ 4-14

เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในแต่ละพื้นที่ระหว่าง พบว่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลของเดือนพฤษภาคม 2556 มีสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงกว่าเดือนกันยายน 2556 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ซึ่งต่างจากพื้นที่มีหญ้าทะเล พบว่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ดังภาพที่ 4-15





ภาพที่ 4-14 การกระจายของสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในดินตะกอนที่ระดับผิว  
(ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน 2556



ภาพที่ 4-15 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนรวม (C/N) ในดินตะกอนที่ระดับผิว พื้นที่ไม่มี  
มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเล (ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน 2556

อักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

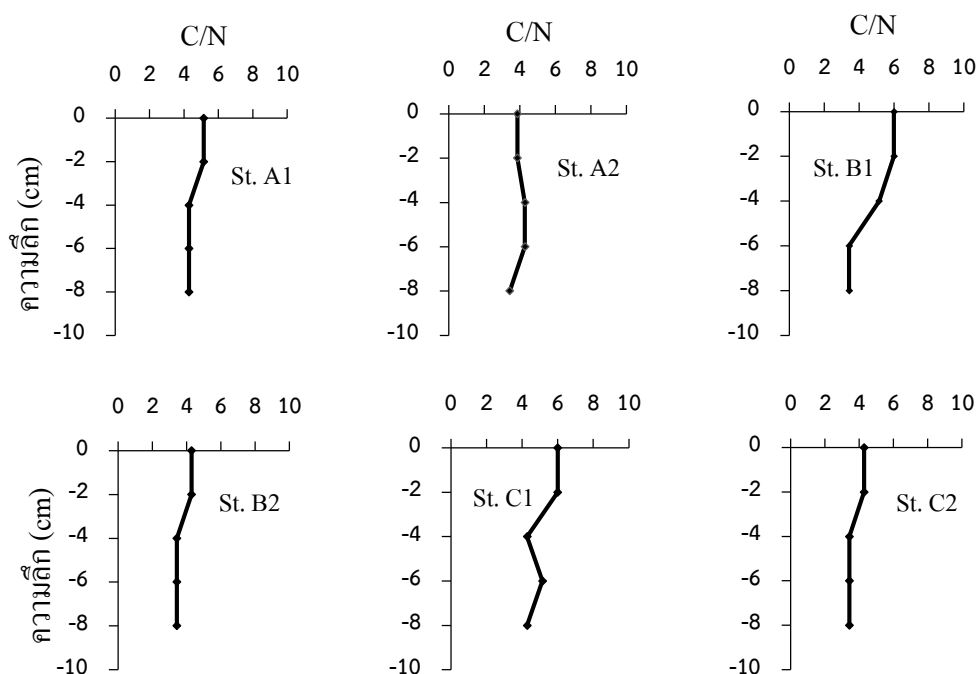
อักษรภาษาอังกฤษตัวแรกเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่มีหญ้าทะเลกับพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลในเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556

อักษรภาษาอังกฤษตัวที่สองเปรียบเทียบแต่ละพื้นที่ระหว่างเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556

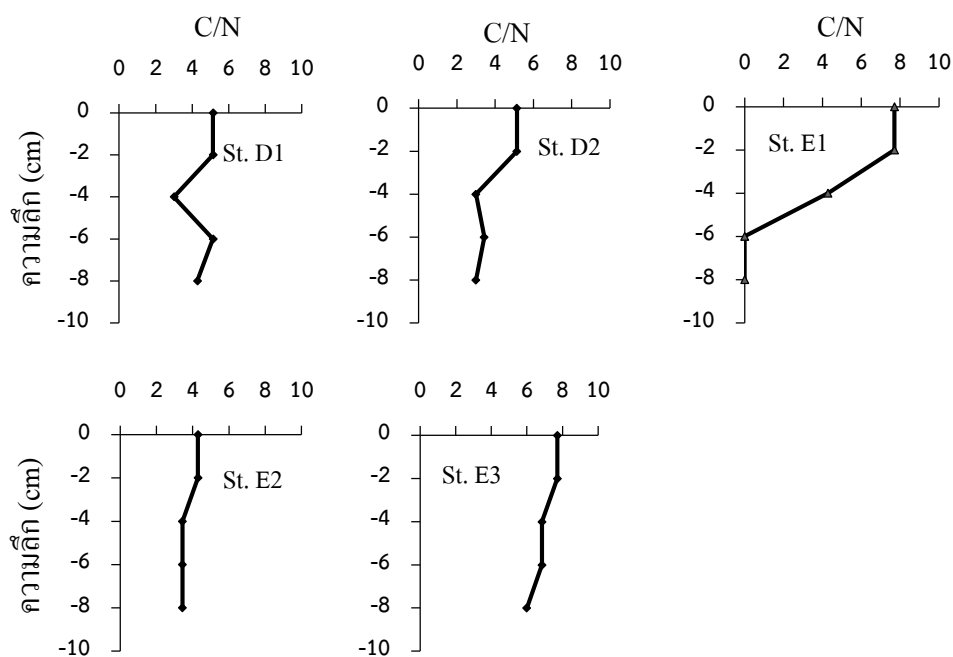
#### 4.5.2 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินตะกอนตามความลึก

สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินตะกอนตามความลึกอยู่ในช่วง 0 - 8.57 โดยในเดือนพฤษภาคม 2556 พื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล เฉลี่ย  $4.52 \pm 1.08$  ซึ่งในทุกสถานีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีแนวโน้มลดลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4-16) และพื้นที่มีหญ้าทะเล เฉลี่ย  $3.75 \pm 1.4$  พบว่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีแนวโน้มลดลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4-17)

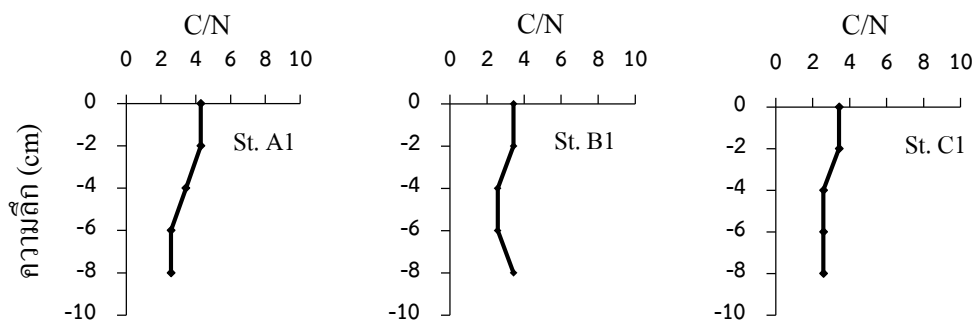
ส่วนช่วงเดือนกันยายน 2556 ในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเล เฉลี่ย  $3.88 \pm 0.37$  พบว่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินตะกอนมีแนวโน้มลดลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4-18 และ 4-19)



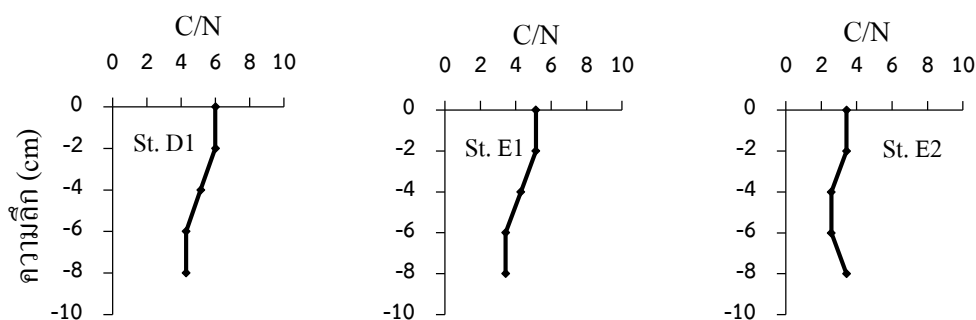
ภาพที่ 4-16 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล เดือนพฤษภาคม 2556



ภาพที่ 4-17 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่มีหญ้าทะเล เดือนพฤษภาคม 2556



ภาพที่ 4-18 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล เดือนกันยายน 2556



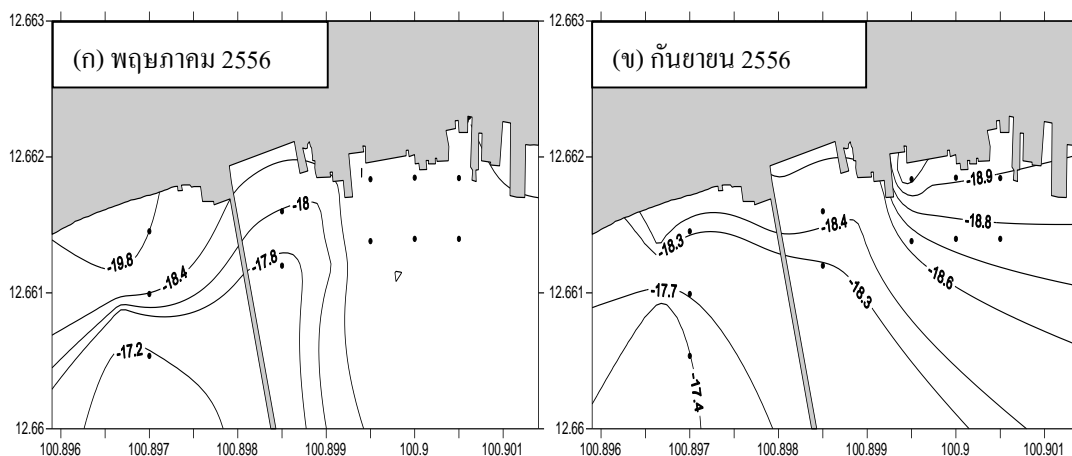
ภาพที่ 4-19 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่มีหญ้าทะเล เดือนกันยายน 2556

#### 4.6 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) ในดินตะกอน

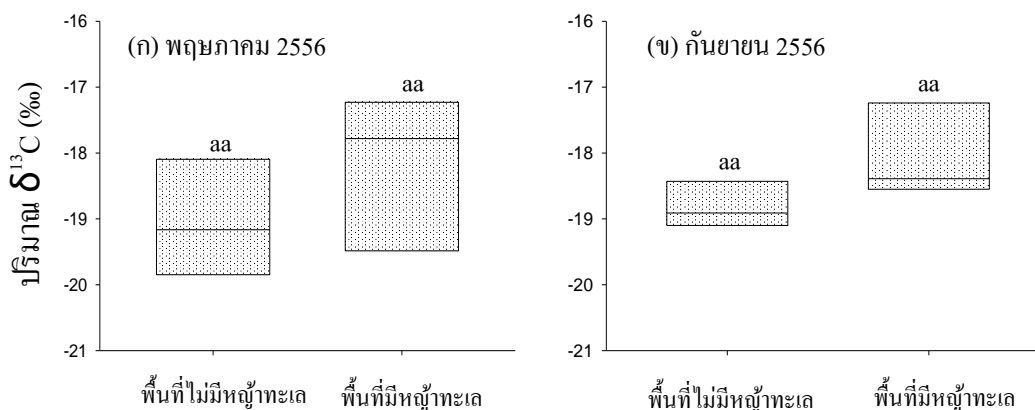
##### 4.6.1 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) ในดินตะกอนที่ระดับผิว

ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนที่ระดับผิวในพื้นที่ทำการศึกษาพบว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนทุกสถานีอยู่ในช่วง -20.74 ถึง -16.81 ‰ โดยในบริเวณพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลมีปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน (เฉลี่ย  $-18.96 \pm 0.62$  ‰) และพื้นที่มีหญ้าทะเล (เฉลี่ย  $-18.17 \pm 1.11$  ‰) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และการกระจายของปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนที่ระดับผิวมีลักษณะการกระจายลดลงตามระยะทาง โดยบริเวณใกล้ชายฝั่งมีปริมาณต่ำกว่าบริเวณห่างชายฝั่งออกไปทะเล คล้ายคลึงกันทั้งในเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 ดังภาพที่ 4-20

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนแต่ละพื้นที่ระหว่างเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 พบว่ามีปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล และพื้นที่มีหญ้าทะเล ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ดังภาพที่ 4-21



ภาพที่ 4-20 การกระจายของปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (%) ในดินตะกอนที่ระดับผิว (ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน 2556



ภาพที่ 4-21 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (%) ในดินตะกอนที่ระดับผิว ในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเล (ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน 2556

อักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

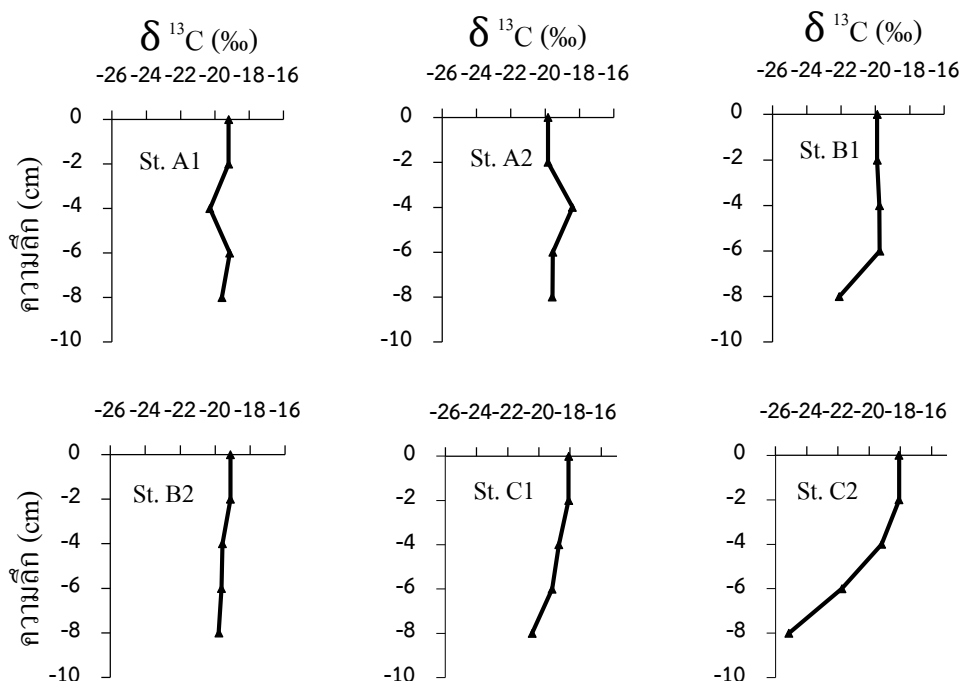
อักษรภาษาอังกฤษตัวแรกเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่มีหญ้าทะเลกับพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลในเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556

อักษรภาษาอังกฤษตัวที่สองเปรียบเทียบแต่ละพื้นที่ระหว่างเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556

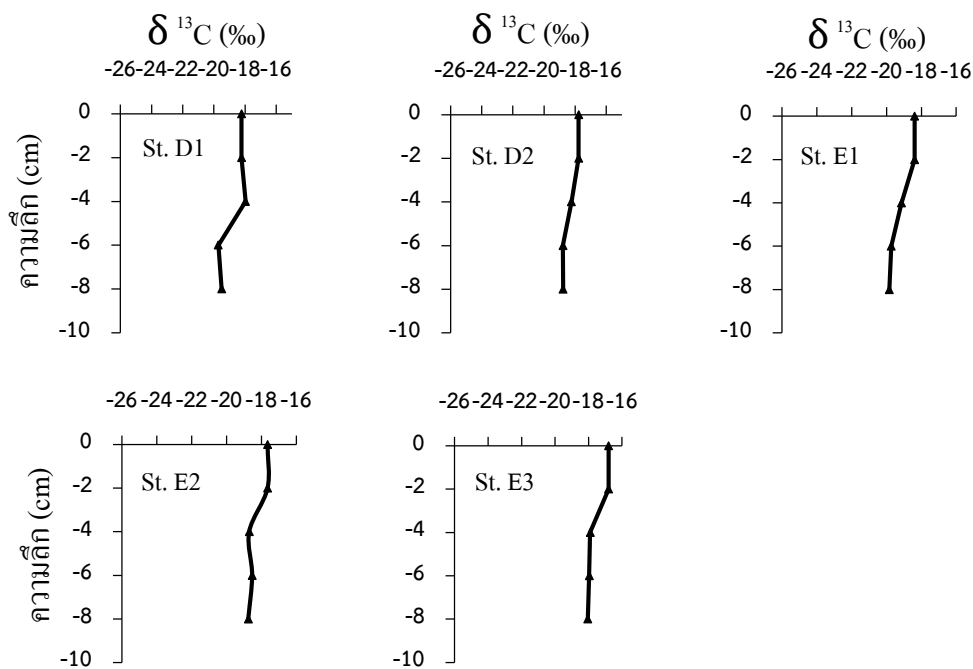
#### 4.6.2 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) ในดินตะกอนตามความลึก

ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนตามความลึกอยู่ในช่วง -25.14 ถึง -16.81 % โดยช่วงเดือนพฤษภาคม 2556 ในพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเล พบว่ามีปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนตามความลึกเฉลี่ย  $-19.82 \pm 1.46$  % ซึ่งในสถานี B1 C1 และ C2 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนมีแนวโน้มลดลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นสถานี A1 A2 และ B2 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามความลึก (ภาพที่ 4-21) ในขณะที่พื้นที่ที่มีหญ้าทะเลในทุกสถานี พบว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนมีแนวโน้มลดลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4-22)

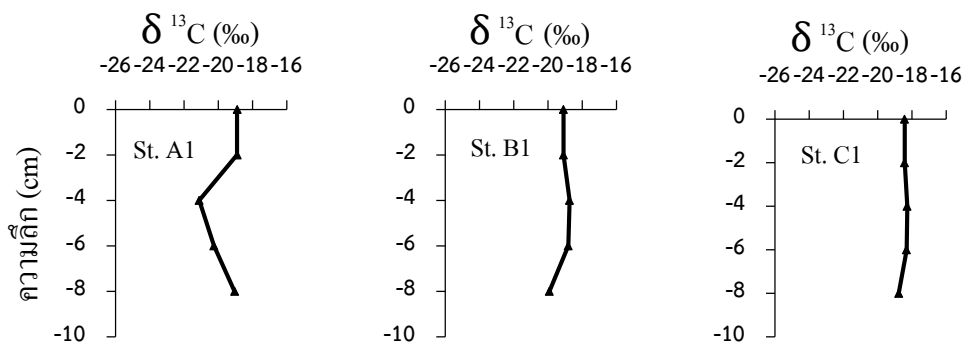
ส่วนในเดือนกันยายน 2556 พบว่าพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเลในสถานี A1 ปริมาณ ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนมีแนวโน้มลดลงตามความลึกเพียงเล็กน้อยตามความลึกที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4-23) ยกเว้นสถานี B1 และ C1 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนไม่เปลี่ยนแปลงตามความลึก (ภาพที่ 4-27) และพื้นที่ที่มีหญ้าทะเลในสถานี E1 พบว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนมีแนวโน้มลดลงตามความลึกความลึกที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นสถานี D1 และ E1 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4-24)



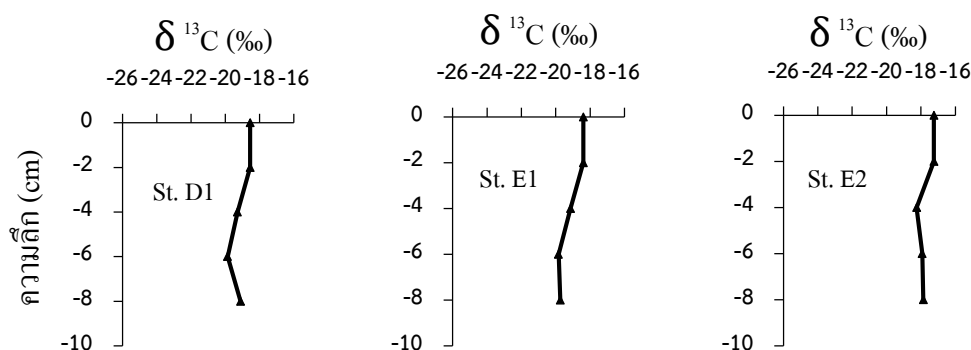
ภาพที่ 4-22 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเล เดือนพฤษภาคม 2556



ภาพที่ 4-23 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่มี  
หญ้าทะเล เดือนพฤษภาคม 2556



ภาพที่ 4-24 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่ไม่มี  
หญ้าทะเล เดือนกันยายน 2556



ภาพที่ 4-25 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่มีหญ้าทะเล เดือนกันยายน 2556

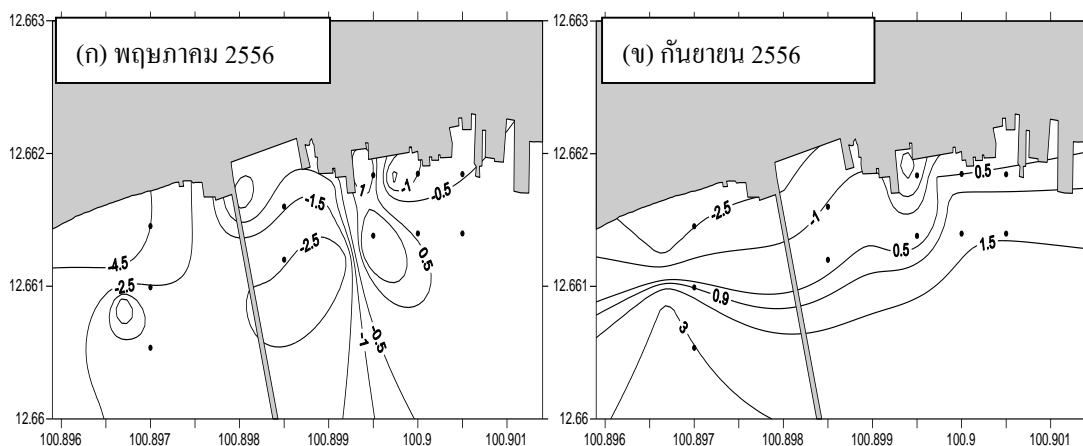
#### 4.7 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในดินตะกอน

##### 4.7.1 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในดินตะกอนที่ระดับผิว

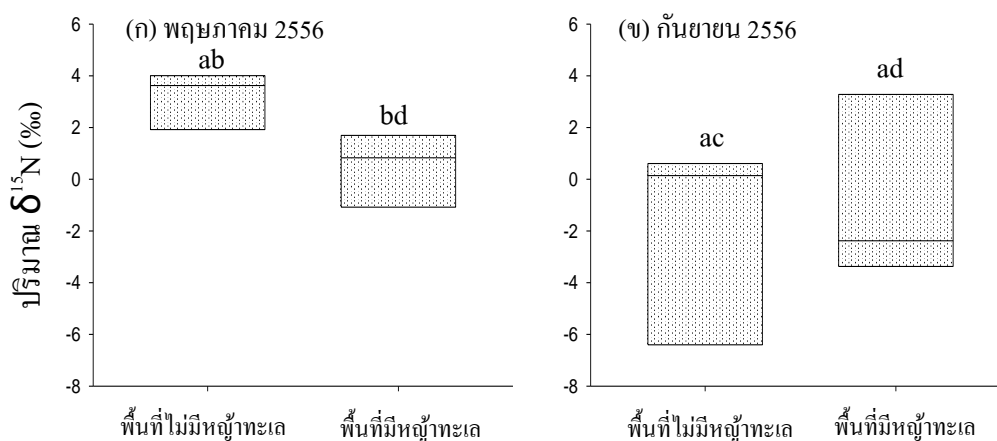
ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิวในพื้นที่ทำการศึกษ พบว่าทุกสถานีมีปริมาณอยู่ในช่วง -6.4 ถึง 4.4 % โดยบริเวณพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล เฉลี่ย  $1.51 \pm 0.14$  % พบว่ามีปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนสูงกว่าพื้นที่มีหญ้าทะเล เฉลี่ย  $-0.05 \pm 2.16$  % แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และการกระจายของปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิวมีลักษณะการกระจายเพิ่มขึ้นตามระยะทาง โดยบริเวณใกล้ชายฝั่งมีปริมาณต่ำกว่าบริเวณห่างชายฝั่งออกไปทะเล คล้ายคลึงกันทั้งในเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 ดังภาพที่ 4-26

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในแต่ละพื้นที่ระหว่างเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 พบว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเล ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ดังภาพที่ 4-27





ภาพที่ 4-26 การกระจายของปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) (%) ในดินตะกอนที่ระดับผิวดิน (ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน 2556



ภาพที่ 4-27 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) (%) ในดินตะกอนที่ระดับผิวดินในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเล (ก) เดือนพฤษภาคม และ (ข) เดือนกันยายน 2556

อักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

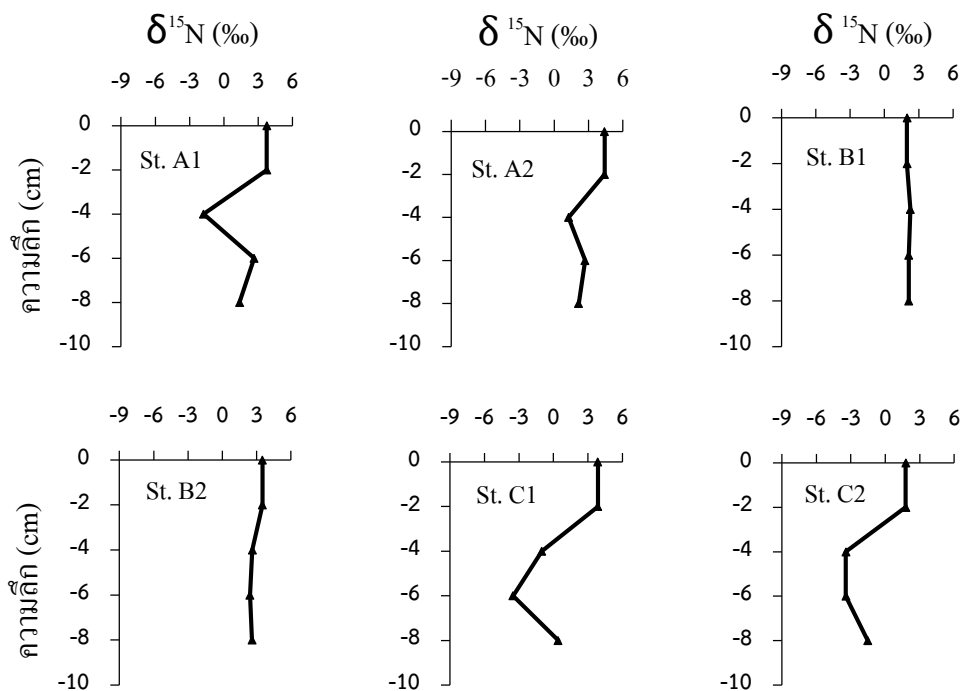
อักษรภาษาอังกฤษตัวแรกเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่มีหญ้าทะเลกับพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลในเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556

อักษรภาษาอังกฤษตัวที่สองเปรียบเทียบแต่ละพื้นที่ระหว่างเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556

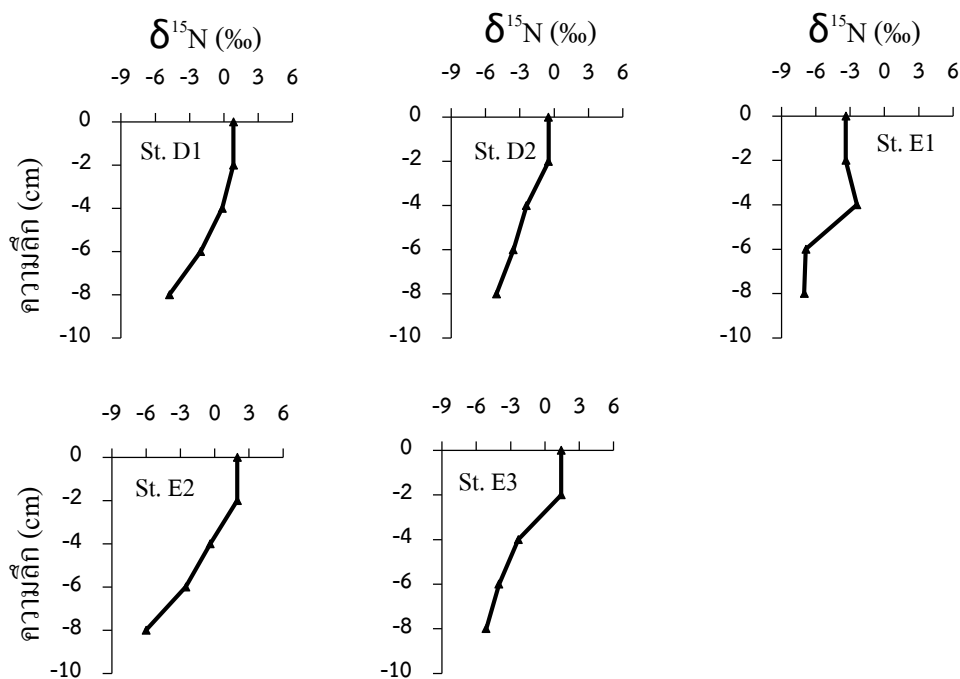
#### 4.7.2 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในดินตะกอนตามความลึก

ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนตามความลึกทุกสถานีอยู่ในช่วง  $-7.4$  ถึง  $3.28\%$  โดยในเดือนพฤษภาคม 2556 พบว่าพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเล มีปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนเฉลี่ย  $1.21 \pm 2.38\%$  ซึ่งในสถานี A1 A2 C1 และ C2 พบว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนมีแนวโน้มลดลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นสถานี B1 และ B2 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณตามความลึก (ภาพที่ 4-28) และในพื้นที่ที่มีหญ้าทะเล เฉลี่ย  $-3.35 \pm 3.10\%$  พบว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนมีแนวโน้มลดลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4-29)

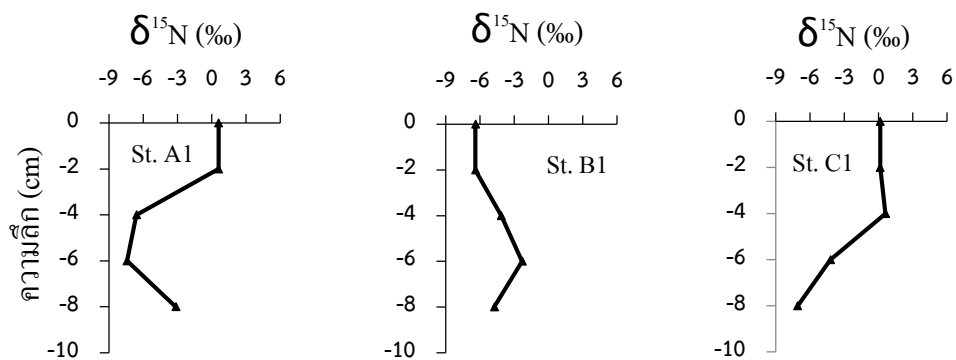
ส่วนเดือนกันยายน 2556 ในพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเลมีปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนเฉลี่ย  $-2.35 \pm 2.51\%$  และพื้นที่ที่มีหญ้าทะเลมีปริมาณเฉลี่ย  $-2.68 \pm 3.4\%$  จากผลการศึกษาในพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่ที่มีหญ้าทะเล พบว่าทุกสถานีปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนมีแนวโน้มลดลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4-30 และภาพที่ 4-31)



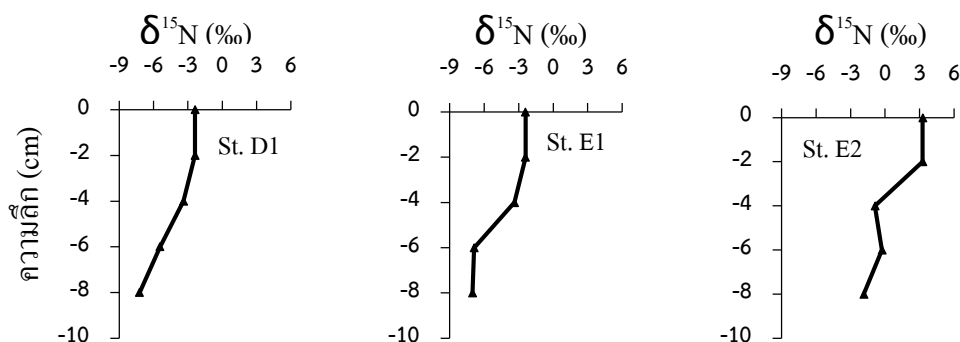
ภาพที่ 4-28 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล เดือนพฤษภาคม 2556



ภาพที่ 4-29 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่ที่มี  
หญ้ำทะเล เดือนพฤษภาคม 2556



ภาพที่ 4-30 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่ไม่มี  
หญ้ำทะเล เดือนกันยายน 2556



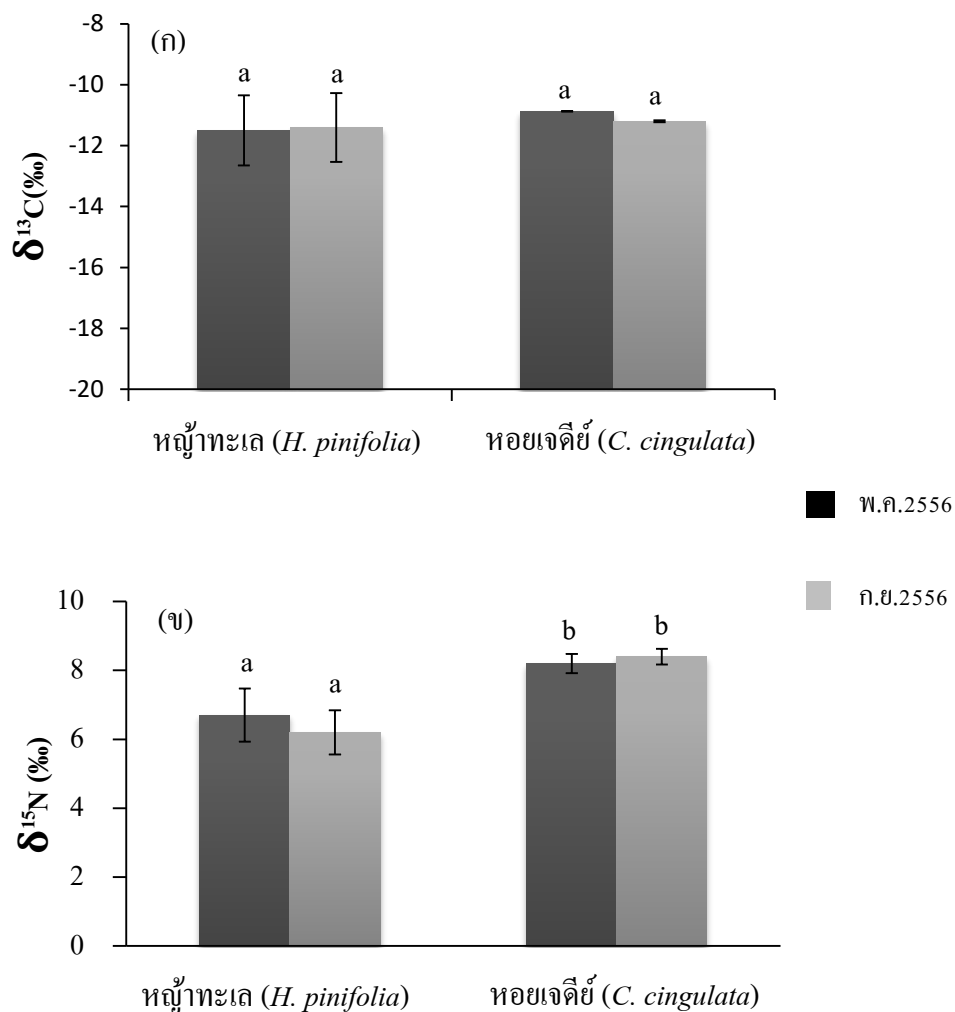
ภาพที่ 4-31 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในดินตะกอนตามความลึก ในพื้นที่มีหญ้าทะเล เดือนกันยายน 2556

#### 4.8 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ของหญ้าทะเล (*H. pinifolia*) และอีพีไฟท์ (Epiphyte)

ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในหญ้าทะเล (*H. pinifolia*) ในช่วงเดือนพฤษภาคม 2556 เฉลี่ย  $-11.5 \pm 1.15$  ‰ และเดือนกันยายน 2556 เฉลี่ย  $-11.4 \pm 1.13$  ‰ ส่วนปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในเดือนพฤษภาคม 2556 พบว่ามีปริมาณเฉลี่ย  $6.7 \pm 0.77$  ‰ และเดือนกันยายน 2556 เฉลี่ย  $6.2 \pm 0.64$  ‰ จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน และไนโตรเจนในหญ้าทะเล (*H. pinifolia*) ในเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) (ภาพที่ 4-32) ส่วนปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในอีพีไฟท์ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2560 เฉลี่ย  $-14.5 \pm 0.83$  ‰ และปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน เฉลี่ย  $5.09 \pm 1.27$  ‰

#### 4.9 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในหอยเจดีย์ (*C. cingulata*)

ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในหอยเจดีย์ (*C. cingulata*) ในช่วงเดือนพฤษภาคม 2556 เฉลี่ย  $-10.87 \pm 0.22$  ‰ และเดือนกันยายน 2556 เฉลี่ย  $-11.2 \pm 0.03$  ‰ ส่วนปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในเดือนพฤษภาคม 2556 พบว่ามีปริมาณเฉลี่ย  $8.2 \pm 0.28$  ‰ และเดือนกันยายน 2556 เฉลี่ย  $8.4 \pm 0.23$  ‰ จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน และไนโตรเจนในหอยเจดีย์ (*C. cingulata*) ในเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) (ภาพที่ 4-32)



ภาพที่ 4-32 ปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  (ก) และ  $\delta^{15}\text{N}$  (ข) ในหญ้าทะเล (*H. pinifolia*) และหอยเจดีย์ (*C. cingulata*) บริเวณพื้นที่ที่มีหญ้าทะเล ในเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556

อักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ 4-2 ปริมาณสูงสุด-ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน (‰) ในตัวอย่างดินตะกอน อินทรีย์แขวนลอย หญ้าทะเล และสิ่งมีชีวิตบริเวณชายฝั่งทะเล เทศบาลเมืองสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

| ตัวอย่าง                         | n  | ปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ (‰)         | ปริมาณ $\delta^{15}\text{N}$            | C/N                                  |
|----------------------------------|----|--|---|--------------------------------------|
|                                  |    | (ค่าพิสัย)<br>ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD         | (‰)<br>(ค่าพิสัย)<br>ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD | (ค่าพิสัย)<br>ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD     |
| ดินตะกอน                         |    |  |   |                                      |
| พื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล             | 36 | (-19.91 ถึง -16.81)<br>-18.96 $\pm$ 0.62 | (-6.4 ถึง 4.41)<br>1.51 $\pm$ 0.14      | (0 ถึง 6)<br>4.39 $\pm$ 1.24         |
| พื้นที่มีหญ้าทะเล                | 32 | (-20.74 ถึง -17.24)<br>-18.17 $\pm$ 1.11 | (-3.37 ถึง 3.28)<br>-0.05 $\pm$ 2.16    | (2.57 ถึง 3.43)<br>3.64 $\pm$ 1.64   |
| สารอินทรีย์แขวนลอยในทะเล         | 6  | (-21.7 ถึง -20.8)<br>-21.3 $\pm$ 0.45    | (1.16 ถึง 3.05)<br>2.1 $\pm$ 0.95       | (4.1 ถึง 4.8)<br>4.4 $\pm$ 0.31      |
| สารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำที่ชุมชน  | 1  | -<br>-24.28                              | -<br>7.24                               | -<br>7.6                             |
| หญ้าทะเล ( <i>H. pinifolia</i> ) |    | (-13.2 ถึง -10.06)<br>-11.5 $\pm$ 1.15   | (5.7 ถึง 7.8)<br>6.5 $\pm$ 0.95         | (12.97 ถึง 16.44)<br>15.1 $\pm$ 1.59 |
| หอยเจดีย์ ( <i>C.cingulata</i> ) | 6  | (-13.28 ถึง -10.68)<br>-11.03 $\pm$ 0.12 | (8.0 ถึง 8.5)<br>8.3 $\pm$ 0.22         | (2.81 ถึง 3.15)<br>2.94 $\pm$ 0.13   |
| อีพีไฟท์ (Epiphyte)              | 6  | (-15.4 ถึง -13.37)<br>-14.5 $\pm$ 0.83   | (0.46 ถึง 5.57)<br>5.09 $\pm$ 1.27      | (5.1 ถึง 8)<br>6.7 $\pm$ 0.28        |

## บทที่ 5

### อภิปรายและสรุปผล

#### 5.1 คุณภาพน้ำ

ความเค็มของน้ำในดินไม่มีความแตกต่างกันทั้งเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 พบว่าอยู่ในช่วง 27.2 - 30.9 ความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.2 - 7.9 และค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 44.1 - 55.1 ms/cm ซึ่งปัจจัยคุณภาพน้ำของการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และการแพร่กระจายของหญ้าทะเล สอดคล้องกับการศึกษาของ ชاکริต เรืองสอน (2550) พบว่า ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหญ้าทะเลอยู่ในช่วง 14.86 - 33.94 7.6 - 8.6 และ 28.9 - 34.4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และการศึกษาของ สุวลักษณ์ สารมณีสพันธ์ (2546) พบว่าหญ้าทะเลส่วนใหญ่จะสามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีความเค็มคงที่ แต่หญ้าทะเลสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำทะเลได้แตกต่างกัน ซึ่งจะมี ความเค็มอยู่ในช่วง 6 - 60

#### 5.2 ขนาดอนุภาคดินตะกอน

ดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล เทศบาลเมืองสัตหีบ จ.ชลบุรีในเดือนพฤษภาคม และ เดือนกันยายน 2556 พบว่ามีอนุภาคของดินตะกอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยพบว่าอนุภาคดินตะกอนประกอบไปด้วยดินตะกอนกลุ่มทรายละเอียดมาก (very fine sand) และกลุ่มทรายละเอียด (fine sand) (ขนาด 0.063 - 0.125 และ 0.125 - 0.5 มิลลิเมตร) เป็น องค์ประกอบหลักในทุกสถานีที่ทำการศึกษา โดยมีปริมาณของทรายละเอียดมาก มากกว่า 50 % (ภาพที่ 4-1) ซึ่งดินตะกอนที่มีลักษณะเป็นทรายจะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการ แพร่กระจายของหญ้าทะเลได้ดี อีกทั้งหญ้าทะเลจะขึ้นบริเวณชายฝั่งทะเลน้ำขึ้นไปจนถึงระดับที่ต่ำกว่าระดับน้ำลงต่ำสุด (Lewmanomont & Ogawa, 1995) โดยส่วนใหญ่ในบริเวณชายฝั่งจะพบดินที่เป็นทรายอยู่บริเวณผิวของของชายหาด (จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, 2548) และอนุภาคของดินตะกอนในการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ ศิริพันธ์ ไชยวาทิ (2555) พบว่าดินตะกอนในบริเวณ หญ้าผมนาง (*Halodule pinifolia*) และหญ้าชะเงาใบยาว (*Enhaulul acoroides*) บริเวณอ่าวคู้ง กระเบน มีอนุภาคของดินตะกอนส่วนใหญ่เป็นทรายละเอียดมาก (very fine sand) และ ฟิสิฐ แป้นหอม (2557) พบว่าดินตะกอนในแหล่งหญ้าทะเล เกาะพะงัน ส่วนใหญ่ดินมีลักษณะเป็นกลุ่ม ดินทรายค่อนข้างหยาบ (ขนาด 0.25 - 0.5 มิลลิเมตร) ร้อยละ 54.83 - 83.31 นอกจากนี้ อัจฉริย์

ภูมวรรณ และ สุจินต์ ดีแท้ (2536) พบว่าบริเวณที่มีองค์ประกอบของดินตะกอนเป็นทรายละเอียดมากและทรายละเอียด จะพบหญ้าทะเลหลากหลายชนิด

## 5.2 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวม และไนโตรเจนรวม

### 5.2.1 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวม และไนโตรเจนรวมที่ระดับผิว

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวม และไนโตรเจนรวมในดินตะกอนที่ระดับผิว บริเวณพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเล ( $0.04 \pm 0.01$  และ  $0.04 \pm 0.02$  ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) แต่มีความแตกต่างในแต่ละพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่าง โดยบริเวณพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเลในเดือนพฤษภาคม ( $0.57 \pm 0.12$ ) มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงกว่าในเดือนกันยายน ( $0.33 \pm 0.06$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) เนื่องจากพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเลอยู่ใกล้กับชุมชน และในเดือนพฤษภาคม ดินตะกอนอาจได้รับอิทธิพลจากน้ำฝนที่ชะล้างสารอินทรีย์จากบนบกไหลลงสู่ดินตะกอน จึงอาจทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของดินตะกอนสูงกว่าในเดือนกันยายน (ภาพที่ 4-3) ส่วนในพื้นที่มีหญ้าทะเลมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมในดินตะกอนไม่แตกต่างกัน แต่มีลักษณะการกระจายที่คล้ายคลึงกัน ในทั้งสองเดือน บริเวณใกล้ชายฝั่งมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมในดินตะกอนสูง และมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมลดลงตามระยะทางเมื่ออยู่ห่างชายฝั่งออกไปทะเล เนื่องจากดินบริเวณใกล้ชายฝั่ง อาจได้รับสารอินทรีย์ที่มาจากบนบกสะสมอยู่ในดินตะกอน แต่บริเวณที่อยู่ห่างออกไปมีการสะสมของสารอินทรีย์จากทะเลลงสู่ดินตะกอนอย่างช้า ๆ ซึ่งสารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกย่อยสลายด้วยกระบวนการของจุลินทรีย์หลังจากการตกตะกอน (จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, 2548) (ภาพที่ 4-2)

ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินตะกอนที่ระดับผิว บริเวณพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเล และทั้งเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) มีลักษณะการกระจายที่คล้ายคลึงกัน ในทั้งสองเดือน บริเวณใกล้ชายฝั่งมีปริมาณมากกว่าพื้นที่ห่างฝั่ง และมีปริมาณลดลงตามระยะทางเมื่ออยู่ห่างชายฝั่งออกไปทะเล

การที่ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมและไนโตรเจนรวมมีปริมาณต่ำ เนื่องจากดินตะกอนในพื้นที่ทำการศึกษา ส่วนใหญ่จะเป็นทรายละเอียดมาก จึงทำให้มีปริมาณการสะสมของสารอินทรีย์น้อย และสารอินทรีย์จะยึดเกาะเนื้อดินที่เป็นดินโคลน ได้ดีกว่าดินตะกอนที่มีลักษณะเนื้อดินหยาบ (ทราย) (วิลาลินี สกอนซ์กำแพง, 2533) สอดคล้องกับการศึกษาของ Kuramoto and Minagawa (2001) พบว่าตัวอย่างดินตะกอนบริเวณชายฝั่งที่ประกอบไปด้วยดินทรายจะมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมต่ำ (0.04 %) ซึ่งตรงกันข้ามกับการศึกษาของ ศิริพรเพ็ญ อ่อนปานกุล (2555) พบว่าสารอินทรีย์จากแผ่นดินจะสะสมอยู่บริเวณใกล้ชายฝั่งมีปริมาณมากและลดลงเมื่ออยู่ห่าง



ออกไป เนื่องจากบริเวณใกล้ชายฝั่งมีลักษณะของดินตะกอนเป็นกลุ่มดินตะกอนละเอียด (Silt) ทำให้สะสมสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์สูงกว่าดินตะกอนที่มืองค์ประกอบเป็นทราย

### 5.2.2 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวม และไนโตรเจนรวมตามความลึก

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมในดินตะกอนตามความลึก (0-8 เซนติเมตร) จากการเก็บตัวอย่างทั้งเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) แต่ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่าง บริเวณพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลช่วงเดือนพฤษภาคม มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมากกว่าในเดือนกันยายน โดยในสถานี B1 ดินตะกอนที่ระดับความลึก 0-2 และ 2-4 เซนติเมตร (ภาพที่ 4-4) มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมมากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่ระดับผิวของการศึกษาครั้งนี้ (ภาพที่ 4-2) เนื่องจากเป็นสถานีที่อยู่ใกล้กับท่อน้ำทิ้งชุมชน และในสถานีอื่น ๆ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมมีความแปรผันและมีแนวโน้มลดลงตามความลึกของดินตะกอนที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน เนื่องจากพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลอยู่ใกล้กับชุมชนจึงได้รับอิทธิพลจากน้ำฝนที่ชะล้างสารอินทรีย์จากบนบกไหลลงสู่ดินตะกอน ทำให้สะสมอยู่ในดินตะกอน (จารูมาศ เมฆสัมพันธ์, 2548)

ส่วนปริมาณไนโตรเจนรวมในดินตะกอนตามความลึกในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเลของเดือนพฤษภาคม และกันยายน พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อความลึกของดินตะกอนเพิ่มขึ้น เนื่องจากพื้นที่ที่ศึกษาลักษณะของดินตะกอนมีอนุภาคเป็นทราย ซึ่งอนุภาคดินขนาดใหญ่ ทำให้มีพื้นที่จำเพาะน้อยและมีความพรุนของดินต่ำมีการจับตัวกันไม่แน่น และดูดซับสารอินทรีย์ได้น้อยกว่าดินตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า (Tam & Wong, 1998) สอดคล้องกับการศึกษาของ ชนินทร์ แสงรุ่งเรือง และคณะ (2540) ที่ทำการศึกษการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพดินในอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี ในช่วงก่อนและหลังการใช้ระบบชลประทานน้ำเค็ม พบว่าปริมาณไนโตรเจนรวมตามความลึกของดินมีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก เนื่องจากบริเวณที่ศึกษามีลักษณะดินเป็นดินทราย

### 5.3 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในดินตะกอน

ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนที่ระดับผิว จากการเก็บตัวอย่างในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเล (-20.74 ถึง -16.81 ‰) และในทั้งสองเดือน ผลการศึกษาพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ซึ่งมีปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  สูงกว่าสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งชุมชน (-24.28 ‰) แสดงให้เห็นว่าดินตะกอนไม่ได้รับสารอินทรีย์จากน้ำทิ้งชุมชน และเมื่อ

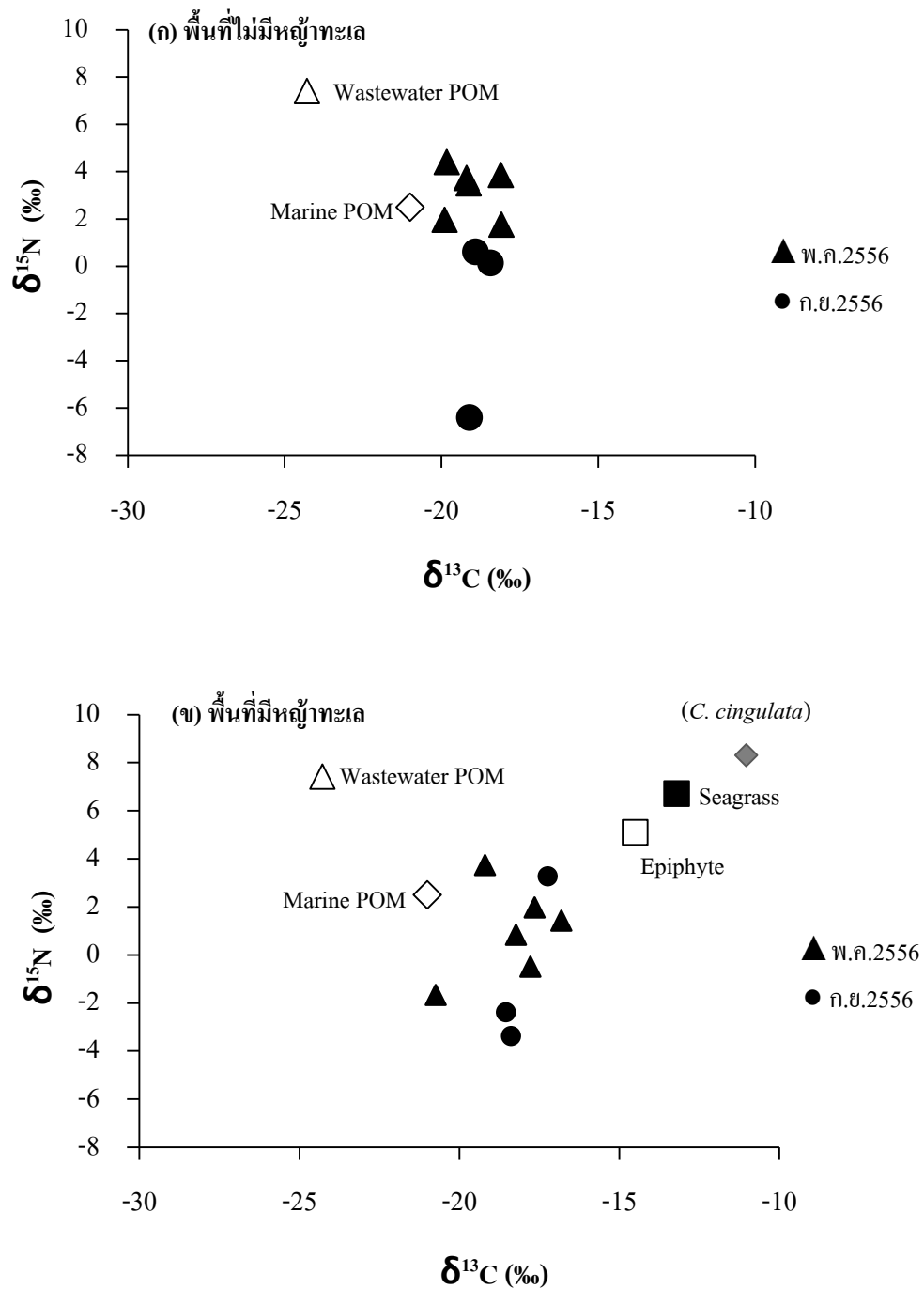
เปรียบเทียบปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนของการศึกษาครั้งนี้กับสารอินทรีย์ที่พบในตัวอย่างอื่น พบว่ามีปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  สารอินทรีย์แขวนลอยในทะเล (-21.7 ถึง -20.8 ‰) ของการศึกษาครั้งนี้ จึงสามารถบ่งชี้ได้ว่าสารอินทรีย์ในดินตะกอนของพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเล มีแหล่งที่มาจากสารอินทรีย์แขวนลอยในทะเล (Marine POM) ดังภาพที่ 5-1 (Muzaka, 1999; Boonkhwang and Boonphakdee, 2013) เนื่องจากสารอินทรีย์แขวนลอย เช่น กลุ่มแพลงก์ตอนพืช หลังจากสิ่งมีชีวิตตายแล้ว ซากเหล่านี้จะถูกย่อยโดยผู้ย่อยสลายต่าง ๆ โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำจะเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาที่ช่วยในการเปลี่ยนแปลงให้เป็นสารอินทรีย์ชนิดต่างๆ บางครั้งสารอินทรีย์จะเกิดการสลายตัว ตกตะกอนและทับถมอยู่ในดินตะกอน (Kaiser et al., 2014; Vanloon & Duffy, 2005) และการกระจายของปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนพบว่ามีปริมาณสูงบริเวณใกล้ชายฝั่ง และมีปริมาณลดลงตามระยะทางเมื่ออยู่ห่างชายฝั่งออกไปทะเล เนื่องจากสารอินทรีย์คาร์บอนที่มาจากแผ่นดินนั้นถูกเจือจางลงจากอินทรีย์คาร์บอนที่อยู่ในทะเล (Gordon and Goni, 2004) ซึ่งสอดคล้องกับ Onpankoon et al. (2013) พบว่าดินตะกอนในอ่าวไทยตอนใน ได้รับสารอินทรีย์จากแพลงก์ตอนพืชในทะเลเป็นส่วนใหญ่ และการศึกษาของ Kaiser et al. (2014) พบว่าสารอินทรีย์ในดินตะกอนบริเวณอ่าว Lianzhou ทางตอนใต้ของจีน มีแหล่งที่มาสารอินทรีย์มาจากแพลงก์ตอนพืชในทะเล นอกจากนี้ในการศึกษาของ Papodimitriou et al. (2005) พบว่าสารอินทรีย์ในดินตะกอนบริเวณแหล่งหญ้าทะเลของทะเลเมดิเตอร์เรเนียน มาจากอิพีไฟท์ และ Seston

เมื่อศึกษาปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน (ภาพที่ 5-1) และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (ภาพที่ 5-2) แสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์ในดินตะกอนมีแหล่งที่มาจากอินทรีย์แขวนลอยในทะเล ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Kuramoto and Minagawa (2001) โดยพบว่าดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลของเกาะมุก และเกาะลิตง จังหวัดตรัง มีแหล่งที่มาของสารอินทรีย์มาจากหญ้าทะเลเป็นส่วนใหญ่ และจากการศึกษาของ Quak et al. (2016) พบว่าสารอินทรีย์ในตะกอน บริเวณทุ่งหญ้าทะเลบนเกาะยาวใหญ่ มีสัดส่วนแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ส่วนใหญ่มาจากทะเล (~62 % จากเศษซากหญ้าทะเล และ Seston)

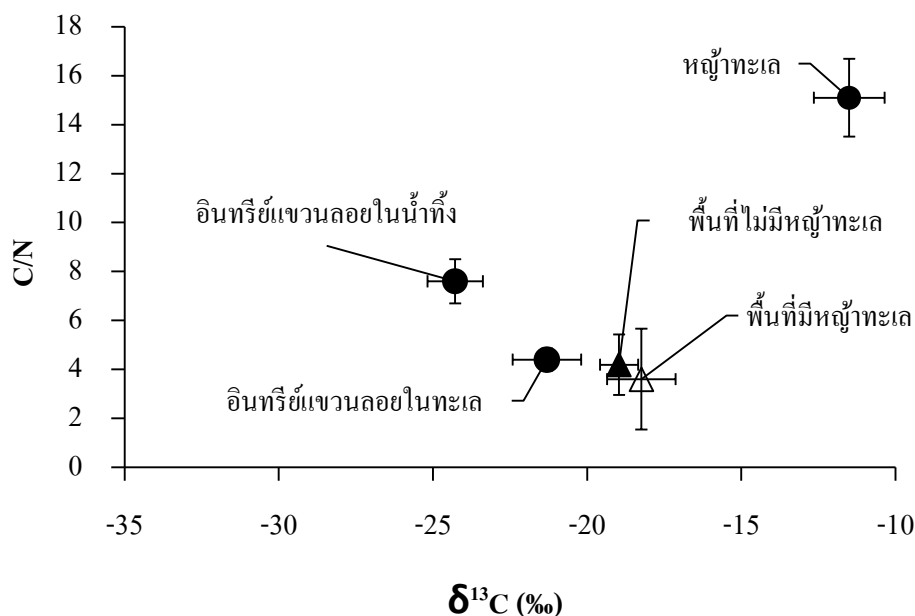
สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินตะกอนของพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $4.2 \pm 1.24$  และ  $3.6 \pm 1.64$  ตามลำดับ จากภาพที่ 5-2 แสดงให้เห็นได้ว่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าต่ำกว่าอินทรีย์แขวนลอยในน้ำที่  $7.6$  และมีสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ระหว่างสารอินทรีย์แขวนลอยในทะเล ( $4.4 \pm 0.31$ ) เมื่อสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าน้อยกว่า 10 แสดงได้ว่าสารอินทรีย์มีแหล่งที่มา จากแพลงก์ตอนพืช (Wu, Zuang, Li, Wei, & Lu, 2003) ถึงแม้ว่าแหล่งหญ้าทะเล บริเวณชายฝั่งเทศบาลเมืองสัทธิบ

ไม่ได้รับสารอินทรีย์จากน้ำทิ้งของชุมชน อาจเป็นเพราะพื้นที่นี้มีลักษณะของดินตะกอนเป็นทราย ทำให้มีการสะสมของปริมาณสารอินทรีย์น้อยกว่าดินตะกอนที่เป็นดิน โคลน อีกทั้งบริเวณชายฝั่งเทศบาลเมืองสตึกเป็นพื้นที่เปิด เมื่อสารอินทรีย์จากแผ่นดินชะล้างลงมาก็จะถูกเจือจางด้วยน้ำทะเล

ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิว ในเดือนพฤษภาคม และกันยายนไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 4-27) แต่ในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเลนั้น มีความแตกต่างของปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) จากภาพที่ 5-1 แสดงให้เห็นว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิวในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลในเดือนพฤษภาคมของสถานี A1 A2 B1 B2 C1 และ C2 (3.7 4.4 2.0 3.5 3.9 และ 1.8 ‰ ตามลำดับ) และเดือนกันยายนในสถานี A1 และ C1 (0.6 และ 3.3 ‰) ส่วนในพื้นที่มีหญ้าทะเลในเดือนพฤษภาคมของสถานี D1 D2 E2 และ E3 (0.8 0.5 2.0 และ 1.4 ‰ ตามลำดับ) และเดือนกันยายนในสถานี E2 (3.3 ‰) มีค่าใกล้เคียงกับที่พบในอินทรีย์แขวนลอยในทะเล ( $4.4 \pm 0.31$  ‰) จึงสามารถสรุปได้ว่าสารอินทรีย์ในดินตะกอนที่ระดับผิวในสถานียังกล่าวมีแหล่งที่มาจากอินทรีย์แขวนลอยในทะเล ส่วนปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิวของสถานีที่อยู่ใกล้ชายฝั่งสถานี B1 D1 E1 และ E1 (เดือนพฤษภาคม และกันยายน) มีปริมาณ  $\delta^{15}\text{N}$  ต่ำมาก (-6.4 -2.38 -2.41 และ -1.67 ‰ ตามลำดับ) เนื่องจากเป็นสถานีที่อยู่ใกล้กับท่อน้ำทิ้งจากชุมชน (ดังภาพที่ 3-1) จึงทำให้ได้รับสารอินทรีย์ไนโตรเจนจากน้ำทิ้งหรือของเสียจากชุมชนปะปนลงมาด้วย (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542) ในขณะที่ปริมาณ  $\delta^{15}\text{N}$  ในดินตะกอนตามความลึกมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 4-28 ถึงภาพที่ 4-31) ซึ่งเกิดจากกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) โดยจุลินทรีย์กลุ่มแอนแอโรบิกทำหน้าที่เป็นตัวย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยจะรีดิวซ์สารประกอบอินทรีย์ทั้งในรูปของไนเตรตและไนไตรท์ให้อยู่ในรูปของก๊าซไนโตรเจน โดยผ่านไนตริกออกไซด์และไนตรัสออกไซด์ ตามลำดับ จึงส่งผลให้ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนมีค่าติดลบ (Lehmann, Bernasconi, Barbieri, & McKenzie, 2002)



ภาพที่ 5-1 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในดินตะกอนระดับผิวใน (ก) พื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล และ (ข) พื้นที่ที่มีหญ้าทะเล อินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเล (marine POM) อินทรีย์แขวนลอยในน้ำทิ้ง (wastewater POM) หญ้าทะเล (*H. finifolia*) อีพีไฟท์ (Epiphyte) และหอยเจดีย์ (*C. cingulata*)



ภาพที่ 5-2 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (‰) และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทิ้ง (wastewater POM) อินทรีย์แขวนลอยในทะเล (marine POM) ดินตะกอนในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล และพื้นที่มีหญ้าทะเล และหญ้าทะเล

## 5.4 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในสิ่งมีชีวิต

### 5.4.1 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ของหญ้าทะเล (*H. pinifolia*) และอีพีไฟท์ (Epiphyte)

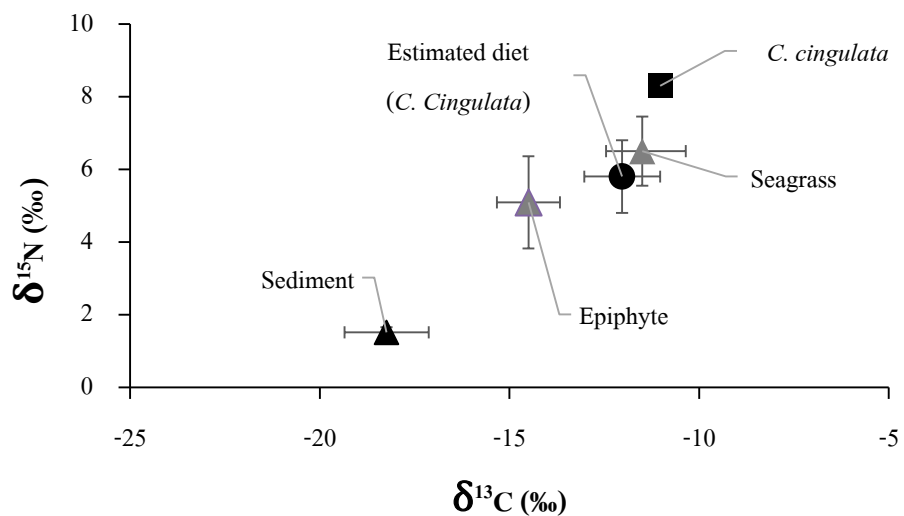
ตัวอย่างหญ้าทะเลในเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 มีปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน และไนโตรเจน ( $\delta^{13}\text{C}$  เฉลี่ย  $-11.5 \pm 1.15$ ,  $-11.4 \pm 1.13$  ‰ และ  $\delta^{15}\text{N}$  เฉลี่ย  $6.7 \pm 0.77$ ,  $6.2 \pm 0.64$  ‰ ตามลำดับ) พบว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจนในเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  ที่พบในหญ้าทะเลของการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณใกล้เคียงกับ *Halodule sp.* ของงานวิจัยอื่น ๆ (Gillis et al., 2014) อีกทั้งมีปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  สูงกว่าสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งชุมชน ( $-24.28$  ‰) แสดงให้เห็นว่าดินตะกอนไม่ได้รับสารอินทรีย์จากน้ำทิ้งชุมชน ซึ่งตรงกันข้ามกับการศึกษาของ Herbeck et al. (2014) พบว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในหญ้าทะเล และอีพีไฟท์บริเวณเกาะไหหลำ ประเทศจีน มีปริมาณใกล้เคียงกับที่พบในน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จึง

สามารถบ่งชี้ได้ว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในใบหญ้าทะเล และอพิไฟท์มีแหล่งที่มาของสารอินทรีย์มาจากน้ำทิ้ง

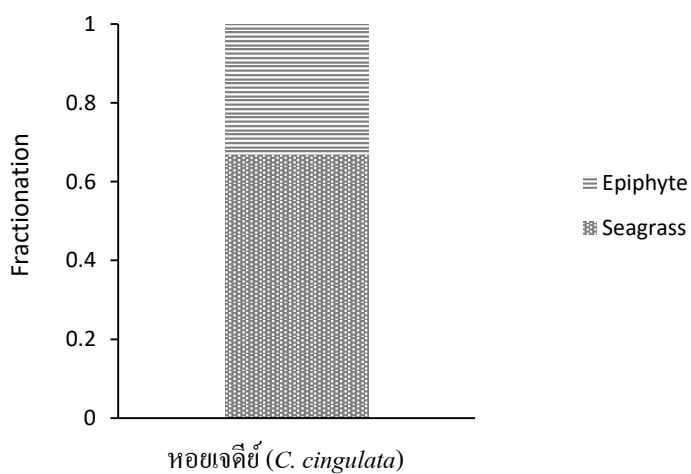
ปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  ในตัวอย่างอพิไฟท์ ในเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ( $\delta^{13}\text{C}$  เฉลี่ย  $-14.1 \pm 0.61$ ,  $-14.5 \pm 0.73$  ‰ และ  $\delta^{15}\text{N}$  เฉลี่ย  $5.2 \pm 0.18$ ,  $5.1 \pm 0.31$  ‰ ตามลำดับ) จากภาพที่ 5-1 (ข) แสดงให้เห็นว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจนในอพิไฟท์มีค่าใกล้เคียงกับที่พบในหญ้าทะเล ( $\delta^{13}\text{C}$   $-11.5 \pm 0.12$  ‰ และ  $\delta^{15}\text{N}$   $8.3 \pm 0.22$  ‰) จึงสามารถสรุปได้ว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในอพิไฟท์มาจากหญ้าทะเล (*H. pinifolia*) เนื่องจากอพิไฟท์เป็นสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บนใบหญ้าทะเล เพราะหญ้าทะเลเป็นผู้ผลิตที่สำคัญอยู่ในลำดับต้นๆของระบบนิเวศทางทะเล (ซัซรี แก้วสุรลิขิต, 2549)

#### 5.4.3 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในหอยเจดีย์ (*C. cingulata*)

ปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  ในตัวอย่างหอยเจดีย์ (*C. cingulata*) ในเดือนพฤษภาคม และกันยายน 2556 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ( $\delta^{13}\text{C}$  เฉลี่ย  $-10.87 \pm 0.22$ ,  $-11.2 \pm 0.03$  ‰ และ  $\delta^{15}\text{N}$  เฉลี่ย  $8.2 \pm 0.28$ ,  $8.4 \pm 0.23$  ‰ ตามลำดับ) หอยเจดีย์นั้นได้รับสารอินทรีย์มาจากแหล่งเดียวกันทั้งในเดือนพฤษภาคม และกันยายน จากภาพที่ 5-1 (ข) แสดงให้เห็นว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในอาหารของหอยเจดีย์มาจากหญ้าทะเล (*H. pinifolia*) และอพิไฟท์ เนื่องจากได้ทำการประเมินค่า Estimated food source ในหอยเจดีย์ พบว่ามีปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$   $\sim -12$  ‰ และปริมาณ  $\delta^{15}\text{N}$   $\sim 5.8$  ‰ เมื่อนำปริมาณสารอินทรีย์ในอาหารของหอยเจดีย์มาคำนวณ โดยใช้ simple two sources mixing model พบว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในอาหารของหอยเจดีย์มาจากสองแหล่งคือ หญ้าทะเล 67 % และอพิไฟท์ 33 % (ภาพที่ 5-4) เนื่องจากหอยฝาดียวมีลักษณะการกินแบบขูดตะตามพื้นผิวอาหารส่วนใหญ่จะเป็นพวกซากพืช อินทรีย์สารและซากหญ้าทะเล ซึ่งหญ้าทะเลบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลเป็นแหล่งอาหารที่มีความอุดมสมบูรณ์ รวมถึงยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์อีกด้วย หญ้าทะเลและอพิไฟท์เป็นผู้ผลิต (Producer) ในห่วงโซ่อาหาร เมื่อสัตว์กินอพิไฟท์เป็นอาหารก็ทำให้ระดับการกินสูงขึ้นด้วยเช่นกัน (Pierre & Chang, 2000; Whalen, Duffy, & Grace, 2013)



ภาพที่ 5-3 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) จากหญ้าทะเล (*H. pinifolia*) และอีพิไฟท์ (Epiphyte) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารของหอยเจดีย์ (Estimated diet *C. cingulata*)



ภาพที่ 5-4 สัดส่วนแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในอาหารของหอยเจดีย์ (*C. cingulata*)

## สรุปผลการวิจัย

ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนรวม และไนโตรเจนรวม ในดินตะกอนของพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเล พบว่าปริมาณสารอินทรีย์มีแนวโน้มลดลงจากพื้นที่ใกล้ชายฝั่งไปยังพื้นที่อยู่ห่างจากชายฝั่ง โดยแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนมาจากสารอินทรีย์แขวนลอยในทะเล (แพลงก์ตอนพืชในทะเล) ขณะที่อิพิไฟท์มีแหล่งที่มาของสารอินทรีย์จากหญ้าทะเล และสัดส่วนของสารอินทรีย์ในอาหารของหอยเจดีย์ คือ หญ้าทะเล 67 % และอิพิไฟท์ 33 % ถึงแม้ว่าแหล่งหญ้าทะเล บริเวณชายฝั่งเทศบาลเมืองสทหีบไม่ได้รับสารอินทรีย์จากน้ำทิ้งของชุมชน แต่จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าหญ้าทะเลเป็นแหล่งอาหารให้กับหอยเจดีย์และอิพิไฟท์

## ข้อเสนอแนะ

ควรทำการศึกษาปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน และไนโตรเจน เพิ่มเติมในสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เช่น สัตว์ทะเลหน้าดิน กลุ่มพวกกรองกินสารอินทรีย์เพื่อบ่งชี้แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น



## บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. (2548). *โครงการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเล รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมทางทะเล ปี 2548*. กรุงเทพฯ: สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรมทรัพยากรธรรมชาติและชายฝั่ง, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 106 หน้า.
- กรมทรัพยากรธรรมชาติและชายฝั่ง. (2548). *รายงานการสำรวจและประเมินผลกระทบจากเหตุการณ์ธรณีพิบัติต่อทรัพยากรชายฝั่งทะเลในทะเลอันดามัน ปี 2548*. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรรมชาติและชายฝั่ง, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กฤษณา ชูติมา. (2529). *หลักเคมีทั่วไป*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชวนพิมพ์
- กาญจนภรณ์ ถิ่นมโนมนต์, สุจินต์ ดีแท้ และวิทยา ศรีมโนภษา. (2534). *อนุกรมวิธานและนิเวศวิทยาของหญ้าทะเลในประเทศไทย*. รายงานการวิจัย คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2542). *การบำบัดน้ำเสีย*. กรุงเทพฯ: มิตรนราการพิมพ์. 442 หน้า
- จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. (2548). *ดินตะกอน*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยาประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 146 หน้า.
- จิตติมา आयุดตะกะ. (2538). *ประชาคมหญ้าทะเล*. เอกสารประกอบการสอน. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ ชัชรี้ แก้วสุรลิขิต, ฅวนาฎ สุขสุนทร, กาญจนภรณ์ ถิ่นมโนมนต์ และธิดารัตน์ น้อยรักษา. (2546). *หญ้าทะเล บริเวณหมู่เกาะสัตหีบ จังหวัดชลบุรี*. กรุงเทพฯ: สำนักพระราชวัง พระราชวังดุสิต. 106-113.
- ชัชรี้ แก้วสุรลิขิต. (2549). *สัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาหญ้าทะเล*. เอกสารคำสอนวิชาสัณฐานวิทยา และสรีรวิทยาหญ้าทะเล. กรุงเทพฯ: คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชาคริต เรืองสอน. (2550). *คุณภาพน้ำและดินตะกอนที่เหมาะสมต่อความอุดมสมบูรณ์ของหญ้าทะเลในประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชนินทร์ แสงรุ่งเรือง. (2548). *การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพดินในอ่าวคุ้งกระเบน (จังหวัดจันทบุรี) ในช่วงก่อนและหลังการใช้ระบบชลประทานน้ำเค็มของศูนย์ศึกษาการพัฒนาประมงอ่าวคุ้งกระเบน*. จันทบุรี: กรมประมง สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง ศูนย์การศึกษาการพัฒนาประมงอ่าวคุ้งกระเบน. 73 หน้า.

- เทศบาลเมืองสัจหีบ. (ม.ป.ป.). *สภาพทั่วไปและข้อมูลพื้นฐานสำคัญของตำบลสัจหีบ*. วันที่ค้นข้อมูล 10 กันยายน 2559, เข้าถึงได้จาก <http://www.chonburi.go.th/Portals/0/document/หนังสือเวียน/ข้อมูลทั่วไป>.
- ธิดารัตน์ น้อยรักษา. (2538). *หญ้าทะเล*. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเลบางแสน มหาวิทยาลัยบูรพา. 8(2). 270-285.
- นรินทร์ บุญตานนท์. (2553). *ไอโซโทปเสถียรในระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม*. *วารสารสิ่งแวดล้อม*, 14(3), 11-16.
- พิสิฐ เป้นหอม. (2557). *ความหลากหลายทางชีวภาพและการรับรู้ข้อมูลการอนุรักษ์หญ้าทะเลบริเวณเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- มนูวดี หังสพฤกษ์. (2532). *สมุทรศาสตร์เคมี*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. และประมงทะเลภูเก็ต.
- วิลาสินี สกนธ์กำแพง. (2533). *การศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำและดินตะกอนในบริเวณลุ่มน้ำย่อยตอนล่าง*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน. (2550). *หญ้าทะเล*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลชายฝั่งทะเลและป่าชายเลน. (2558). *รายงานการสำรวจและประเมินสถานภาพและศักยภาพทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง: เกาะรังและหญ้าทะเล*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. วันที่ค้นข้อมูล 19 กันยายน 2559, เข้าถึงได้จาก <http://www.dmcr.go.th/detailLib/2249/>.
- สันติ บุญขวัญ. (2556). *การผันแปรตามฤดูกาลของแพลงก์ตอนและผลผลิตขั้นต้นในอ่าวไทยตอนใน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สมบัติ กุวัชรานนท์. (2549). *หญ้าทะเลในน่านน้ำไทย*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, กรมทรัพยากรธรรมชาติและชายฝั่ง, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 142 หน้า.
- สมบัติ กุวัชรานนท์. ม.ป.ป. *ระบบนิเวศหญ้าทะเล*. เอกสารประกอบการสอน. สถาบันวิจัยชีววิทยาและประมงทะเล จังหวัดภูเก็ต.
- สุทนต์ เบญจกุล. (2554). *เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ*. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- สุวลักษณ์ นาทีกาญจนลาภ. (2537). *หญ้าทะเล*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- สุวลักษณ์ สารมณีสพันธุ์. (2546). *การจัดการหญ้าทะเล. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์*  
กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ศิริพรเพ็ญ อ่อนปานกุล. (2555). *องค์ประกอบทางเคมีและไอโซโทปเสถียรของสารอินทรีย์ในดิน*  
*ตะกอนจากอ่าวไทยตอนใน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์*  
*สิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.*
- ศรินันท์ ไชยวาทิ. (2555). *การเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของหอยฝาเดียวและหอยสองฝาในแนว*  
*หญ้าพมนาง (Halodule pinifolia) และหญ้าชะเงาใบยาว (Enhalus acoroides) บริเวณ*  
*อ่าวคู่งกระเบน จังหวัดจันทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์*  
*สิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.*
- อัจฉริย์ ภูมวรรณ และ สุจินต์ ดีแท้. (2536). *มวลชีวภาพของหญ้าทะเลบริเวณบ้านทับละมุ จังหวัด*  
*พังงา. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 31, 356-362.*
- Anderson, W. T., & Fourqurean, J. W. (2003). Intra- and interannual variability in seagrass  
carbon and nitrogen stable isotopes from south Florida, a preliminary study. *Organic*  
*Geochemistry, 34*, 185-194.
- Andrews, J. E., Greenaway, A. M., & Dennis, P. F. (1998). Combined carbon isotope and  
C/N Ratios as indicators of source and fate of organic matter in a poorly  
flushed, Tropical estuary : Hunts bay, Kingston harbor, Jamaica. *Estuarine,*  
*Coastal and Shelf Science, 46*, 743-756.
- Boonkhwang, N., & Boonphakdee, T. (2013). Variations of chemical and isotopic compositions  
of particulate organic matter in the inner gulf of Thailand. In *The Second*  
*EnvironmentAsia International Conference on "Human Vulnerability and Global*  
*Environmental Change" 15-17 May 2013, Chonburi, Thailand..*
- Boonphakdee, T., Kasai, A., Fujiwara, T., Sawangwong, P., & Cheevaporn, V. (2008). Combined  
stable carbon isotope and C/N ratios as indicators of source and fate of organic matter in  
the Bangpakong river estuary, Thailand. *EnvironmentAsia, 1*, 28-36.
- Bouillon, S., Raman, A. V., Dauby, P., & Dehairs, F. (2002). Carbon and nitrogen stable  
isotope ratios of subtidal benthic invertebrates in an estuarine mangrove  
ecosystem (Andhra Pradesh, India). *Estuarine, coastal and shelf science, 54*, 901-913.

- Boutton, T. W. (1991). Stable carbon isotope ratios of natural materials : II. Atmospheric, terrestrial marine, and freshwater environments. In D. C., Coleman, & B. Fry, (Eds), *Carbon isotope techniques* (pp. 173-175). San Diego: Ac Ademic Press.
- Changsang, H., & Poovachiranon, S. (1994). The distribution and species composition of seagrass beds along the Andamon Sea Coast of Thailand. *Phuket Marine biological Research Bulletin*, 59, 43-52.
- Christiaen, B., Bernard, R. J., Mortazavi, B., Cebrian, J., & Ortmann, C.A. (2014). The degree of urbanization across the globe is not reflected in the  $\delta^{15}\text{N}$  of seagrass leaves. *Marine Pollution Bulletin*, 83, 440-445.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & Van Den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- Costanzo, S. D., O'Donohue, M. J., Dennison, W. D. (2003). Assessing the seasonal influence of sewage and agricultural nutrient input in a subtropical river estuary. *Estuaries*, 26, 857-865.
- Craig, H. (1953). The geochemistry of the stable carbon isotope. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 3, 53-92.
- Dang, D. H., Evans, R. D., Durrieu, G., Layglon, N., Houssainy, A. E., Mullot, J., Lenoble, V., Mounier, S., & Garnier, C. (2018). Quantitative model of carbon and nitrogen isotope composition to highlight phosphorus cycling and sources incoastal sediments (Toulon Bay, France). *Chemosphere*, 195, 683-692.
- Dean, W. E., (2006). Characterization of organic matter in lake sediment from Minnesota and Yellowstone national Park. *U.S. Geological Survey Open-file Report 2006*. 1053.
- Faye, D., Morais, L. T. D., Raffray, J., Sadio, O., & Thiaw, O. T. (2011). Structure and seasonal variability of fish food webs in an estuarine tropical marine protected area (Senegal) : Evidence from stable isotope analysis. *Estuarine, Coastal, and Shelf Science*, 92, 607-617.

- Gattuso, J. P., Gentili, B., Duarte, C. M., Kleypas, J. A., Middelburg, J. J., & Antoine, D. (2006). Light availability in the coastal ocean: impact on the distribution of benthic photosynthetic organisms and their contribution to primary production. *Biogeosciences*, 3, 489-513.
- Gordon E. S., & Goni M. A. (2004). Controls on the distribution and accumulation of terrigenous organic matter in sediments from the Mississippi and Atchafalaya river margin. *Marine Chemistry*, 92, 331-352.
- Gillis, L. G., Ziegler, A. D., Oevelen, D. V., Cathalot, C., Herman, P. M., Wolters, J. W., & Bouma, T. J. (2014). Seagrass beds have a large role in the export of organic material in the tropical coastal zone. *PLOS ONE*, 9, 1-12.
- Herbeck, L. S., Sollich, M., Unger, D., Holmer, M., & Jennerjahn, T. C. (2014). Impact of pond aquaculture effluents on seagrass performance in NE Hainan, tropical China. *Marine Pollution Bulletin*, 85, 190-203.
- Hemminga, M. A., Slim, F. J., Kazungu, J., Ganssen, G. M., & Nieuwenhuize, J. (1994). Carbon outwelling from a mangrove forest with adjacent seagrass beds and coral reefs (Gazi Bay, Kenya). *Marine Ecology Progress Series*, 106(3), 291-301.
- Hoefs, J. (2004). *Stable Isotope Geochemistry*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Hu, J., Peng, P., Jia, G., Mai, B., & Gan, B. (2006). Distribution and Sources of organic carbon, nitrogen and their isotopes in sediment of the subtropical Pearl River Estuary and adjacent shelf, Southern China Zhang. *Marine Chemistry*, 98, 274-285.
- Kaiser, D., Unger, D., & Qiu, G. (2014) Particulate organic matter dynamics in coastal systems of the northern Beibu Gulf. *Continental Shelf Research*, 82, 99-118.
- Kendall, C., & Caldwell, E. A. (1998). Fundamentals of stable isotope geochemistry. In *Isotope Tracer in Catchment Hydrology* (pp. 51-86). Amsterdam: Elsevier Science B.V.
- Kennedy, H., Gacia, E., Kennady, D. P., Papadimitriou, S., & Duarte, C. M. (2004). Organic carbon sources to SE Asian coastal sediments. *Estuarine, Coastal and shelf science*, 60, 59-68.
- Kruitwagen, G., Nagelkerken, I., Lugendo, B. R., Mgaya, Y. D., & Bonga, S. E. W. (2010). Importance of different carbon sources for macroinvertebrates and fishes of an interlinked mangrove-mudflat ecosystem (Tanzania). *Estuarine, Coastal and shelf science*, 88, 464-472.

- Kuramoto, T., & Minagawa, M. (2001). Stable Carbon and Nitrogen Isotope Characterization of Organic Matter in a Mangrove Ecosystem on the Southwestern Coast of Thailand. *Oceanography*, 57, 421-431.
- Lee, K. S., Short, F. T., & Burdick, D. M. (2004). Development of a nutrient pollution indicator using the seagrass, *Zostera marina*, along nutrient gradients in three New England estuaries. *Aquat*, 78, 197-216.
- Lehmann, M. F., Bernasconi, S. M., Barbieri, A., & McKenzie, J. A. (2002). Preservation of organic matter and alteration of its carbon and nitrogen isotope composition during simulated and in situ early sedimentary diagenesis. *Geochimica et cosmochimica Acta*, 66(20), 3573-3584.
- Lepoint, G., Dauby, P., & Gobert S. (2004). Applications of C and N stable isotopes to ecological and environmental studies in seagrass ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 49, 887-891.
- Lewmanomont, K., & Ogawa, H. (1995). *Common Seaweeds and Seagrasses of Thailand*. Faculty of Fisheries, Kasetsart University.
- Maksymowska, D., Richard, P., Piekarek- Jankowska, H., & Riera, P. (2000). Chemical and Isotope Composition of the Organic Matter Source in the Gulf of Gdansk (Southern Baltic sea). *Estuarine, Coastal and shelf science*, 51, 585-598.
- Mariotti, A. (1983). Atmospheric nitrogen is a reliable standard for natural abundance  $\delta^{15}\text{N}$  measurements. *Nature*, 303, 685-687.
- Melville, A. J., & Connolly, R. M. (2003). Spatial analysis of stable isotope data to determine primary sources of nutrition. *Oecologia*, 136, 499-507.
- Muzaka, A. N. N. (1999). Stable isotope composition of sedimentary organic matter off Zanzibar Town. *Tanzania Journal of Science*, 25, 54-70.
- Oakes, J. M., Connolly, R. M., & Revill, A. T. (2010). Isotope enrichment in mangrove forests separates microphytobenthos and detritus as carbon sources for animals. *Limnology and Oceanography*, 55(1), 393-402.

- Onpankoon, S., Boonphakdee, T., Laoharajanaphand, S., & Chantarachot, W. (2013). Stable carbon and nitrogen isotope compositions of organic matter in sediment in the Inner Gulf of Thailand. In *Conference: 14th Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress*.
- Ogrinc, N., Fontolan, G., Faganeli, J., & Covelli, S. (2005). Carbon and nitrogen isotope composition of organic matter in coastal marine sediments (the Gulf of Trieste, N Adriatic Sea): indicators of sources and preservation. *Marine Chemistry*, *95*, 163-181.
- Orth, R. J., Carruthers, T. J. B., Dennison, W. C., Duarte, C. M., Fourqurean, J. W., Heck J. R., K. L., Hughes, A. R., Kendrick, G. A., Kenworthy, W. J., Olyarnik, S., Short, F. T., Waycott, M., & Williams, S. L. (2006). *A global crisis for seagrass ecosystem*. *BioScience*, *56*, 987-996.
- Papadimitriou, S., Kennedy, H., Kennedy, D. P., Duarte, C. M., & Marba, N. (2005). Sources of organic matter in seagrass-colonized sediments: A stable isotope study of the silt and clay fraction from *Posidonia oceanica* meadows in the western Mediterranean. *Organic Geochemistry*, *36*, 949-961.
- Perdue, E. M., & Benner, R. (2009). Marine organic matter. In N. Senesi, B. Xing, & P. M. Huang, (Eds), *Biophysico-Chemical Processes of Anthropogenic Organic Compounds in Environmental Systems*, (pp. 407-449). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Piazzì, L., Balata, D., Cinelli, F., & Benedetti-Cecchi, L. (2004). Patterns of spatial variability in epiphytes of *Posidonia oceanica*: differences between a disturbed and two reference locations. *Aquatic Botany*, *79*, 345-356.
- Pierre, G. S., & Chang, K. K. (2000). Stable isotope evidence of benthic microalgae-based growth and secondary production in the suspension feeder *Cerastoderma edule* Mollusca, bivalvia in the Marennes-Ol'eron Bay. *Hydrobiologia*, *440*, 317-329.
- Pitby, A. F. (1971). *Introduction to geomorphology*. London: Methuen.
- Quak, S. Y. M., Ziegler, D. A., Benner, G. S., Evans, S., Todd, A. P., Gillis, G. L., Vongtanaboon, S., Jachowski, N., & Bouma, J.T. (2016). Processes affecting the spatial distribution of seagrass meadow sedimentary material on Yao Yai Island, Thailand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *182*, 136-145.

- Riera, P., & Richard, P. (1996). Isotopic determination of food sources of *Crassostrea gigas* along a trophic gradient in the estuarine bay of Marennes-Oleron. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 42, 347-360.
- Sanchez, A., Hernandez, M. C. O., Saenz, A. T., & Garcia, S. A. (2013). Stable nitrogen isotopes in the turtle grass *Thalassia testudinum* from the Mexican Caribbean : Implications of anthropogenic development. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 135, 86-93.
- Short, F. T., Coles R. G., & Pergent-Martini. C. (2001). *Global seagrass distribution*, pp. 5-25. In F. T. Short., & R. G. Coles, (Eds). *Global seagrass Research Methods*. Elsevier Science, London.
- Sichan, P., & Boonphakdee, T. (2013). Is mangrove source of organic matter for cultured bivalves in an Adjacent Mudflat? a multiple stable isotope study. *In The Second EnvironmentAsia International Conference on "Human Vulnerability and Global Environmental Change" 15-17 May 2013, Chonburi. Thailand*
- Tam, N. F. Y., & Wang, Y. S. (1998). Variation of soil nutrient and organic matter content in a subtropical mangrove ecosystem. *Water, Air and soil Pollution*, 103, 245-261.
- Thimdee, W., Deein, G., Sangrungruang, C., & Matsunaga, K. (2004). Analysis of primary food sources and trophic relationship of aquatic animals in a mangrove fringed estuary khung krabaen bay (Thailand) using dual stable isotope technique. *Wetlands Ecology and Management*, 12, 135-144.
- Vanloon, G. W., & Duffy, S. J. (2005). Organic matter in water. *Environmental Chemistry*, 2, 254-272.
- Vizzini, S., & Mazzola, A. (2003). Seasonal variations in the stable carbon and nitrogen isotope ratios ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) of primary producers and consumers in a western Mediterranean coastal lagoon. *Marine Biology*, 142, 1009-1018.
- Wada, E. (2009). Stable  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  isotope ratio in aquatic ecosystems. *Physical and biological Sciences*, 85, 98-107.



- Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J. B., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J. W., Heck Jr., K. L., Hughes, A. R., Kendrick, G. A., Kenworthy, W. J., Short, F. T., & Williams, S. L. (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *106*, 12377-12381.
- Whalen, M. A., Duffy, J. E., & Grace, J. B. (2013). Temporal shifts in top-down vs. bottom-up control of epiphytic algae in a seagrass ecosystem. *Ecology*, *73*(3), 510-520.
- Wu, Y., Zuang, J., Li, D. J., Wei, H., & Lu, R. X. (2003). Isotope variability of particulate organic matter at the PN Section in the East China Sea. *Biogeochemistry*, *65*, 31-49.
- Yamamuro, M., Kayanne, H., & Yamano, H. (2003).  $\delta^{15}\text{N}$  of seagrass leaves for monitoring anthropogenic nutrient increases in coral ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, *46*, 452-458.
- Zieman, J. G., Macko, S. A., & Mills, A. L. (1984). Role of seagrass and mangrove in estuarine food web: temporal and spatial changes in stable isotope composition and amino acid content during decomposition. *Bulletin of Marine Science*, *35*, 380-382.

ภาคผนวก

EF043R

ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจนของสารอินทรีย์ในแหล่งหญ้าทะเล  
บริเวณชายฝั่งทะเลเทศบาลเมืองสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

Stable carbon and nitrogen isotopes of organic matter in seagrass  
in the coast of Sattaship municipality, Chonburi Province

ฉัตรจิตตา ชามอนตรี<sup>1</sup>, ถนอมศักดิ์ บุญภักดี<sup>1,2,\*</sup> และ พงษ์รัตน์ ดำรงโรจน์วัฒนา<sup>3</sup>

Chattida Charmontree<sup>1</sup>, Thanomsak Boonphakdee<sup>1,2,\*</sup> and Pongrat Dumrongrojwattana<sup>3</sup>

<sup>1</sup>โครงการบัณฑิตศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

<sup>2</sup>ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

<sup>3</sup>ภาควิชาชีววิทยาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เพื่อศึกษาแหล่งที่มาและการกระจายของสารอินทรีย์ในพื้นที่หญ้าทะเลที่รองรับน้ำเสียจากชุมชน โดยใช้เทคนิคไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 11 สถานี บริเวณชายฝั่งทะเลเทศบาลเมืองสัตหีบ อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี ในช่วงฤดูแล้ง (เดือนพฤษภาคม) และในช่วงฤดูฝน (เดือนกันยายน 2556) โดยพบว่าปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  ในหญ้าทะเล (*Halodule uninervis*) และหอยเจดีย์ (*Sermyla riquetii*) อยู่ที่ -13.2 ถึง -10.06‰ และ -13.08 ถึง -10.68‰ ตามลำดับ สามารถบ่งชี้ได้ว่ามีแหล่งที่มาของสารอินทรีย์จากน้ำทะเล ส่วนปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  ในดินตะกอนที่ระดับผิวในฤดูแล้ง (-19.90 ถึง -18.08‰) และในฤดูฝน (-19.00 ถึง -18.43‰) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในดินตะกอนที่ระดับผิวใกล้เคียงกับแหล่งที่ต้นพืชในทะเล นอกจากนี้การกระจายของสารอินทรีย์ในดินตะกอนที่ระดับผิวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะจากบริเวณชายฝั่งไปยังทะเล แสดงให้เห็นว่าดินตะกอนที่ระดับผิว และหญ้าทะเลที่ทำการศึกษานี้ได้รับสารอินทรีย์มาจากทะเล ขณะที่หอยเจดีย์ได้รับสารอินทรีย์มาจากหญ้าทะเล ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าแหล่งหญ้าทะเลไม่ได้รับสารอินทรีย์มาจากน้ำทิ้งของชุมชน

คำสำคัญ : หญ้าทะเล, ดินตะกอน, สารอินทรีย์, ไอโซโทปเสถียร

Abstract

The objectives of this study were to investigate sources and distribution of organic matter in seagrass meadow where receives sewage from community by using stable isotope of carbon ( $\delta^{13}\text{C}$ ) and nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}$ ) techniques. The sampling were collected in 11 stations in coastal sea of Sattaship municipality, Chonburi Province. Samples were taken in dry (May) and wet seasons (September 2013). The  $\delta^{13}\text{C}$  values of seagrass and gastropod *S. riquetii* were -13.20 to -10.06‰ and -10.06 to -10.68‰ respectively, source of organic matter were also derived from marine organic matter. The composition of carbon stable isotope in surface sediment in dry (-19.90 to -18.08‰) and wet seasons (-19.00 to -18.43‰) were no significantly different ( $p > 0.05$ ). Values of  $\delta^{13}\text{C}$  and C/N ratios in surface sediment were close to

phytoplankton from marine. Other than diffusion of organic matter in surface sediment were increasing from coastal to marine. The surface sediment and seagrass were obtain to organic matter from marine and gastropod receiving organic matter from seagrass meadow. This shows no significant impact of organic matter in wastewater from nearby municipality on the study area.

**Keywords :** Seagrass, Sediment, Organic matter, Stable isotope

\*Corresponding author. E-mail : nuiosk@yahoo.com

## บทนำ

ประเทศไทยมีแหล่งหญ้าทะเลทั้งในฝั่งทะเลอันดามันและอ่าวไทย ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ และมีความสำคัญต่อระบบนิเวศทางทะเล เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและเป็นแหล่งอาหารที่ของสัตว์ทะเล (Costanza *et al.*, 1997) แหล่งหญ้าทะเลในจังหวัดชลบุรีมีแนวโน้มเสื่อมโทรมและมีปริมาณลดลง เนื่องจากถูกคุกคามจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลชายฝั่งทะเลและป่าชายเลน, 2558) แหล่งหญ้าทะเลในบริเวณเทศบาลเมืองสัตหีบอยู่ใกล้กับแหล่งชุมชนจึงส่งผลให้ดินตะกอน และสิ่งมีชีวิตในแหล่งหญ้าทะเลในพื้นที่ดังกล่าวได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เมื่อสารอินทรีย์ลงสู่ทะเล จะมีบทบาทสำคัญในการหมุนเวียนสารอาหาร เช่น ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในมวลน้ำ (จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, 2548) ดังนั้นหากแหล่งหญ้าทะเลได้รับปริมาณสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น และอาจทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่ง ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดต่ำลง ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเล (Papadimitriou *et al.*, 2005) ในการติดตามตรวจสอบแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในระบบนิเวศทางทะเล โดยสามารถใช้ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในการตรวจสอบการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ (Anderson & Fourqurean, 2003; Kennedy *et al.*, 2004) โดยการตรวจสอบแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในแหล่งหญ้าทะเลบริเวณชายฝั่งแคริบเบียนของ Sanchez *et al.* (2013) พบว่าหญ้าทะเลได้รับสารอินทรีย์มาจากน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์

การศึกษาค้นคว้าได้นำเทคนิคไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) มาใช้ในการบ่งชี้แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนที่ระดับผิวและสิ่งมีชีวิตในแหล่งหญ้าทะเล บริเวณชายฝั่งทะเลเทศบาลเมืองสัตหีบ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี เพื่อบ่งชี้แหล่งที่มาและลักษณะการกระจายของสารอินทรีย์บริเวณแหล่งหญ้าทะเลในพื้นที่การศึกษาได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลตรวจสอบและวางแผนการจัดการกับสารอินทรีย์จากแหล่งต่าง ๆ ที่ไหลลงสู่บริเวณแหล่งหญ้าทะเลได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดความสมดุลต่อระบบนิเวศหญ้าทะเลต่อไปในอนาคต

## วิธีการ

### 1. สถานที่และการเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างดินตะกอนที่ระดับผิว หญ้าทะเลและหอยในเขตเทศบาลเมืองสัตหีบ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี โดยเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูแล้ง (เดือนพฤษภาคม) และในช่วงฤดูฝน (เดือนกันยายน 2556) โดยมีจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 11 สถานี (ภาพที่ 1) ทำการเก็บตัวอย่างดินตะกอนที่ระดับผิว (0-2 เซนติเมตร) ในพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเล และพื้นที่ที่มีหญ้าทะเล โดยใช้ Core sampler บักลงไปตามแนวตั้ง ตัดดินที่ระดับผิว (0-2 เซนติเมตร) และเก็บ

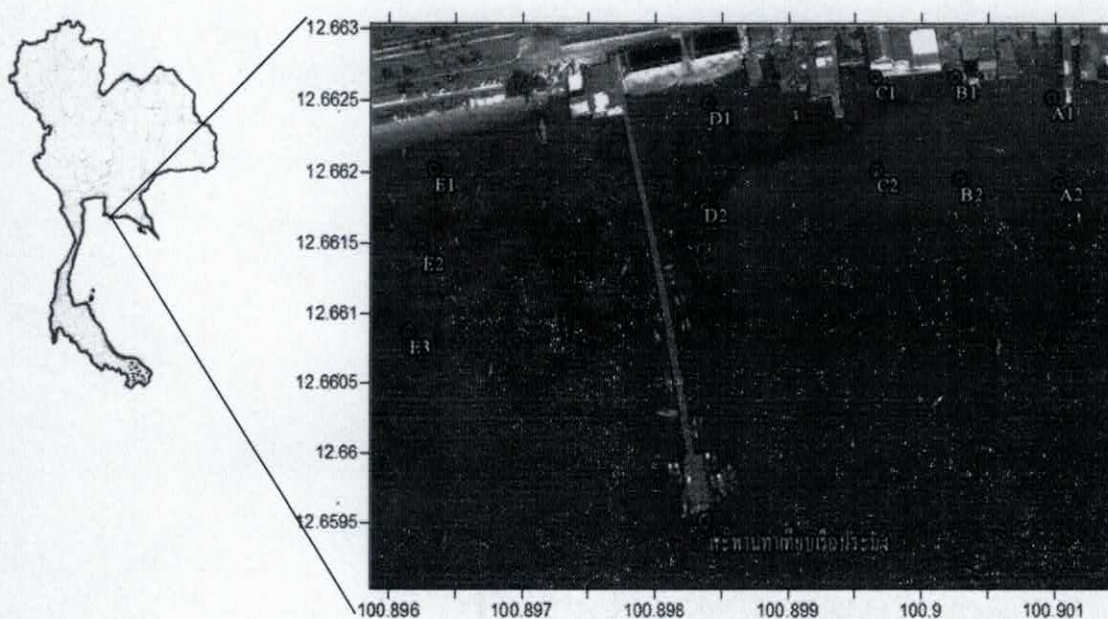
ตัวอย่างหอยฝาดเดียว ได้แก่ หอยเจดีย์ (*Sermyla riquetii*) ซึ่งเป็นหอยชนิดเด่นที่อาศัยอยู่ในแหล่งหญ้าทะเล จากนั้นเก็บตัวอย่างหญ้าก่ายทะเล (*Halodule uninervis*) ซึ่งหญ้าทะเลชนิดเด่นที่พบเป็นส่วนใหญ่ โดยใช้ quadrat ขนาด 25 x 25 เซนติเมตร ในบริเวณใกล้กับจุดเก็บตัวอย่างดินตะกอน เลือกเก็บหญ้าที่มีขนาดความยาวจากรากถึงปลายยอด 10-15 เซนติเมตร นำตัวอย่างทั้งหมดแช่เย็นก่อนนำกลับมายังห้องปฏิบัติการ

## 2. การเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างดินตะกอนที่ระดับผิว ทำตามวิธีของ Hu *et al.* (2006) โดยนำตัวอย่างดินไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วกำจัดคาร์บอนด้วยกรด และชั่งตัวอย่างอย่างน้อย 10 มิลลิกรัม บรรจุลงใน Tin capsules เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  ด้วย Isotope Ratio Mass Spectrometer

นำตัวอย่างหญ้าทะเลไปล้างให้สะอาดปราศจาก epiphyte แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส บดให้ละเอียด จากนั้นชั่งตัวอย่างอย่างน้อย 2 มิลลิกรัม บรรจุลงใน Tin capsules เพื่อวิเคราะห์ปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  ด้วย Isotope Ratio Mass Spectrometer (Kuramoto and Minagawa, 2001)

ตัวอย่างหอย ทำตามวิธีของ Loneragen *et al.* (1997) โดยเอาส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไปทำให้แห้งด้วยโดย Freeze dryer จากนั้นบดให้ละเอียด นำมาสกัดไขมัน โดย Chloroform: Methanol ในสัดส่วน 2:1 จากนั้นชั่งตัวอย่างอย่างน้อย 0.5 มิลลิกรัม บรรจุลงใน Tin capsules เพื่อวิเคราะห์ปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  ด้วย Isotope Ratio Mass Spectrometer



ภาพที่ 1 สถานที่เก็บตัวอย่างแหล่งหญ้าทะเล ในพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเล (A1, A2, B1, B2, C1 และ C2) และพื้นที่ที่มีหญ้าทะเล (D1, D2, E1, E2 และ E3)

### 3. การวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ด้วยเครื่อง Isotope Ratio Mass Spectrometer ที่มหาวิทยาลัยคอร์เนลล์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งข้อมูลของสัดส่วนของคาร์บอน คือ  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  และสัดส่วนของไนโตรเจน คือ  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  มีหน่วยเป็น permil (‰) ผลที่รายงานออกมา นั้นเป็นความสัมพันธ์ของความแตกต่างระหว่างปริมาณไอโซโทปในตัวอย่างและสารมาตรฐาน โดยนำมาคำนวณดังสมการ (Quak *et al.*, 2016)

$$\delta X (\text{‰}) = [(R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}}) - 1] \times 10^3 \quad (1)$$

เมื่อ X แทน ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน ( $^{13}\text{C}$  หรือ  $^{15}\text{N}$ )

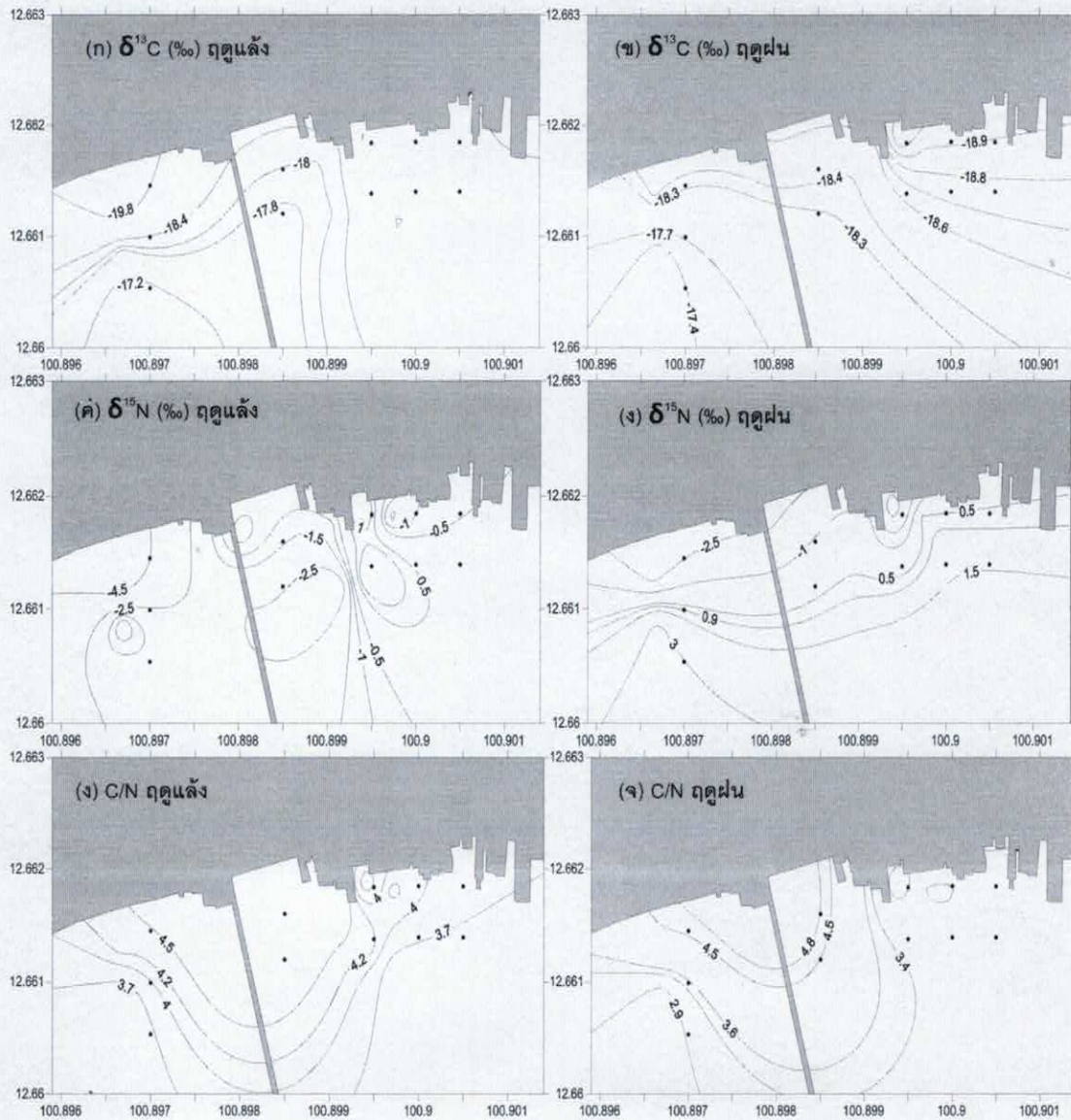
R แทน ค่าของสัดส่วนของไอโซโทป ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  หรือ  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ )

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ จะใช้สถิติ T-test เป็นเครื่องมือในการทดสอบความแตกต่างของปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจนในตัวอย่างดินตะกอนที่ระดับผิวน้ำทะเล (*H. uninervis*) และหอยเจดีย์ (*S. riquetii*) ในทั้งสองฤดูกาล

#### ผลและอภิปราย

##### 1. ปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในดินตะกอนที่ระดับผิวน้ำที่ไม่มีหญ้าทะเล และพื้นที่ที่มีหญ้าทะเล

จากการวิเคราะห์ปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  ในดินตะกอนที่ระดับผิวน้ำในพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเล ฤดูแล้ง (เดือนพฤษภาคม) อยู่ในช่วง -19.9 ถึง -18.08‰ และฤดูฝน (เดือนกันยายน 2556) อยู่ในช่วง -19.0 ถึง -18.43‰ และปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  ในพื้นที่ที่มีหญ้าทะเล ช่วงฤดูแล้ง พบอยู่ในช่วง -20.74 ถึง -16.81‰ ส่วนฤดูฝน อยู่ในช่วง -18.55 ถึง -17.24‰ จากผลการศึกษาของทั้งสองพื้นที่และทั้งสองฤดูกาล พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) จากผลแสดงให้เห็นว่าปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  ในดินตะกอนที่ระดับผิวน้ำใกล้เคียงปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  ในแพลงก์ตอนพืชจากทะเล (-23.0 ถึง -17.0‰) จึงสามารถบ่งชี้ได้ว่าสารอินทรีย์ในดินตะกอนที่ระดับผิวน้ำมีแหล่งที่มาจากแพลงก์ตอนพืชในทะเล และทำให้มีการทับถมและสะสมลงสู่ดินตะกอน (Kaiser *et al.*, 2014) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Onpankoon *et al.* (2013) พบว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในพื้นที่ชายฝั่งของอ่าวไทยตอนใน ได้รับสารอินทรีย์มาจากแพลงก์ตอนพืชในทะเล นอกจากนั้นลักษณะการกระจายของปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  ในดินตะกอนที่ระดับผิวน้ำของทั้งสองฤดูพบมีการเพิ่มขึ้นตามระยะทางห่างจากชายฝั่งไปยังทะเล (ภาพที่ 2ก. และ ข.) เนื่องจากสารอินทรีย์คาร์บอนที่มาจากแผ่นดินถูกเจือจางด้วยอินทรีย์คาร์บอนในทะเล (Gordon and Goni, 2004)



ภาพที่ 2 การกระจายของปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) ไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในดินตะกอนที่ระดับผิวดินทั้งฤดูแล้งและฤดูฝน

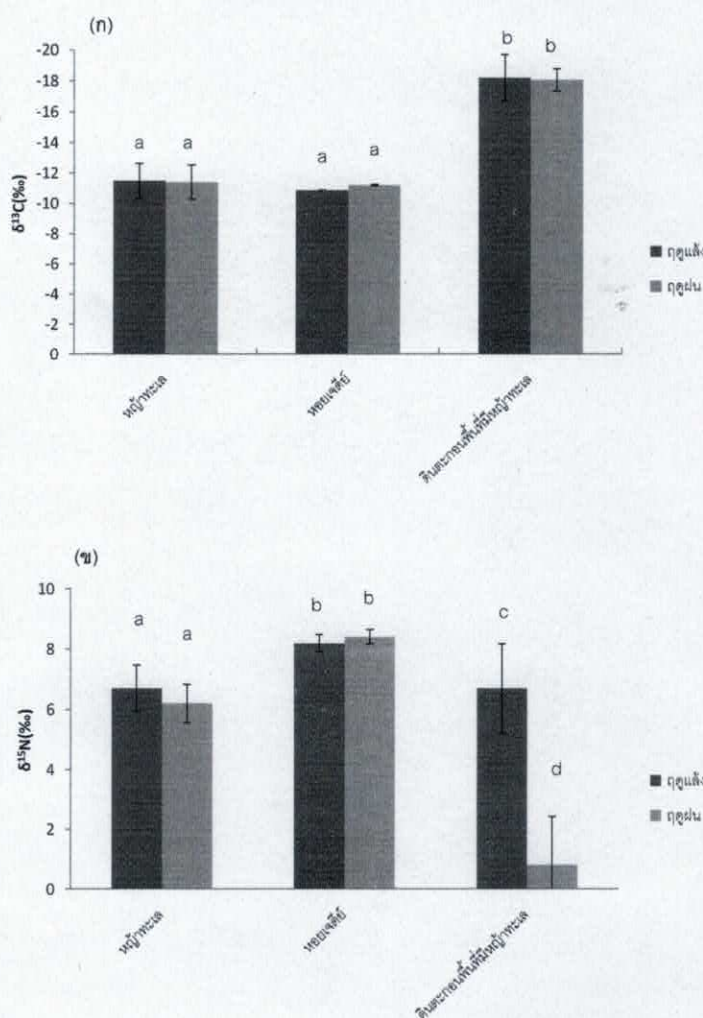
## 2. ปริมาณ $\delta^{15}\text{N}$ ในดินตะกอนที่ระดับผิวดินที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่ที่มีหญ้าทะเล

จากการวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของ  $\delta^{15}\text{N}$  ในดินตะกอนที่ระดับผิวดินในพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเล ฤดูแล้ง (เดือนพฤษภาคม) อยู่ในช่วง 1.77 ถึง 4.41‰ และฤดูฝน (เดือนกันยายน 2556) อยู่ในช่วง -6.4 ถึง 0.61‰ และปริมาณ  $\delta^{15}\text{N}$  ในพื้นที่ที่มีหญ้าทะเล ช่วงฤดูแล้ง พบอยู่ในช่วง 1.67 ถึง 1.97‰ ส่วนช่วงฤดูฝน อยู่ในช่วง -3.37 ถึง 3.28‰ จากผลการศึกษาของทั้งสองพื้นที่และทั้งสองฤดูกาล พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) จากผลแสดงให้เห็นว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากสารประกอบไนโตรเจนที่ถูกสร้างขึ้นในแหล่งน้ำ และยังมีสารประกอบไนโตรเจนที่มาจากแหล่งอื่น เช่น อาจถูกพาเข้ามาโดยน้ำล้น

ผิวดิน น้ำใต้ดิน น้ำในดิน ซึ่งอาจมีน้ำทิ้งหรือของเสียจากชุมชนปะปนลงมาด้วย (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542) จึงทำให้ปริมาณ  $\delta^{15}\text{N}$  มีการเปลี่ยนแปลงไปด้วยอีกทั้งอาจเกิดจากกระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้น เนื่องจากแบคทีเรียที่ใช้ไนโตรเจนจากแอมโมเนียในสภาวะที่ขาดออกซิเจน (Lehmann *et al.*, 2002)

### 3. สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในดินตะกอนที่ระดับผิวดินที่ไม่มีหญ้าทะเล และพื้นที่ที่มีหญ้าทะเล

สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิวดินในพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเล ช่วงฤดูแล้ง พบว่าอยู่ในช่วง -3.43 ถึง 6 ส่วนช่วงฤดูฝน อยู่ในช่วง 2.57 ถึง 3.43 และในพื้นที่ที่มีหญ้าทะเล ช่วงฤดูแล้ง พบอยู่ในช่วง 0 ถึง 6 ส่วนช่วงฤดูฝน อยู่ในช่วง 3.43 ถึง 4.29 (ภาพที่ 2ง. และ จ.). จากผลการศึกษาของทั้งสองพื้นที่และทั้งสองฤดูกาล พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) แสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์ในดินตะกอนที่ระดับผิวดินได้รับสารอินทรีย์จากทะเล ซึ่งสอดคล้องกับ Burone (2003) รายงานว่าค่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ต่ำกว่า 10 มีแหล่งที่มาของสารอินทรีย์จากทางทะเลและค่าประมาณ 10 ขึ้นไปได้รับสารอินทรีย์มาจากบนบก



ภาพที่ 3 ปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  (น) และ  $\delta^{15}\text{N}$  (ข) ในหญ้าทะเล (*H. uninervis*) หอยเจดีย์ (*S. riquetii*) และในดินตะกอนพื้นที่ที่มีหญ้าทะเล ในฤดูแล้ง และฤดูฝน

อักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ )



#### 4. ปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ และ $\delta^{15}\text{N}$ ในหญ้าทะเล (*H. uninervis*)

ปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  ในหญ้าทะเล (*H. uninervis*) ฤดูแล้ง (เดือนพฤษภาคม) อยู่ในช่วง -13.2 ถึง -10.06‰ และ ฤดูฝน (เดือนกันยายน 2556) อยู่ในช่วง -11.89 ถึง -10.49‰ ส่วนปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในฤดูแล้งอยู่ในช่วง 5.7 ถึง 7.8‰ ส่วนฤดูฝน พบว่าอยู่ในช่วง 6.09 ถึง 6.99‰ (ภาพที่ 3ก. และ ข.) จากผลการศึกษาของทั้งสองฤดูกาล พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) แสดงให้เห็นว่าปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และ ปริมาณ  $\delta^{15}\text{N}$  ในหญ้าทะเล (*H. uninervis*) ของการศึกษานี้ใกล้เคียงกับสารอินทรีย์ในน้ำทะเล ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Quak *et al.* (2016) ได้ศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในแหล่งหญ้าทะเลที่เกาะยาวใหญ่ พบว่ามีแหล่งที่มาของสารอินทรีย์มาจากน้ำทะเล

#### 5. ปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ และ $\delta^{15}\text{N}$ ในหอยเจดีย์ (*S. riquetii*)

ปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  ในหอยเจดีย์ (*S. riquetii*) ในช่วงฤดูแล้ง พบอยู่ในช่วง -13.28 ถึง -10.68‰ ส่วนช่วงฤดูฝน พบว่าอยู่ในช่วง -11 ถึง -11.4‰ และปริมาณ  $\delta^{15}\text{N}$  ในฤดูแล้งอยู่ในช่วง 8.0 ถึง 8.5‰ และฤดูฝน อยู่ในช่วง 8 ถึง 8.3‰ จากผลการศึกษาของทั้งสองฤดูกาล พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) (ภาพที่ 3ก. และ ข.) จากผลแสดงให้เห็นว่าปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  ในหอยเจดีย์ (*S. riquetii*) มีค่าใกล้เคียงกับปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  ในหญ้าทะเล (*H. uninervis*) ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในหอยเจดีย์ (*S. riquetii*) ได้รับสารอินทรีย์จากหญ้าทะเล เนื่องจากหอยฝาเดียวหากินตามพื้นผิวอาหารส่วนใหญ่จะเป็นพวกซากพืชและหญ้าทะเล (Pierre *et al.*, 2000)

### บทสรุป

การนำเทคนิคปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) และสัดส่วนของคาร์บอน ต่อไนโตรเจน (C/N) มาใช้บ่งชี้แหล่งที่มาและการกระจายของสารอินทรีย์ในดินตะกอนที่ระดับผิวดิน สามารถสรุปได้ว่า ดิน ตะกอนได้รับสารอินทรีย์มาจากทะเล (แพลงก์ตอนพืชในทะเล) และการกระจายของสารอินทรีย์ในดินตะกอนที่ระดับ ผิวดินจากบริเวณชายฝั่งไปยังทะเล ปริมาณ  $\delta^{15}\text{N}$  มีการเปลี่ยนแปลงอาจเกิดจากกระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้น เนื่องจากแบคทีเรียที่ใช้ไนโตรเจนจากแอมโมเนียในสภาวะที่ขาดออกซิเจน ส่วนแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในหญ้าทะเล (*H. uninervis*) และหอยเจดีย์ (*S. riquetii*) ที่อาศัยอยู่ในแหล่งหญ้าทะเล พบว่าหญ้าทะเลได้รับสารอินทรีย์จากทะเล เช่นเดียวกับดินตะกอนที่ระดับผิวดิน ส่วนหอยเจดีย์ก็ได้รับสารอินทรีย์มาจากหญ้าทะเล ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าแหล่ง หญ้าทะเลไม่ได้รับสารอินทรีย์มาจากน้ำทิ้งของชุมชน

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ผู้วิจัยขอแสดงความ ขอบคุณเป็นอย่างสูง

### เอกสารอ้างอิง

- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2542). *การบำบัดน้ำเสีย*. กรุงเทพฯ: มิตรนราการพิมพ์. 442 หน้า
- จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. (2548). *ดินตะกอน*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยาประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 146 หน้า.

สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน. (2550). *หญ้าทะเล*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน.

- Anderson, W.T., & Fourqurean, J.W. (2003). Intra- and interannual variability in seagrass carbon and nitrogen stable isotopes from south Florida, a preliminary study. *Organic Geochemistry*, 34, 185-194.
- Burone L, Muniz P, Pires-Vanin M.S and Rodrigues M. (2003). Spatial distribution of organic matter in surface sediment of Ubatuba Bay (Southeastern-Brazil). *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*. 75(1), 77-90.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. and Van Den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- Gillis, L.G., Ziegler, A.D., van Oevelen, D., Cathalot, C., Herman, P.M.J. and Bouma, T.J. (2014). Tiny is Mighty: seagrass beds have a large role in the export of organic material in the tropical coastal zone. *PLoS ONE*, 9, 11.
- Gordon E.S. and Goni M.A. (2004). Controls on the distribution and accumulation of terrigenous organic matter in sediments from the Mississippi and Atchafalaya river margin. *Marine Chemistry*. 92, 331-352.
- Hu, J., Peng, P., Jia, G., Mai, B. and Gan, B. (2006). Distribution and Sources of organic carbon, nitrogen and their isotopes in sediment of the subtropical Pearl River Estuary and adjacent shelf, Southern China Zhang. *Marine Chemistry*. 98, 274-285.
- Kaiser, D., Unger, D. and Qiu, G. (2014) Particulate organic matter dynamics in coastal systems of the northern Beibu Gulf. *Cont. Shelf. Res.* 82, 99-118.
- Kennedy, H., Gacia, E., Kennady, D.P., Papadimitriou, S. and Duarte, C.M. (2004). Organic carbon sources to SE Asian coastal sediments. *Estuarine, Coastal and shelf science*, 60, 59-68.
- Kuramoto, T. and Minagawa, M. (2001). Stable carbon and nitrogen isotope characterization of organic matter in a mangrove ecosystem on the southwestern coast of Thailand. *Journal of Oceanography*, 57, 421-431.
- Lehmann, M.F., Bernasconi, S.M., Barbieri, A. and McKenzie, J.A. (2002). Preservation of organic matter and alteration of its carbon and nitrogen isotope composition during simulated and in situ early sedimentary diagenesis. *Geochimica et cosmochimica Acta*, 66(20), 3573-3584.
- Lonerragan, N.R., Bunn, S.E. and Kellaway, D.M. (1997). Are mangrove and seagrass sources of organic carbon for penaeid prawns in a tropical Australian estuary a multiple stable isotope study. *Marine Biology*, 130, 289-300.

- Onpankoon, S., Boonphakdee, T., Laoharajanaphand, S. and Chantarachot, W. (2013). *Stable carbon and nitrogen isotope compositions of organic matter in sediment in the Inner Gulf of Thailand*. In Conference: 14th Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress.
- Papadimitriou, S., Kennedy, H., Kennedy, D.P., Duarte, C.M. and Marba, N. (2005). Sources of organic matter in seagrass-colonized sediments: A stable isotope study of the silt and clay fraction from *Posidonia oceanica* meadows in the western Mediterranean. *Organic Geochemistry*, 36, 949-961.
- Pierre, G.S. and Chang, K.K., (2000). Stable isotope evidence of benthic microalgae-based growth and secondary Production in the suspension feeder *Cerastoderma edule* mollusca, bivalvia in the Marennes-Oleron Bay. *Hydrobiologia*, 440, 317-329.
- Quak, S.Y.M., Ziegler, D.A., Benner, G.S., Evans, S., Todd, A.P., Gillis, G.L., Vongtanaboon, S., Jachowski, N. and Bouma, J.T. (2016). Processes affecting the spatial distribution of seagrass meadow sedimentary material on Yao Yai Island, Thailand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 182, 136-145.
- Sanchez, A., Hernandez, M.C.O., Saenz, A.T. and Garcia, S.A. (2013). Stable nitrogen isotopes in the turtle grass *Thalassia testudinum* from the Mexican Caribbean : Implications of anthropogenic development. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 135, 86-93.