สังคมชีวิตพืชป่าชายเลนและการเก็บกักคาร์บอน กรณีศึกษาตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม

โดย
นางสาวนิตรา ต่อมคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

สังคมชีวิตพืชป่าชายเลนและการเก็บกักคาร์บอน กรณีศึกษาตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม

โดย
นางสาวนิตรา ต่อมคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

MANGROVE PLANT COMMUNITY AND CARBON SEQUESTRATION : A CASE STUDY OF KLONG KONE, MUANG DISTRICT, SAMUT SONGKRAM PROVINCE

By

MISS Nittra TOMKHAM

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Science (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

Department of ENVIRONMENTAL SCIENCE

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2018

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	สังคมชีวิตพืชป่าชายเลนและการเก็บกักคาร์บอน กรณีศึกษาตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม
โดย	นิตรา ต่อมคำ
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. กนกพร สว่างแจ้ง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กมลชนก พานิชการ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. กนกพร สว่างแจ้ง)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมเรศ เชื้อสาวถี)

57311308 : วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : ป่าชายเลนคลองโคน, สังคมพืช, การกักเก็บคาร์บอน

นางสาว นิตรา ต่อมคำ: สังคมชีวิตพืชป่าชายเลนและการเก็บกักคาร์บอน กรณีศึกษาตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รองศาสตราจารย์ ดร. กนกพร สว่างแจ้ง

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนและศึกษาประเภทพืชชายเลนที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน ทำการศึกษาสังคมพืชบริเวณป่าชายเลนคลองโคน ดำเนินการโดยวางแปลงขนาด 10x10 เมตร จำนวน 20 แปลง แบ่งออกเป็นป่าชายเลนเขตอนุรักษ์ จำนวน 10 แปลง และป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จำนวน 10 แปลง กระจายให้ทั่วป่า และการศึกษาประเภทพืชชายเลนที่มีผลต่อการเก็บกักคาร์บอนในดินชายเลน นำดินชายเลนมาหมักกับใบพืชชายเลนประกอบด้วยใบแสมขาว ใบโกงกางใบเล็ก ใบโกงกางใบใหญ่ ใบลำพู และใบตะบูนขาว ในอัตราส่วนใบพืชต่อดินคือ 497 กิโลกรัมต่อไร่ ตัวอย่างดินที่หมัก นำมาวิเคราะห์ค่าอินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจนทั้งหมด ค่าความชื้น ค่าความหนาแน่นรวม และความเป็นกรดด่าง ในเดือนที่ 2 4 6 8 10 และ 12 ดำเนินการในห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาพบว่า ป่าชายเลนคลองโคลนมีพรรณไม้จำนวน 4 วงศ์ 5 ชนิด ได้แก่ แสมขาว โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ ตะบูนขาว ค่าดัชนีความสำคัญทางนิเวศวิทยาของพืชบริเวณพื้นที่ชายเลนเขตอนุรักษ์และเขตบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เท่ากับ 213.78 และ 224.73 ทั้งสองเขตพื้นที่มีพรรณไม้ที่มีดัชนีความสำคัญสูงสุด คือ แสมขาว พรรณไม้ที่มีปริมาณคาร์บอนสะสมในพืชป่าชายเลนมากที่สุด คือ ลำพู โดยมีเฉลี่ยรวมปริมาณคาร์บอนสะสมเท่ากับ 40.52 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อพิจารณาคุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลน พบว่า ความหนาแน่นรวมของดินมีค่าเท่ากับ 1.01±0.01 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความเป็นกรดด่างของดิน เท่ากับ 7.65±0.13 ความชื้นเท่ากับร้อยละ 1.07±0.01 อินทรีย์คาร์บอนเท่ากับร้อยละ 2.66±0.31 อินทรียวัตถุเท่ากับร้อยละ 4.59±0.53 ไนโตรเจนรวมทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 0.22±0.03 อินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับร้อยละ 12.24±1.59 และการเก็บกักคาร์บอน 80.54±8.77 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ซึ่งพรรณไม้ที่มีการกักเก็บคาร์บอนได้มากที่สุด คือ แสมขาว เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนเชิงพหุแล้ว สรุปได้ว่าเมื่อมีการทับถมของพืชมากขึ้นจะทำให้ดินชายเลนมีแนวโน้มกักเก็บคาร์บอนมากขึ้น

มหาวิทยาลัยศิลปากร

57311308 : Major (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

Keyword : Plant Society, Carbon Storage, Mangrove forest, Klong Kone

MISS NITTRA TOMKHAM : MANGROVE PLANT COMMUNITY AND CARBON SEQUESTRATION : A CASE STUDY OF KLONG KONE, MUANG DISTRICT, SAMUT SONGKRAM PROVINCE THESIS ADVISOR : ASSOCIATE PROFESSOR KANOKPORN SWANGJANG, Ph.D.

The objective of this study is to study mangrove plant communities and study the types of mangrove plants that affect carbon sequestration in mangrove forest. Conducted a study on plant societies in Klong Kone mangrove forest Operated by placing a plot of 10x10 meters, divided into mangrove forests 10 conservation areas and mangrove forests near 10 aquaculture fields distributed throughout the forest. And the study of the type of mangrove plants that affect carbon sequestration. Mixed soil to marinate with the leaves consisting of *Avicennia alba* leaves, *Rhizophora apiculata* leaves, *Rhizophora mucronata* leaves, *Sonneratia caseolaris* leaves and *Xylocarpus granatum* leaves. Analyze organic carbon, total nitrogen, moisture, bulk density and pH in the 2, 4, 6, 8, 10 and 12 months in the laboratory. The study indicated that mangrove forests have 4 families of plants, 5 species, namely *Avicennia alba Rhizophora apiculate*, *Rhizophora mucronata*, *Sonneratia caseolaris* and *Xylocarpus granatum.* Importance value index in mangrove forest, conservation area and mangrove area near aquaculture area was 213.78 and 224.73. Both areas have plants that have the highest, namely *Avicennia alba*, Plants that have accumulated carbon content in many mangrove plants. *Sonneratia caseolaris* is an average carbon content of the dry weight of 40.52%. When considering the basic properties of the soil, the total density of soil is 1.01 ± 0.01 grams per cubic centimeter. The pH of the soil was 7.65 ± 0.13. The moisture content was 1.07 ± 0.01 percent. The organic carbon was 2.66 ± 0.31 percent. The organic matter was 4.59 percent ± 0.53 percent. Total nitrogen was 0.22 ± 0.03 percent. Organic carbon per nitrogen was 12.24 ± 1.59 percent and carbon sequestration of 80.54 ± 8.77 tons per hectare per year. Which the plants that have the highest carbon sequestration are *Avicennia alba*. When comparing the average of multiple carbon sequestration In conclusion, when there is more plant deposition, the wetlands will tend to retain more carbon.

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.กนกพร สว่างแจ้ง ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับแนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์ ตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง เป็นที่ปรึกษาและคอยช่วยเหลือในการจัดทำเล่มวิทยานิพนธ์ด้วยความใส่ใจอย่างดีโดยตลอด

ขอขอบคุณคณาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลชนก พานิชการ ประธานกรรมการและรองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมเรศ เชื้อสาวถี กรรมการ ที่ได้ชี้แนะแนวทางข้อคิดเห็นเพิ่มเติมในการวางแผนและดำเนินการวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณนางสาวผ่องศรี เผ่าภูรี และนายนที บุญส่ง นักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ที่ได้ช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือห้องปฏิบัติการ และให้คำแนะนำด้านการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณนายณรงค์ บุญมา ผู้ช่วยพนักงานพิทักษ์ป่า สถานีพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 7 (สมุทรสงคราม) และนายสุรศักดิ์ เจือไทย ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการลงพื้นที่เพื่อเก็บตัวอย่าง พร้อมทั้งให้ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ศึกษาอย่างดี

ขอขอบพระคุณนางสาวสุภาพร เล็กเจริญสุข และนายธีรภัทร์ เล็กเจริญสุข ประธานกรรมการและรองประธานกรรมการ ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฉัตรสุภาค้าวัสดุก่อสร้าง ที่มอบโอกาสและสนับสนุนทุนเพื่อการศึกษาในครั้งนี้

ขอกราบขอบคุณคุณพ่อมนตรี คุณแม่ปิยะนุช ต่อมคำ และญาติพี่น้องที่สนับสนุน ผลักดันด้านการเรียน ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่สำคัญยิ่งในทุกด้าน จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้ประสบความสำเร็จได้

นิตรา ต่อมคำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 สมมุติฐานการวิจัย 2

1.4 ขอบเขตของการศึกษา 2

1.5 ขั้นตอนการศึกษา 3

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ 4

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ป่าชายเลน (Mangrove Forest) 5

2.2 ระบบนิเวศป่าชายเลน 6

2.3 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมของป่าชายเลน 7

2.4 การกระจายป่าชายเลนทั่วโลก 9

2.5 การกระจายตัวป่าชายเลนในประเทศไทย 12

2.6 สภาพป่าชายเลนในประเทศไทย 14

2.7 พืชพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 16

2.8 การปรับตัวของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนต่อสภาพแวดล้อม 18
2.9 พันธุ์ไม้ป่าชายเลน 22
2.10 อินทรียวัตถุในดินป่าชายเลน 24
2.11 คาร์บอนและไนโตรเจนในดินป่าชายเลน 24
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 34
3.1 ขั้นตอนการวิจัย 34
3.2 พื้นที่ศึกษา 36
3.3 การศึกษาลักษณะนิเวศวิทยาของป่าชายเลน 36
3.4 การศึกษาอินทรีย์คาร์บอนในใบพืช 38
3.5 การศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของดิน 39
3.6 การศึกษาการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในใบพืชป่าชายเลน 39
3.7 วิธีการคำนวณ 40
3.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ 41
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล 42
4.1 การศึกษาสังคมชีวิตพืชป่าชายเลนคลองโคน 42
4.2 การศึกษาประเภทพืชป่าชายเลนที่มีผลต่อการเก็บคาร์บอนในดินชายเลน 53
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 75
5.1 การศึกษาสังคมชีวิตพืชป่าชายเลนคลองโคน 75
5.2 การศึกษาประเภทพืชป่าชายเลนที่มีผลต่อการเก็บคาร์บอนในดินชายเลน 75
5.3 ข้อเสนอแนะ 77
ภาคผนวก 78
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐาน 79
ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในใบพืช 86

ภาคผนวก ค การคำนวณอัตราส่วนพืชต่อดิน 88
ภาคผนวก ง พิกัดจุดเก็บตัวอย่างดินและจุดวางแปลงศึกษาสังคมพืช 90
ภาคผนวก จ ผลวางแปลงศึกษาสังคมพืช 92
ภาคผนวก ฉ ผลการวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในใบพืช 106
ภาคผนวก ช ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินชายเลนและดินที่หมักกับพืชชายเลน 109
ภาคผนวก ซ วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ 189
ภาคผนวก ด ภาพประกอบ 192
รายการอ้างอิง 198
ประวัติผู้เขียน 203

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้ใหญ่และลูกไม้บริเวณป่าชายเลนเขตอนุรักษ์ .. 47

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้ใหญ่และลูกไม้บริเวณป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 48

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยความสูงของไม้ใหญ่และลูกไม้บริเวณป่าชายเลนเขตอนุรักษ์ 50

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยความสูงของไม้ใหญ่และลูกไม้บริเวณป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 51

ตารางที่ 5 ความหนาแน่นสัมพัทธ์ การปกคลุมเรือนยอดสัมพัทธ์และความถี่สัมพัทธ์ 52

ตารางที่ 6 ปริมาณคาร์บอนสะสมในใบพืชป่าชายเลน 54

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในใบพืชชายเลน 55

ตารางที่ 8 คุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลน 58

ตารางที่ 9 การเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชแต่ละชนิด 64

ตารางที่ 10 การเก็บกักคาร์บอนของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชแต่ละชนิด 65

ตารางที่ 11 การเปลี่ยนแปลงคาร์บอนสะสมของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชแต่ละชนิด 66

ตารางที่ 12 ความหนาแน่นรวมของดินที่หมักด้วยพืชชายเลนแต่ละชนิด 67

ตารางที่ 13 ความเป็นกรดด่างของดินหมักด้วยพืชชายเลนแต่ละชนิด 68

ตารางที่ 14 ความชื้นของดิน 70

ตารางที่ 15 อินทรีย์คาร์บอนในดิน 71

ตารางที่ 16 ไนโตรเจนรวมทั้งหมดในดิน 72

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ค่าการถดถอยเชิงเส้นพหุ 74

ตารางที่ 18 ค่าความสัมพันธ์ทางสถิติ (Pearson Correlation) ของการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในช่วง 1 ปี ของใบพืชป่าชายเลน 74

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาบริเวณป่าชายเลนคลองโคน 3

รูปที่ 2 ป่าชายเลนที่ขึ้นอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล 6

รูปที่ 3 การกระจายป่าชายเลนทั่วโลก 10

รูปที่ 4 ป่าชายเลนซันดาร์บานส์ 11

รูปที่ 5 การกระจายป่าชายเลนในประเทศไทย 13

รูปที่ 6 การขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนสภาพสมบูรณ์ 16

รูปที่ 7 การแบ่งเขตพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 18

รูปที่ 8 ระบบรากของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 21

รูปที่ 9 การหมุนเวียนอินทรีย์คาร์บอนในดิน 25

รูปที่ 10 การหมุนเวียนไนโตรเจนในดิน 26

รูปที่ 11 แผนผังขั้นตอนการวิจัย 35

รูปที่ 12 ลักษณะพื้นที่ป่าชายเลนอนุรักษ์และป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 43

รูปที่ 13 สังคมพืชป่าชายเลนคลองโคน 44

รูปที่ 14 ความหนาแน่นรวมของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน 59

รูปที่ 15 ความเป็นกรดเป็นด่างของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน 60

รูปที่ 16 ความชื้นของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน 61

รูปที่ 17 อินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน 62

รูปที่ 18 อินทรียวัตถุในดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน 62

รูปที่ 19 ไนโตรเจนทั้งหมดในดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน 63

รูปที่ 20 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนทั้งหมดของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน 64

รูปที่ 21 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลนที่หมักกับใบพืช 65

รูปที่ 22 การเก็บกักคาร์บอนของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน 66
รูปที่ 23 การเปลี่ยนแปลงการเก็บกักคาร์บอนของพืชในดินชายเลน 67
รูปที่ 24 การวางแปลงป่าชายเลนใกล้เขตเพาะพันธ์สัตว์น้ำ (ก-ง)..... 193
รูปที่ 25 ตัวอย่างการหมักดินกับใบพืชชายเลน (ง-ช)..... 194
รูปที่ 26 การวิเคราะห์ไนโตรเจน (ซ-ฌ)..... 195
รูปที่ 27การวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลน (ท-บ)..... 196
รูปที่ 28 การวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในใบพืชชายเลน (ป-ฟ)..... 197

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศที่มีเอกลักษณ์และมีความสำคัญในฐานะผู้ให้ในระบบนิเวศ โดยในบริเวณป่าชายเลนจะประกอบด้วยพันธุ์ไม้เขียวตลอดทั้งปีและพันธุ์สัตว์หลากหลายชนิด จึงจัดเป็นป่าที่มีศักยภาพในเชิงเศรษฐกิจที่เอื้อประโยชน์นานัปการให้กับมนุษย์ (เสาวลักษณ์ รุ่งตะวันเรืองศรี, 2552) ซึ่งนอกจากเป็นแหล่งอาหารและระบบนิเวศแล้ว ยังเป็นแหล่งเก็บกักคาร์บอนที่สำคัญ (ภานุ เนื่องจำนง , 2558) การเก็บกักหรือดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จะผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยต้นไม้จะนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการสร้างอาหารเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพ (biomass) และเก็บกักคาร์บอนไว้ในส่วนของลำต้น ราก กิ่ง และใบให้อยู่ในรูปชีวมวล (สำนักนวัตกรรมไม้เศรษฐกิจ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้, 2554) โดยไม้ในป่าชายเลนมีอัตราการสังเคราะห์แสงและมีปริมาณชีวมวลต่อพื้นที่สูงสามารถช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ด้วยการดูดซับเข้าทางใบแล้วสะสมไว้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ราก ใบ และลำต้น ไม้ในป่าชายเลนเป็นไม้ที่มีรากสลับซับซ้อนมากกว่าป่าประเภทอื่น ๆ จึงยิ่งเก็บกักคาร์บอนได้มากขึ้น (Daniel, 2011) และสำนักงานอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556) จึงช่วยบรรเทาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและลดภาวะโลกร้อนได้ (global warming)

สาเหตุที่ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นเกิดจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกอันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ ก๊าซเรือนกระจกเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ส่องผ่านชั้นบรรยากาศมายังผิวโลกไม่สามารถสะท้อนกลับออกไปจากโรคได้ทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้นซึ่งเรียกปรากฏการณ์ดังกล่าวว่า ปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) แนวทางในการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนที่สำคัญแบ่งออกเป็นสองแนวทาง ได้แก่ การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และ การเพิ่มศักยภาพการดูดซับก๊าซเรือนกระจกโดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญโดยการเพิ่มพื้นที่ป่า เนื่องจากต้นไม้สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ป่าจึงเป็นแหล่งเก็บกักคาร์บอนที่สำคัญโดยเฉพาะป่าชายเลน ซึ่งเป็นระบบนิเวศที่มีผลผลิตชีวมวลสูง ทั้งนี้ความสามารถในการดูดซับหรือการเก็บกักคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ป่าขึ้นอยู่กับชนิดของต้นไม้แต่ละชนิด (วิจารณ์ มีผล, 2553 :และอานุช คีรีรัฐนิคม และทิพย์ทิวา สัมพันธมิตร, 2556)

ป่าชายเลนคลองโคน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม เป็นป่าชายเลนที่สำคัญของอ่าวไทยฝั่งตะวันตกตอนบน มีพื้นที่ครอบคลุมทั้งหมด 3, 246.77 ไร่ (รสริน มังกะโรทัย และคณะ, 2561) ปัจจุบันยังคงความหลากหลายทางธรรมชาติและเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้เกี่ยวกับระบบนิเวศป่าชายเลนและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศของประเทศ ซึ่งพบว่า บริเวณป่าชายเลนคลองโคนมีพรรณไม้ที่มีค่าทางเศรษฐกิจ โดยมีต้นแสมขาว เป็นไม้ที่โดดเด่นในพื้นที่ และมีต้นโกงกางใบเล็ก ต้นโกงกางใบใหญ่ ต้นตะบูนขาว และต้นลำพู เป็นต้น ดังนั้นจึงได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาลักษณะสังคมพืชของป่าชายเลนคลองโคนและเพื่อศึกษาการเก็บกักคาร์บอนในพืชและดินของป่าชายเลนคลองโคลน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม ในการนำไปจัดการดูแลรักษาประโยชน์ป่าชายเลนของชุมชนคลองโคน และเผยแพร่ให้กับคนในชุมชนและผู้ที่สนใจให้เกิดความหวงแหนทรัพยากรชีวภาพของชุมชน อันจะนำไปสู่การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์และจัดการในการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรชีวภาพของป่าชายเลนคลองโคนอย่างยั่งยืนต่อไป

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาสังคมชีวิตพืชป่าชายเลนคลอนโคน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม

1.2.2 เพื่อศึกษาประเภทพืชป่าชายเลนที่มีผลต่อการเก็บคาร์บอนในดินชายเลน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

1.3.1 สังคมพืชป่าชายเลนที่แตกต่างกันมีผลต่อความหนาแน่น ความถี่ ความเด่น และดัชนีความสำคัญทางนิเวศของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนแตกต่างกัน

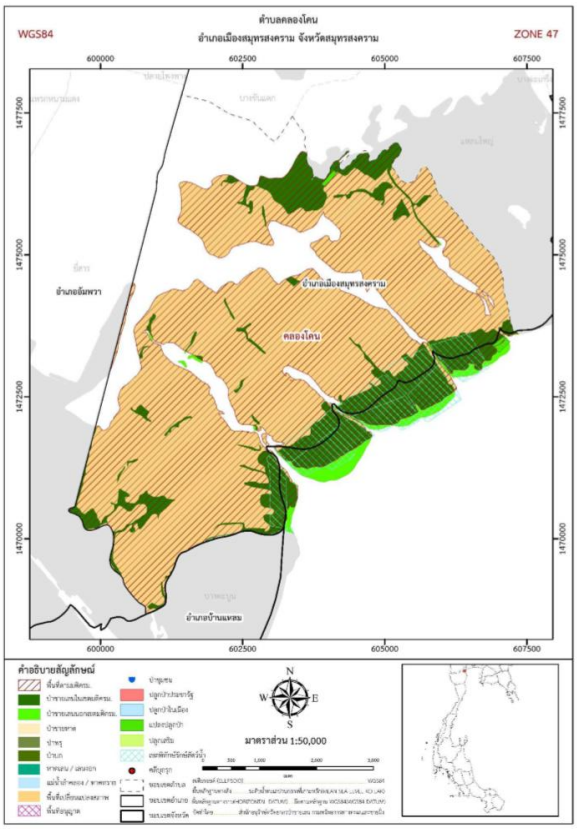
1.3.2 ประเภทพืชป่าชายเลนที่แตกต่างกันมีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนแตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสังคมชีวิตพืชป่าชายเลนและการเก็บกักคาร์บอน กรณีศึกษาตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสุมุทรสงคราม พื้นที่ที่ศึกษา คือ พื้นที่ป่าชายเลน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม มีอาณาเขตครอบคลุมพื้นที่ (รูปที่ 1) และมีขอบเขตของการศึกษาดังนี้

1.4.1 การศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนคลอนโคน ได้แก่ ความหนาแน่น ความถี่ ความเด่น และดัชนีความสำคัญทางนิเวศของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน

1.4.2 การศึกษาประเภทพืชป่าชายเลนที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน พิจารณาจากประเภทพืชป่าชายเลน



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาบริเวณป่าชายเลนคลองโคน
ตำบลคลองโคน อำเภอเมืองสมุทรสงคราม จังหวัดสมุทรสงคราม
ที่มา : กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (2561b)

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาเริ่มทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากการสืบค้นข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหลักการบริการระบบนิเวศ ป่าชายเลน พันธุ์พืชและความหลากหลายของพืชป่าชายเลน การสะสมคาร์บอนในใบพืชชนิดต่าง ๆ จากวารสาร บทความ ตำราและงานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิจากการสำรวจพื้นที่ วางแปลงตัวอย่างเพื่อศึกษาโครงสร้างสังคมพืช การเก็บตัวอย่างใบพืชและดิน เพื่อทดลองและวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ทางสถิติ สรุปผลการศึกษาวิจัยเขียนบทความและเผยแพร่งานวิจัย จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ ตลอดจนสอบวิทยานิพนธ์ แก้ไขและส่งวิยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.6.2 ทำให้ทราบสังคมพืชและความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ไม้ป่าชายเลนคลองโคน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญและนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการทรัพยากรป่าชายเลน

1.6.2 ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของพืชป่าชายเลนแต่ละประเภท รวมถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนของป่าชายเลน เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการอนุรักษ์และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนคลองโคนให้ยั่งยืน

1.6.3 สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการบริหารป่าชายเลน เพื่อนำไปสู่การจัดการป่าชายเลน เพื่อการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าชายเลนอย่างมีประสิทธิภาพ

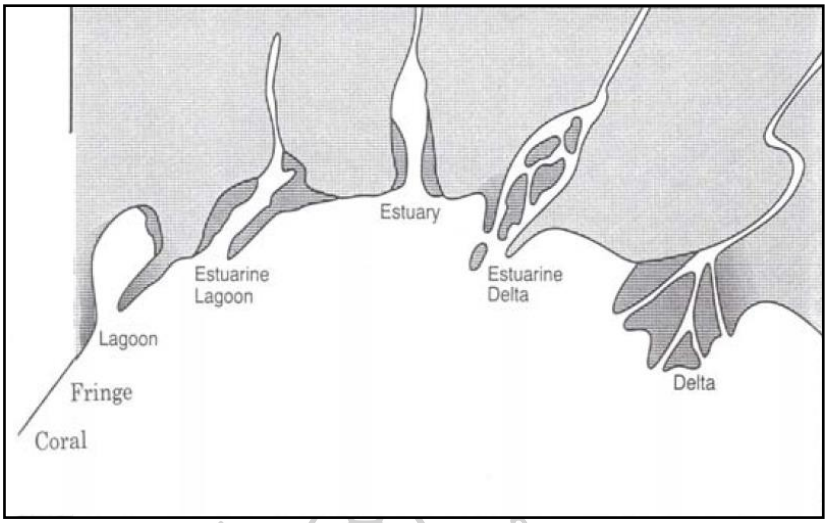
มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาสังคมชีวิตพืชป่าชายเลนและการกักเก็บคาร์บอน กรณีศึกษาตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม โดยแบ่งออกเป็นการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนและการศึกษาประเภทพืชป่าชายเลนที่มีผลต่อการเก็บคาร์บอนในดินชายเลน จากการค้นคว้าเอกสารงานวิจัยและเอกสารเผยแพร่ของนักวิชาการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นพื้นฐานและแนวทางในการศึกษาวิจัยครอบคลุมเนื้อหา ดังนี้

2.1 ป่าชายเลน (Mangrove Forest)

ป่าชายเลน (Mangrove forest หรือ Intertidal forest) และมีอีกชื่อหนึ่งว่า ป่าโกงกาง เนื่องจากเป็นชื่อตามพันธุ์ไม้ที่สำคัญและพบเป็นจำนวนมาก เป็นป่าไม้แบบไม่ผลัดใบ (Evergreen Forest) โดยจะมีลักษณะเป็นป่าที่มีเรือนยอดที่เขียวชอุ่มตลอดทั้งปี เนื่องมาจากปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อความชื้นในบรรยากาศ ได้แก่ ปัจจัยเกี่ยวกับภูมิอากาศและปัจจัยด้านความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง ป่าชายเลนมักขึ้นอยู่ตามบริเวณแนวชายฝั่งทะเล ปากแม่น้ำ อ่าว ทะเลสาบ และเกาะ (Kjerfve, 1990) (รูปที่ 2) ที่มีดินโคลนและน้ำทะเลท่วมถึง มีกระแสน้ำขึ้นน้ำลง น้ำมีลักษณะเป็นน้ำกร่อย ป่าชายเลนเป็นพื้นที่เชื่อมต่อระหว่างระบบนิเวศบนบกกับทะเล (Transition zone) ตั้งอยู่บริเวณในเขตร้อน (Tropical) และเขตกึ่งร้อน (Subtropical) ของโลก ทำให้มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง ประกอบด้วยสังคมพืชและสัตว์หลากชนิด สังคมพืชประกอบด้วยไม้ต้นและไม้พุ่มเจริญเติบโตในพื้นที่ระหว่างระดับน้ำทะเลปานกลางและระดับน้ำทะเลท่วมถึงสูงสุด ป่าชายเลนจึงเป็นสังคมพืชที่อยู่ในสภาวะที่มีน้ำขึ้นน้ำลง พันธุ์ไม้ป่าชายเลนเจริญเติบโตได้ตามชายฝั่งทะเลที่มีน้ำเค็มจนถึงน้ำกร่อยท่วมถึงและมีการปรับตัวทางโครงสร้างและลักษณะทางสรีรวิทยาให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม แสดงให้เห็นว่าป่าชายเลนเป็นสังคมพืชที่มีลักษณะพิเศษที่แตกต่างจากป่าบกชนิดอื่น นอกจากนี้ป่าชายเลนยังมีความสำคัญในการเป็นแหล่งอาหาร แหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งวางไข่และแหล่งอนุบาลตัวอ่อนของสัตว์ทะเลจำพวกกุ้ง หอย ปู และปลา ป่าชายเลนเป็นสังคมพืชที่อยู่ท่ามกลางความผันแปรของปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปัจจัยภูมิประเทศชายฝั่ง ภูมิอากาศ ความเค็มของน้ำทะเล กระแสน้ำขึ้นน้ำลง คุณภาพน้ำและการสะสมของตะกอน การแบ่งเขตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน เป็นต้น เนื่องจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมดังกล่าวมีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศป่าชายเลน (สนิท อักษรแก้ว, 2541)



รูปที่ 2 ป่าชายเลนที่ขึ้นอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล
ที่มา : Kjerfve (1990)

2.2 ระบบนิเวศป่าชายเลน

ระบบนิเวศป่าชายเลนประกอบด้วยองค์ประกอบสิ่งที่มีชีวิต (Biotic component) และองค์ประกอบสิ่งที่ไม่มีชีวิต (Abiotic component) ที่มีความสัมพันธ์กันเกี่ยวข้องกับการหมุนเวียนและการถ่ายทอดพลังงานและธาตุอาหาร องค์ประกอบสิ่งมีชีวิต แบ่งกลุ่มตามการถ่ายทอดพลังงานในห่วงโซ่อาหาร (Trophic level) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้ผลิต (Autotrophs) กลุ่มผู้บริโภค (Heterotrophs) ได้แก่ ผู้บริโภคลำดับแรก (First order consumer) ผู้บริโภคอันดับสอง (Second order consumer) ผู้บริโภคอันดับสาม (Third order consumer) และผู้บริโภคอันดับสูงสุด (Top consumer) และกลุ่มสุดท้ายคือกลุ่มผู้ย่อยสลาย (Decomposers) องค์ประกอบสิ่งไม่มีชีวิตแบ่งตามกลุ่มปัจจัยแวดล้อม ประกอบด้วยธาตุอนินทรีย์พื้นฐาน สารประกอบอนินทรีย์ สารประกอบอินทรีย์ และปัจจัยทางกายภาพ เช่น ความชื้น ลม กระแสน้ำ และพลังงานจากดวงอาทิตย์ (สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน & รุ่งสุริยา บัวสาลี, 2554) ในการถ่ายทอดพลังงานในห่วงโซ่อาหาร เริ่มจากผู้ผลิตพวกพืชและสาหร่ายในป่าชายเลน ใช้แสงจากดวงอาทิตย์มาสร้างอาหารด้วยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง พืชป่าชายเลนได้รับธาตุอาหารที่มาจากดินและการพัดมาของคลื่นและกระแสน้ำมาใช้เพื่อการเจริญโต เมื่อถึงช่วงเวลาหนึ่งพืชจะมีการหลุดร่วงของใบและกิ่ง รวมถึง ลำต้นและรากร่วงลงสู่พื้นดิน ผู้ย่อยสลายจะทำการย่อยสลายให้กลายเป็นอินทรียวัตถุ กลายเป็นธาตุอาหารให้แก่พืชและสัตว์เล็ก เช่น แพลงก์ตอน แบคทีเรีย ฟังไจและโปรโตซัว เมื่อพืชและสัตว์เล็กนี้เจริญเติบโต ต่อมาก็จะกลายเป็นอาหารของสัตว์ใหญ่ ได้แก่ กุ้ง หอย ปู และปลา สัตว์ใหญ่เหล่านี้มีการขับถ่ายของเสียออกมากลายเป็นอินทรียวัตถุให้แก่พืชอีกทอดหนึ่ง ลักษณะการกินต่อกันเป็นทอด ๆ เรียกว่า ห่วงโซ่

อาหาร (Food chain) และเมื่อมีการกินต่อกันหลาย ๆ ห่วงโซ่อาหาร เป็นการกินอย่างสลับซับซ้อน เรียกว่า สายใยอาหาร (Food web) สัตว์น้ำต่าง ๆ เมื่อมีขนาดใหญ่ขึ้นบางส่วนจะลงสู่ทะเล มนุษย์จับสัตว์น้ำเหล่านี้มาเป็นอาหาร บริเวณป่าชายเลนจึงเป็นแหล่งผลิตอาหารที่สำคัญของโลก (สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2541)

2.3 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมของป่าชายเลน

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมมีบทบาทสำคัญในการดำรงชีวิตของพืชป่าชายเลนและสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เป็นตัวควบคุมลักษณะโครงสร้างของป่าชายเลน เช่น ชนิดพันธุ์ การกระจาย และการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ ปัจจัยสิ่งแวดล้อมของป่าชายเลยที่สำคัญสามารถจำแนกได้ 8 ประเภท (สนิท อักษรแก้ว, 2542) ดังนี้

2.3.1 ภูมิประเทศชายฝั่งทะเล

ป่าชายเลนสามารถพบได้บริเวณชายฝั่งทะเลที่เป็นดินเลนและมีน้ำทะเลท่วมถึงอย่างสม่ำเสมอ ลักษณะภูมิประเทศชายฝั่งทะเลมีลักษณะเป็นชายทะเลแคบ ๆ ใกล้เกาะภูเขาสูง ลักษณะภูมิประเทศชายฝั่งที่มีลักษณะทะเลกว้างและมีขนาดใหญ่ เนื่องมาจากมีน้ำทะเลท่วมถึง ลักษณะภูมิประเทศชายฝั่งทะเลที่มีลักษณะพบอยู่บริเวณปากอ่าว มีแม่น้ำไหลมารวมกันหลายสาย เนื่องจากในน้ำทะเลมีธาตุอาหารที่อุดมสมบูรณ์ ทำให้ป่าชายเลนขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น

2.3.2 ภูมิอากาศ

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับภูมิอากาศ ได้แก่ แสง อุณหภูมิ ฝน และลม

แสง มีความสำคัญต่อพืช เนื่องจากพืชนำแสงมาใช้สร้างอาหารเพื่อการเจริญเติบโตด้วยวิธีการสังเคราะห์ด้วยแสง พันธุ์ไม้ป่าชายเลนเป็นกลุ่มไม้ที่ต้องการแสงมาก โดยมีความเข้มของแสงที่เหมาะสมประมาณ 3000-3800 กิโลแคลอรี่ต่อตารางเมตรต่อวัน หากได้รับแสงน้อยจะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตช้าและส่งผลต่อการสืบพันธุ์ของพืช

อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อขบวนการทางสรีรวิทยาของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน ได้แก่ การสังเคราะห์ด้วยแสงและการหายใจ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิต

ฝน ป่าชายเลนสามารถเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีน้ำฝนประมาณ 1500-3000 มิลลิเมตรต่อปี มีระยะเวลาที่ฝนตก 8-10 เดือน/ปี ระยะเวลาที่ฝนตกและการกระจายของฝน มีผลต่อการกระจายและการเจริญเติบโตต่อไม้ป่าชายเลน

ลม เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตกและการกระจายของฝน มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน และบริเวณที่มีลมแรงจะทำให้ต้นไม้แคระแกรน รูปทรงผิดปกติ พืชชายเลนมีการระเหยของน้ำและการคายน้ำเพิ่มขึ้น ความเร็วของกระแสน้ำและคลื่นทำให้ดินชายฝั่งเกิดการพังทลาย

2.3.3 น้ำขึ้น-น้ำลง

เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการแบ่งเขตการขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้หรือสัตว์น้ำป่าชายเลน และการแพร่กระจายของพันธุ์ไม้ บริเวณที่มีน้ำท่วมถึงเกือบตลอดเวลา พันธุ์ไม้ที่พบ คือ โกงกางใบใหญ่ บริเวณที่มีน้ำท่วมถึงในช่วงน้ำขึ้นสูงปกติ พันธุ์ไม้ที่พบ คือ แสมขาว แสมทะเล ลำพูทะเล และโกงกางใบเล็ก บริเวณที่น้ำท่วมถึงในช่วงน้ำขึ้นสูงสุด พันธุ์ไม้ที่พบ คือ ไม้ถั่ว ตะบูน และพังกาหัวสุมดอกแดง

น้ำขึ้นน้ำลงมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม เมื่อน้ำทะเลขึ้นค่าปริมาณความเค็มของน้ำห่างจากชายฝั่งจะสูงขึ้น ขณะที่น้ำทะเลลดลงค่าปริมาณความเค็มของน้ำทะเลจะลดต่ำลง ระยะเวลาของน้ำขึ้นน้ำลง มีผลต่อลักษณะโครงสร้างของป่าชายเลน ป่าชายเลนที่มีน้ำขึ้นน้ำลงวันละครั้งหรือแบบน้ำเดี่ยว (Diurnal tide) จะมีลักษณะโครงสร้างและความอุดมสมบูรณ์แตกต่างจากป่าชายเลนที่มีน้ำขึ้นน้ำลงวันละสองครั้งหรือแบบน้ำคู่ (Semi-diurnal tide) และแตกต่างจากน้ำขึ้นน้ำลงแบบผสม (Mixed tide) ผลต่างของน้ำขึ้นและน้ำลง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะพันธุ์ไม้ โดยเฉพาะระบบราก ผลต่างกว้าง พืชมีระบบรากค้ำจุนสูงจากระดับผิวดินมาก รากหายใจมีขนาดใหญ่ พันธุ์ไม้ที่พบคือ ไม้แสม ลำพู และลำแพน ผลต่างแคบ พืชมีระบบรากค้ำจุนสูงจากระดับผิวดินต่ำราก หายใจขนาดเล็กและสูงจากพื้นดินเล็กน้อย ระบบรากที่แตกต่างกันนี้ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์นานาชนิดที่อาศัยอยู่ตามบริเวณรากแตกต่างกันด้วย

2.3.4 คลื่นและกระแสน้ำ

คลื่นและกระแสน้ำมีอิทธิพลโดยตรง คือ การแพร่กระจายของพันธุ์ไม้ในพันธุ์ไม้สกุลโกงกาง ผลมีลักษณะเป็นฝักร่วงหล่นจากต้นหรือไหลตามกระแสน้ำปักฝักลงดินและเจริญเติบโตมีการแพร่กระจายโดยการพัดพาของคลื่นและกระแสน้ำพันธุ์ไม้ป่าชายเลนจะแพร่ขยายพันธุ์ในที่สุด และโดยทางอ้อม คือ การตกตะกอนทับถมเป็นดินเลน โดยกระแสน้ำทำให้เกิดการพัดพาตะกอนแล้วยังพัดพาธาตุอาหารจากชายฝั่งไปสู่ทะเล

2.3.5 ความเค็มของน้ำ

ความเค็มของน้ำและความเค็มของน้ำในดิน เป็นปัจจัยที่สำคัญในการเจริญเติบโต การรอดตาย และการแบ่งเขตการขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน โดยปกติป่าชายเลนสามารถขึ้นอยู่และเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณน้ำกร่อยที่มีน้ำเค็มประมาณร้อยละ 10-30 และความเค็มของน้ำในดินระหว่างร้อยละ 10-30 พันธุ์ไม้ป่าชายเลนหลายชนิดสามารถเจริญเติบโตและทนทานได้ในพื้นที่ที่มีค่าความเค็มของน้ำสูง

2.3.6 ออกซิเจนละลายน้ำ

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ในป่าชายเลน โดยเฉพาะการหายใจและการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชในป่าชายเลน โดยเฉพาะพวกที่มีรากหายใจ เช่น ไม้แสม ลำพู และลำแพน ต้องอาศัยออกซิเจนละลายในน้ำช่วยหายใจเป็นอย่างมาก

ขบวนการย่อยสลายของเศษใบไม้หรืออินทรียสารจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นสำคัญ

2.3.7 ดิน

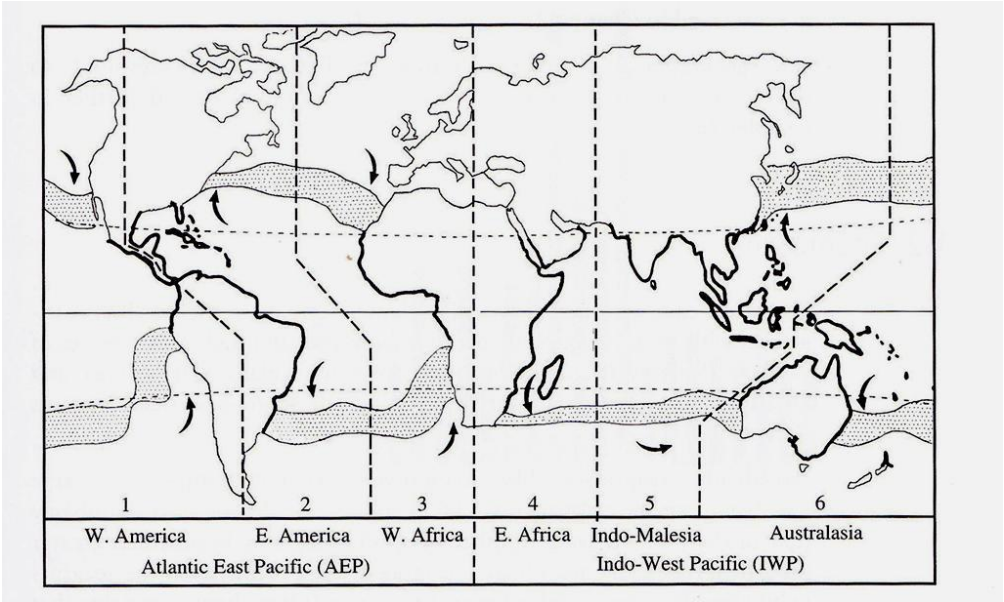
ดินในป่าชายเลนเกิดจากการทับถมของตะกอนที่ไหลมากับน้ำรวมทั้งสารแขวนลอยและอินทรีย์สารต่าง ๆ ดินในป่าชายเลนเป็นปัจจัยสำคัญที่มีส่วนในการเจริญเติบโตและการกระจายของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน เช่น โกงกางใบใหญ่สามารถขึ้นได้ดีในดินเลนลึก แสมและพังกาหัวสุมขึ้นได้ดีในพื้นที่ดินเลนปนทราย จากการศึกษาของ Aksornkoae et al. (1978) พบว่า ลักษณะหรือสมบัติดินทั้งกายภาพและเคมีภาพจะแตกต่างกันตามการแบ่งเขตการขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้และแตกต่างจากดินที่อยู่ภายนอกป่าชายเลน

2.3.8 ธาตุอาหาร

ธาตุอาหารเป็นสิ่งจำเป็นในการรักษาความสมดุลของนิเวศป่าชายเลน ธาตุอาหารในป่าชายเลนแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ อนินทรีย์สาร ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม และอินทรีย์สาร เป็นธาตุอาหารที่ได้จากสิ่งมีชีวิต ซากพืช ซากสัตว์ โดยผ่านขั้นตอนต่าง ๆ ในการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์

2.4 การกระจายป่าชายเลนทั่วโลก

ป่าชายเลนทั่วโลกมีพื้นที่ประมาณ 150,000 ตารางกิโลเมตร ประเทศที่มีป่าชายเลนมีจำนวน 123 ประเทศ ตั้งอยู่ในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 30 องศาด้านเหนือของระนาบเส้นศูนย์สูตรและละติจูดที่ 30 องศาด้านใต้ของระนาบเส้นศูนย์สูตร (Das, 2014; Vannucci, 2001) ป่าชายเลนทั่วโลกมีพื้นที่น้อยกว่าป่าดิบชื้นทั่วโลกเพียง ร้อยละ 1 และมีพื้นที่น้อยกว่าป่าบกชนิดอื่นๆ เพียงร้อยละ 0.4 (Duke, 1992; Van Lavieren et al., 2012)แบ่งป่าชายเลนออกเป็น 2 พื้นที่ คือ ครึ่งโลกด้านตะวันออก คือ อินโดแปซิฟิกตะวันตก ประกอบด้วย แอฟริกาตะวันออก อินโดมาเลเซีย และออสเตรเลีย ครึ่งโลกด้านตะวันตก คือ แอตแลนติกแปซิฟิกตะวันออก ประกอบด้วย อเมริกาตะวันตก อเมริกาตะวันออก และแอฟริกาตะวันตก โดยครึ่งโลกด้านตะวันออก คือ พื้นที่ที่เป็นจุดกำเนิดของป่าชายเลน ด้วยเหตุนี้จึงเรียกแถบนี้ว่า ป่าชายเลนโลกเก่า (Old world mangroves) และครึ่งโลกด้านตะวันตก เรียกว่า ป่าชายเลนโลกใหม่ (New world mangroves) (รูปที่ 3) พื้นที่ที่มีป่าชายเลนทั่วโลกมากที่สุดพบอยู่ในแถบเอเชีย แอฟริกา และอเมริกา (อเมริกาใต้และอเมริกากลาง) (Saranraj & Sujitha, 2015; Selvam & Kathiresan, 2010)



รูปที่ 3 การกระจายป่าชายเลนทั่วโลก

ที่มา : Duke (1992)

Spalding, Kainuma, and Collins (2010) แบ่งการกระจายพื้นที่ของป่าชายเลนทั่วโลกออกเป็น ดังนี้ แอฟริกาตะวันตกและแอฟริกากลาง แอฟริกาตะวันออกและแอฟริกาใต้ ออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ เอเชียใต้ อเมริกาเหนือและอเมริกากลาง อเมริกาใต้ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มหาสมุทรแปซิฟิก ตะวันออกกลาง และเอเชียตะวันออก สวนพฤกษศาสตร์ป่าชายเลนนานาชาติ ร.9 แบ่งพื้นที่ที่มี ป่าชายเลนทั่วโลกออกเป็น 9 โซน ดังนี้

โซนอเมริกาเหนือ (North America) รวมพื้นที่ของอเมริกาเหนือและอเมริกากลาง มีพื้นที่ป่าชายเลนรวมประมาณ 22,402 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 14.7 ของป่าชายเลนทั่วโลก พบในประเทศต่าง ๆ เช่น สหรัฐอเมริกา สหรัฐเม็กซิโก สาธารณรัฐคิวบา สาธารณรัฐโดมินิกัน จาเมกา สาธารณรัฐกัวเตมาลา สาธารณรัฐฮอนดูรัส สาธารณรัฐเอลซัลวาดอร์ และสาธารณรัฐปานามา เป็นต้น

โซนเมริกาใต้ (South America) มีพื้นที่ป่าชายเลนรวมประมาณ 23,883 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 15.7 ของป่าชายเลนทั่วโลก พบในประเทศต่าง ๆ เช่น สาธารณรัฐโคลอมเบีย สาธารณรัฐเอกวาดอร์ สาธารณรัฐโบลีวาร์แห่งเวเนซุเอลา สาธารณรัฐสหกรณ์กายอานา สาธารณรัฐซูรินาม สหพันธ์สาธารณรัฐบราซิล เป็นต้น

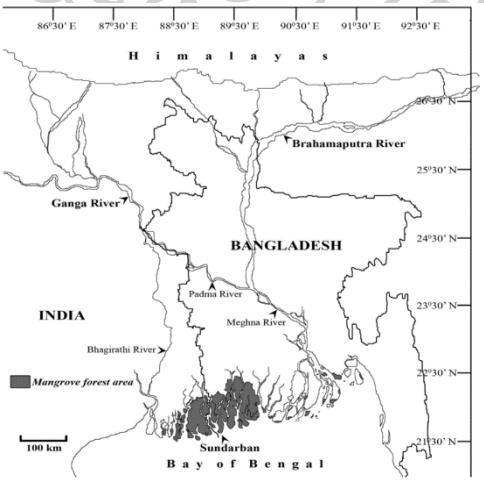
โซนแอฟริกาตะวันตก (West Africa) รวมพื้นที่ของแอฟริกาตะวันตกและแอฟริกากลาง มีพื้นที่ป่าชายเลนรวมประมาณ 20,040 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 13.2 ของป่าชายเลนทั่วโลก พบในประเทศต่าง ๆ เช่น สาธารณรัฐแกมเบีย สาธารณรัฐกินี สาธารณรัฐไลบีเรีย สาธารณรัฐกานา

สหพันธ์สาธารณรัฐไนจีเรีย สาธารณรัฐแคเมอรูน สาธารณรัฐกาบอง สาธารณรัฐประชาธิปไตยคองโก และสาธารณรัฐแองโกลา เป็นต้น

โซนแอฟริกาตะวันออก (East Africa) รวมพื้นที่ของแอฟริกาตะวันออกและแอฟริกาใต้ มีพื้นที่ป่าชายเลนรวมประมาณ 7,197 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 5.2 ของป่าชายเลนทั่วโลก พบในประเทศต่าง ๆ เช่น สาธารณรัฐเคนยา สหสาธารณรัฐแทนซาเนีย สาธารณรัฐโมซัมบิก และสาธารณรัฐแอฟริกาใต้ เป็นต้น

โซนเอเชียใต้และตะวันออกกลาง (South Asia and Middle East) มีพื้นที่ป่าชายเลนของเอเชียใต้ ประมาณ 10,344 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.8 และตะวันออกกลาง มีพื้นที่ป่าชายเลนประมาณ 624 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.4 รวมทั้งหมดมีพื้นที่ป่าชายเลนประมาณ 10,968 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 7.2 ของป่าชายเลนทั่วโลก พบในประเทศต่างๆ เช่น ราชอาณาจักรซาอุดิอาระเบีย สาธารณรัฐเยเมน สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ รัฐสุลต่านโอมาน สาธารณรัฐอิสลามอิหร่าน สาธารณรัฐอิสลามปากีสถาน สาธารณรัฐอินเดีย สาธารณรัฐสังคมประชาธิปไตยศรีลังกา สาธารณรัฐประชาชนบังกลาเทศ รวมถึงสาธารณรัฐอาหรับอียิปต์และรัฐเอริเทรีย เป็นต้น

ซันดาร์บานส์ (หมายถึง “ป่าอันสวยงาม”) ซึ่งเป็นป่าชายเลนที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่บริเวณอ่าว- เบงกอล มีพื้นที่ประมาณ 10,000 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของพื้นที่ป่าชายเลนทั่วโลกได้รับการประกาศโดยองค์การการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (UNESCO) ให้เป็นพื้นที่มรดกโลก (World Heritage Site) เป็นการแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของระบบนิเวศป่าชายเลนได้อย่างเด่นชัด (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 ป่าชายเลนซันดาร์บานส์

ที่มา : Naskar and Palit (2015)

โซนเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Southeast Asia) มีพื้นที่ป่าชายเลนรวมประมาณ 51,049 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 33.5 ของป่าชายเลนทั่วโลก พบในประเทศต่าง ๆ เช่น สาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า ราชอาณาจักรไทย มาเลเซีย สาธารณรัฐสิงคโปร์ ราชอาณาจักรกัมพูชา สาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม สาธารณรัฐอินโดนีเซีย เนการา บรูไนดารุสซาลาม สาธารณรัฐฟิลิปปินส์ และสาธารณรัฐประชาธิปไตยติมอร์เลสเต เป็นต้น

จากพื้นที่รวมของป่าชายเลนทั่วโลก ประเทศอินโดนีเซีย เป็นประเทศที่มีพื้นที่ป่าชายเลนมากที่สุดในโลก เมื่อเทียบกับประเทศอื่น ๆ โดยมีพื้นที่ประมาณ 45,400 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 30.27 ของป่าชายเลนทั่วโลก

โซนเอเชียตะวันออก (East Asia) มีพื้นที่ป่าชายเลนรวมประมาณ 215 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.1 ของป่าชายเลนทั่วโลก พบในประเทศต่าง ๆ เช่น สาธารณรัฐเกาหลี สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนเกาหลี และญี่ปุ่น เป็นต้น

โซนออสเตรเลียและหมู่เกาะแปซิฟิก (Australia and Pacific Islands) มีพื้นที่ป่าชายเลนรวมประมาณ 15,888 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 10.5 ของป่าชายเลนทั่วโลก พบในประเทศต่าง ๆ เช่น เครือรัฐออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ รัฐเอกราชปาปัวนิวกินี หมู่เกาะโซโลมอน และสาธารณรัฐฟิจิ เป็นต้น

โซนประเทศไทย (THAILAND) ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าชายเลนประมาณ 2,600 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.7 ของพื้นที่ป่าชายเลนทั่วโลก ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าชายเลนทั้งหมด 24 จังหวัด คือ ตราด จันทบุรี ระยอง ชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา ปัตตานี นราธิวาส ระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และสตูล (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2561)

2.5 การกระจายตัวป่าชายเลนในประเทศไทย

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (2555) จัดทำสถานภาพป่าชายเลน โดยแบ่งเขตพื้นที่ป่าชายเลนออกเป็น 6 พื้นที่ ตามสภาพภูมิประเทศ และลักษณะความคล้ายคลึงของสังคมพืช ดังนี้ (รูปที่ 5)

อ่าวไทยฝั่งตะวันออก ได้แก่ ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด

อ่าวไทยตอนบน ได้แก่ เพชรบุรี สมุทรสงคราม สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร และสมุทรปราการ

อ่าวไทยตอนกลาง ได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช

อ่าวไทยตอนล่าง ได้แก่ พัทลุง สงขลา ปัตตานี และนราธิวาส

ทะเลอันดามันตอนบนในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล ได้แก่ ระนองและพังงา ในส่วนของอำเภอคุระบุรี ท้ายเหมืองและตะกั่วป่า และบริเวณพื้นที่อ่าวพังงา ได้แก่ ภูเก็ต พังงาส่วนที่เหลือและกระบี่

ทะเลอันดามันตอนล่าง ได้แก่ ตรังและสตูล

รูปที่ 5 การกระจายป่าชายเลนในประเทศไทย

ที่มา : สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน and รุ่งสุริยา บัวสาลี (2554)

2.6 สภาพป่าชายเลนในประเทศไทย

ป่าชายเลนในประเทศไทยพบได้ในบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยและชายฝั่งทะเลอันดามัน โดยสามารถแบ่งสภาพป่าชายเลนออกเป็น 3 สภาพ (ณิฏฐารัตน์ และคณะ, 2557) ดังนี้

2.6.1 ป่าชายเลนเสื่อมโทรม

ป่าชายเลนเสื่อมโทรมเป็นป่าชายเลนที่ในอดีตมีการตัดไม้ป่าชายเลนเพื่อทำนากุ้ง ทำให้เกิดการสูญเสียพื้นที่ป่าชายเลน ในปัจจุบันป่าเสื่อมโทรมที่เกิดจากการทำนากุ้งได้รับการฟื้นฟูให้เป็นป่าชายเลนอีกครั้ง โดยการปลูกป่าชายเลนขึ้นใหม่ มีสาเหตุมาจากความล้มเหลวจากการทำนากุ้งที่ก่อให้เกิดโรคหรือน้ำเสียขึ้น อีกสาเหตุหนึ่งมาจากการตัดไม้ทำลายป่าชายเลน เพื่อนำไม้มาใช้ในการก่อสร้างบ้านเรือน ทำฟืน ทำถ่านและทำเครื่องมือประมงบางประเภท เมื่อป่าชายเลนถูกทำลายจากการตัดไม้ทำลายป่า โดยเฉพาะมีการตัดไม้ขนาดโตเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ป่าชายเลนมีเหลือเฉพาะไม้ขนาดเล็กเป็นจำนวนค่อนข้างมาก ไม้ขนาดโตมีจำนวนน้อยและอยู่อย่างกระจัดกระจาย ส่วนใหญ่จะเป็นไม้โกงกาง ไม้แสม และไม้ตะบูน ป่าเสื่อมโทรมนี้ สามารถฟื้นตัวขึ้นได้ หากไม่มีสิ่งใดมารบกวน ต้องใช้เวลานานจึงฟื้นตัวกลับสู่สภาพป่าชายเลนเดิมได้ ป่าชายเลนเสื่อมโทรมจะถูกฟื้นฟูโดยการปลูกป่าเสริมทดแทนเพิ่มเติม ซึ่งจะฟื้นตัวเร็วขึ้นต้องใช้ชนิดไม้ที่เหมาะสมในการปลูกตามสภาพพื้นที่

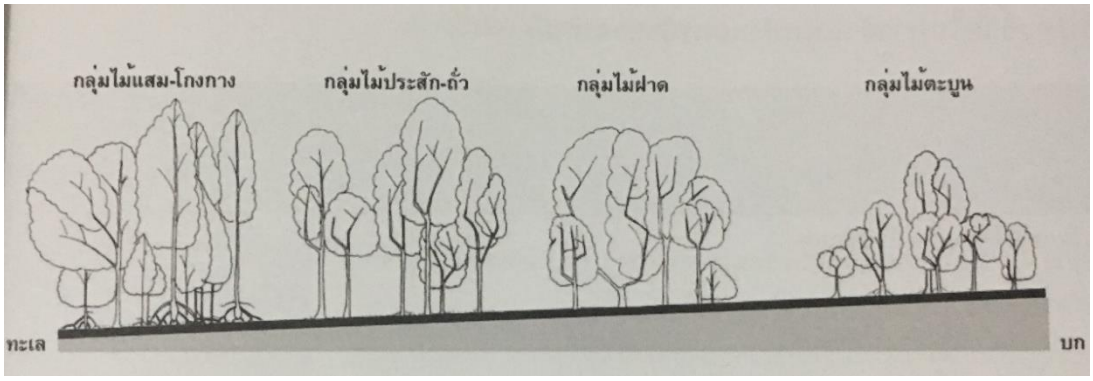
2.6.2 ป่าชายเลนกำลังพัฒนา

ป่าชายเลนกำลังพัฒนาเป็นป่าชายเลนที่ฟื้นตัวตามธรรมชาติ เพื่อฟื้นฟูให้กลับสู่สภาพป่าที่สมบูรณ์ต่อไป เป็นระยะของการทดแทนสังคมพืช ป่าที่กำลังพัฒนาเกิดขึ้นได้ในพื้นที่ 2 ลักษณะ คือ พื้นที่ที่ไม่เคยเป็นป่าชายเลนมาก่อน และพื้นที่ที่เคยเป็นป่าชายเลนมาก่อนแต่ถูกทำลาย ป่าชายเลนทั้งสองพื้นที่ดังกล่าวมีอัตราการฟื้นตัวและมีระยะเวลาที่ต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของไม้ป่าชายเลน ป่าชายเลนที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ที่ไม่เคยมีป่าชายเลนมาก่อนหรือเป็นพื้นที่ใหม่ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่หาดเลนงอกใหม่จซึ่งเกิดจากการทับถมของตะกอนดินทั้งจากบนบกและทะเล การเกิดป่าชายเลนประเภทนี้เริ่มต้นจากไม้เบิกนำจะเข้ามายึดพื้นที่ก่อน ไม้เบิกนำที่สำคัญ ได้แก่ กลุ่มไม้แสม เช่น แสมขาว และแสมทะเลหรือแสมดำ เนื่องจากไม้แสมเป็นไม้ที่มีระบบรากที่พิเศษสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตขึ้นอยู่บนพื้นที่ได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเมล็ดแสมมาติดดินเลนจะงอกรากยึดผิวดิน เรียกว่า “รากยึดผิวดิน” ขนานไปกับพื้นดินในเวลา 1-3 วัน หลังจากนั้นอีก 3-4 วัน จะงอกรากยึดลงลึกในดิน เรียกว่า “รากยึดใต้ดิน” และอีก 4-5 วัน จะงอก “รากหายใจ” งอกมาจากรากยึดผิวดินตั้งเป็นแนวดิ่งกับผิวดิน และภายใน 4-5 วัน จะแตกใบอ่อน 1 คู่ และเจริญเติบโตตั้งตัวได้ เมื่อไม้แสมสามารถขึ้นหนาแน่นมากขึ้น รากหายใจของรากแสมก็จะดักดินเลนให้สะสมปริมาณมากขึ้นและเหมาะกับไม้กลุ่มโกงกาง เช่น โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก ไม้กลุ่มนี้มีฝักร่วงหล่นจากต้นหรือไหลตามกระแสน้ำ ปักฝักลงดินและเจริญเติบโต หลังจากนั้นมีไม้ป่าชายเลนชนิดอื่น ๆ เข้ามาเจริญเติบโตในบริเวณนี้ ป่าชายเลนพัฒนามีลักษณะเป็นป่าที่กำลังปรับตัว

และเจริญเติบโต และไม้ส่วนใหญ่มีขนาดเล็กเป็นจำนวนมากและมีความหนาแน่นค่อนข้างสูง โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งทะเลที่ดินมีลักษณะเป็นดินเลน นอกจากนี้ยังพบป่าประเภทนี้บริเวณชายฝั่งทะเลที่เป็นดินทรายปนเลน ไม้เบิกนำเป็นไม้พวกลำพู-ลำแพน เมื่อไม้ลำพู-ลำแพน งอกรากหายใจจะมีหน้าที่ดักเลนและสะสมไว้ เมื่อมีปริมาณดินเลนสะสมเพิ่มมากขึ้น กลุ่มไม้โกงกางสามารถเจริญเติบโตได้ เมื่อดินปรับสภาพต่อไป ไม้ป่าชายเลนประเภทอื่นสามารถขึ้นเจริญเติบโตได้ และเมื่อระยะเวลานานขึ้น ป่าชายเลนปรับตัวขึ้นอยู่ในลักษณะการแบ่งเขตการขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้อย่างชัดเจน เหมือนป่าชายเลนธรรมชาติที่สมบูรณ์ต่อไป

2.6.3 ป่าชายเลนสมบูรณ์

ป่าชายเลนสมบูรณ์เป็นป่าที่เกิดขึ้นมาตามธรรมชาติและมีการพัฒนาและปรับตัวเป็นระยะเวลานานพอสมควรประมาณ 10-15 ปี จนถึงระยะที่เรียกว่า “ขั้นไคลแมกซ์” เป็นระยะที่ป่าสามารถปรับความสมดุลตามธรรมชาติได้ และหากไม่มีสิ่งใดมารบกวน จากปัจจัยด้านกายภาพ เช่น ลมพายุ หรือปัจจัยด้านชีวภาพ เช่น โรค แมลงต่างๆ หรือกิจกรรมจากการกระทำของมนุษย์ ความสมดุลจะเกิดขึ้นอย่างยั่งยืนตลอดไป เนื่องจากสภาพป่าชายเลนที่สมดุลนั้น มีกฎเกณฑ์ธรรมชาติที่ต้องทำหน้าที่อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น จุลินทรีย์ สัตว์เล็ก ๆ ในป่าชายเลนมีหน้าที่ในการย่อยสลายใบไม้ที่ร่วงหล่นลงสู่พื้นดินกลายเป็นธาตุอาหารและมีกฎเกณฑ์ในการซ่อมแซม เช่น เมื่อต้นไม้ใหญ่โตเต็มที่ต้องหักโค่นล้มทำให้ป่ามีช่องว่าง ลูกไม้เล็ก ๆ เข้ามาทดแทนในพื้นที่และเจริญเติบโตเป็นไม้ใหญ่ ป่าชายเลนสมบูรณ์มีลักษณะเด่นอีกประการหนึ่ง คือ การขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้ โดยทั่วไปจะขึ้นเป็นเขตพันธุ์ไม้ชัดเจนในแต่ละพื้นที่ แตกต่างกันตามสภาพพื้นที่และปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น การท่วมถึงของระดับน้ำทะเลในพื้นที่ ความถี่และระยะเวลาการท่วมถึงของน้ำทะเลแต่ละพื้นที่ สภาพของดินและความเค็ม รวมถึงลักษณะพิเศษของการปรับตัวของพันธุ์ไม้ทั้งระบบรากและระบบการสืบพันธุ์ ป่าชายเลนสมบูรณ์มีการแบ่งเขตการขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้จากพื้นที่ชายฝั่งทะเลจนถึงแนวหลังสุดของป่าชายเลน คือ กลุ่มไม้ที่พบบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล ได้แก่ กลุ่มไม้แสม กลุ่มไม้โกงกาง และกลุ่มไม้ ลำพู-ลำแพน ถัดจากกลุ่มนี้เป็นกลุ่มไม้พวกไม้ประสัก ไม้ถั่ว พื้นที่ถัดไปเป็นกลุ่มไม้โปรง ไม้ฝาด และกลุ่มสุดท้ายบริเวณพื้นที่แนวหลังสุดป่าชายเลน ได้แก่ กลุ่มไม้ตะบูน ไม้ตาตุ่ม และกลุ่มต้นเป้ง เป็นต้น (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 การขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนสภาพสมบูรณ์
ที่มา : ณิฏฐารัตน์ และคณะ (2557)

2.7 พืชพันธุ์ไม้ป่าชายเลน

ป่าชายเลน เป็นสังคมพืชที่ประกอบด้วยพรรณพืชหลากหลายชนิดและมีลักษณะพิเศษที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับปัจจัยสิ่งแวดล้อมได้

2.7.1 โครงสร้างป่าชายเลน

จำแนกป่าชายเลนตามรูปแบบที่ปรากฏ ลักษณะทางธรณีวิทยาและการไหลของน้ำเข้าสู่ป่าชายเลน แบ่งเป็น 6 ประเภท (สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน & รุ่งสุริยา บัวสาลี, 2554) ดังนี้

เกาะป่าชายเลน (Overwash forest) เกาะขนาดเล็กที่มีป่าชายเลนขึ้นครอบคลุมทั้งเกาะ น้ำจะท่วมถึงบ่อยครั้งสม่ำเสมอเนื่องจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง

ป่าชายเลนตามขอบชายฝั่ง (Fringing forest) พบเป็นแถบป่าชายเลนตามแนวชายฝั่งและน้ำจะท่วมถึงบ่อยครั้งเนื่องจากอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลง

ป่าชายเลนริมฝั่งแม่น้ำ (Riverine forest) เป็นป่าชายเลนที่พบตามริมฝั่งแม่น้ำและร่องน้ำ ที่ได้รับน้ำจืดจากการไหลมาจากต้นน้ำอย่างสม่ำเสมอ จัดเป็นป่าชายเลนที่มีความอุดมสมบูรณ์มาก

ป่าชายเลนในพื้นที่ชุ่มน้ำ (Basin forest) มักเป็นป่าชายเลนที่ค่อนข้างแคระแกรน มักพบตามพื้นที่ชุ่มน้ำ เช่น บึง ซึ่งเป็นพื้นที่อยู่ด้านในของป่าชายเลน

ป่าชายเลนบนโคกในพื้นที่ชุ่มน้ำ (Hammock forest) คล้ายกับป่าชายเลนในพื้นที่ชุ่มน้ำ แต่พื้นที่ส่วนที่เป็นป่าชายเลนขึ้นจะเป็นโคกเนินสูงขึ้นกว่าระดับของบึง

ป่าชายเลนแคระ (Scrub or Dwarf forest) เป็นป่าชายเลนที่แคระแกรน ต้นไม้สูงน้อยกว่า 1.50 ม. มักพบตามที่ราบชายฝั่งที่มีธาตุอาหารต่ำ

2.7.2 ประเภทของป่าชายเลน

การจำแนกประเภทของป่าชายเลนในประเทศไทยตามโครงสร้างของป่าชายเลน (สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน & รุ่งสุริยา บัวสาลี, 2554) ดังนี้

ป่าชายเลนที่อยู่บริเวณปากแม่น้ำหรือน้ำกร่อย

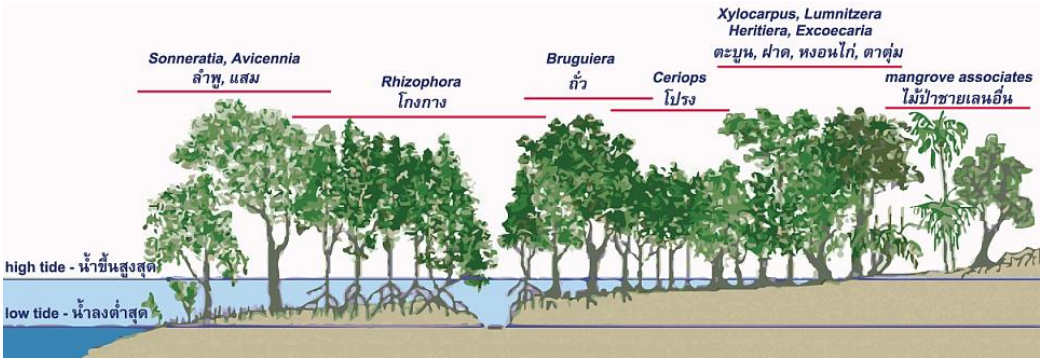
ป่าชายเลนประเภทนี้มักพบขึ้นอยู่ตามริมแม่น้ำและร่องน้ำที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดมาก โดยพื้นที่ป่าชายเลนด้านที่ติดกับทะเลจะมีต้นไม้ขึ้นอยู่หนาแน่น และมีจำนวนชนิดต้นไม้มากกว่าบริเวณที่ห่างจากทะเลขึ้นไป หรืออยู่ทางด้านต้นน้ำจืด ได้แก่ ป่าชายเลนในอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นป่าชายเลนที่ขึ้นอยู่ริมแม่น้ำใหญ่ คือ แม่น้ำปากพนัง คลองบางจากและคลองปากนคร ป่าชายเลนปากแม่น้ำกันตัง และแม่น้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง ป่าชายเลนในจังหวัดระนอง และจังหวัดพังงา เป็นต้น

ป่าชายเลนที่อยู่ริมทะเล

ป่าชายเลนประเภทนี้มักพบตามบริเวณชายฝั่งหรือปากแม่น้ำสายเล็ก ๆ ซึ่งได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดน้อย หรือมีน้ำจืดไหลลงสู่บริเวณป่าชายเลนในปริมาณน้อย น้ำในป่าชายเลนประเภทนี้ส่วนใหญ่เป็นน้ำทะเล พื้นที่ป่าชายเลนประเภทนี้ ได้แก่ ป่าชายเลนที่พบขึ้นตามเกาะต่าง ๆ ซึ่งมีบริเวณขนาดเล็ก

2.7.3 การแบ่งเขตพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน

ป่าชายเลนของประเทศไทยมีการแบ่งเขตการขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้ ซึ่งในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน เริ่มจากบริเวณริมชายฝั่งทะเลและปากแม่น้ำเป็นบริเวณที่มีกระแสน้ำขึ้นน้ำลงของน้ำทะเล สามารถพบไม้แสมและไม้ลำพู ซึ่งเป็นไม้เบิกนำขึ้นอยู่ โดยในบางพื้นที่อาจพบไม้โกงกางขึ้นอยู่ในบริเวณริมชายฝั่งแทน ถัดเข้ามาด้านในตอนกลางของป่าชายเลนพบไม้โกงกาง ไม้ถั่วและไม้โปรงตามลำดับ ส่วนด้านในสุดของป่าชายเลนซึ่งเป็นบริเวณที่ถูกน้ำทะเลท่วมได้เป็นบางครั้ง จะพบไม้ฝาดไม้ตะบูนและตาตุ่มขึ้นอยู่ (สนิท อักษรแก้ว, 2541) การแบ่งเขตการขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนจะแตกต่างไปจากการขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้ในป่าบกชนิดอื่นอย่างชัดเจน เนื่องมาจากอิทธิพลของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ กระแสน้ำขึ้นน้ำลง ความถี่ของการท่วมถึงของน้ำทะเลแต่ละพื้นที่ ลักษณะของดิน คุณภาพน้ำ ความเค็ม และการปรับตัวทางกายวิภาคของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด เป็นต้น (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 การแบ่งเขตพันธุ์ไม้ป่าชายเลน
ที่มา : กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (2558)

2.8 การปรับตัวของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนต่อสภาพแวดล้อม

ในสังคมพืชบริเวณป่าชายเลน พืชมีการปรับตัวทางโครงสร้างของพืช โดยบริเวณรากมีลักษณะต่าง ๆ ดังนี้ รากค้ำยัน (Prop root) รากหายใจ (Pneumatophore) และพูพอน (Buttress root หรือ Stilt root) เนื่องจากดินป่าชายเลนเป็นดินเลนอ่อน และใต้ผิวดินลงไปมีออกซิเจนไม่เพียงพอ ส่วนบริเวณลำต้นในเนื้อเยื่อมีสารแทนนิน (Tannin) ในเนื้อเยื่อสูง เพื่อการป้องกันอันตรายจากพวกเชื้อราต่าง ๆ บริเวณลำต้นมีช่องอากาศ (Lenticel) เพื่อช่วยในการแลกเปลี่ยนก๊าซบริเวณใบมีต่อมขับเกลือ (Salt glands) เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำมากเกินไป และทนทานต่อสภาวะที่ระดับความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ในใบสูง ใบมีลักษณะอวบน้ำ (Succulent leaves) เพื่อเก็บรักษาน้ำจืด แผ่นใบเป็นมันมีสารเคลือบ (Wax) และมีปากใบ (Stoma) ที่ผิวใบด้านล่าง ป้องกันการระเหยของน้ำจากส่วนของใบ ส่วนของผลจะงอกขณะที่ยังอยู่บนต้น (Vivipary) ซึ่งผลเหล่านี้ หลังจากที่หลุดจากต้นลงมาสู่พื้นดินแล้วสามารถเจริญเติบโตเป็นต้นไม้ได้ พันธุ์ไม้ป่าชายเลนมีลักษณะพิเศษหรือมีการปรับตัวเพื่อช่วยให้สามารถมีชีวิตรอดในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงซึ่งการปรับตัวนี้สามารถแบ่งออกได้ (สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน & รุ่งสุริยา บัวสาลี, 2554) ดังนี้

2.8.1 การปรับตัวให้เข้ากับสภาพความเค็ม

พันธุ์ไม้ป่าชายเลนมีวิธีการจัดการกับปริมาณเกลือที่มีอยู่สูงในปัจจัยแวดล้อมด้วยสามกลไกหลักและกลไกทั้งสามมีบทบาทร่วมกันอย่างซับซ้อน ดังนี้

ความทนทานต่อความเค็ม พันธุ์ไม้ป่าชายเลนมีความทนทานต่อการที่น้ำเลี้ยง (Sap) มีปริมาณความเข้มข้นของเกลือสูงกว่าพันธุ์ไม้ป่าบก

พันธุ์ไม้ป่าชายเลนสามารถลดการสะสมของเกลือภายในต้นไม้ โดยกระบวนการที่รากหลีกเลี่ยงการดูดเกลือ

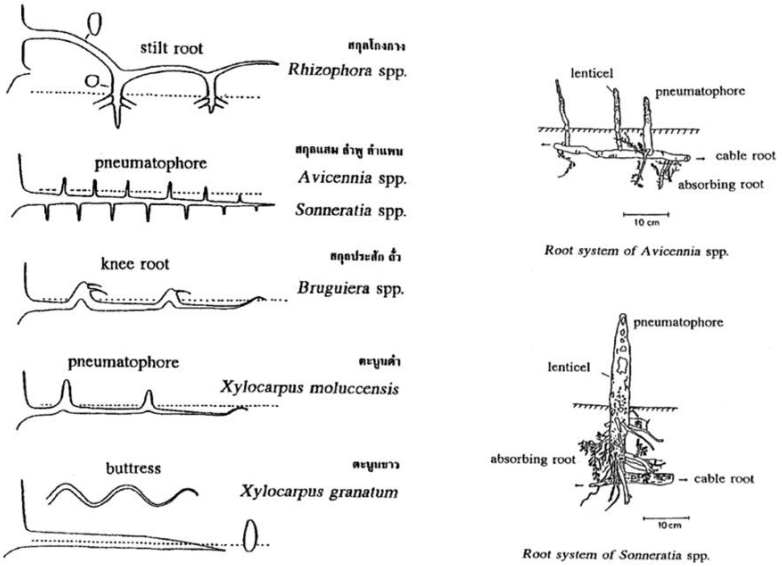
พันธุ์ไม้ป่าชายเลนมีกระบวนการขับเกลือออกทางใบและมีการพัฒนา Strong negative sap pressure ซึ่งกระบวนการทั้งหมดทำให้ส่วนยอดเจริญเติบโตมีความเข้มข้นของเกลือลดลง

ในพันธุ์ไม้ป่าชายเลนเจริญเติบโตได้ดีในน้ำทะเลที่เจือจาง มีความเค็มประมาณร้อยละ 15-20 พันธุ์ไม้ป่าชายเลนมีความเข้มข้นของเกลือ (โซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออน) ภายในเนื้อเยื่อสูงกว่าพันธุ์ไม้ป่าบกทั่วไปมาก เกลือที่มีความเข้มข้นไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์จำนวนมาก เอนไซม์ภายในเซลล์จึงมีการพัฒนาการป้องกันตนเอง โดยตัวเอนไซม์สร้างความทนทานต่อการยับยั้งส่วนหนึ่ง อีกส่วนหนึ่งเกลือถูกกระจายไปยังส่วนต่าง ๆ ภายในเซลล์ ส่งผลให้ของเหลวภายในแวคิวโอว (Vacuoles) ในเซลล์มีความเข้มข้นของเกลือมาก และเพื่อหลีกเลี่ยงสภาวะไม่สมดุลของกระบวนการออสโมซิส (Osmotic imbalance) ภายในเซลล์ ไอออนที่มีประจุลบซึ่งมีความเข้มข้นมากภายในแวคิวโอว จึงถูกทำให้สมดุลโดยสารละลายเข้มข้นที่ไม่มีประจุไอออน (Non-ionic solutes) ภายในไซโตพลาสซึม (Cytoplasm) โดยอาจมีสารต่าง ๆ เข้ามามีส่วนร่วม โดยเฉพาะไกลซีนบีเทน (Glycinebetaine) โพรลีน (Proline) และแมนนิทอล (Mannitol) (Hogarth, 1999 อ้างถึงใน สรายุทธ และรุ่งสุริยา, 2554) จากกระบวนการหลีกเลี่ยงการดูดเกลือและกระบวนการขับเกลือออก สามารถใช้แบ่งพันธุ์ไม้ป่าชายเลนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นพืชขับเกลือ (Salt secretors) ประกอบด้วย สกุลไม้แสม (*Avicennia* spp.) สกุลไม้เล็บมือนาง (*Aegiceras* spp.) และสกุลไม้เหงือกปลาหมอ (*Acanthus* spp.) เมื่อรากดูดน้ำเกลือจำนวนหนึ่งถูกดูดเข้าไปด้วย ในภายหลังจะมีความเข้มข้นขึ้นและถูกขับออกจากใบโดยต่อมขับเกลือ กลุ่มที่สองเป็นพืชหลีกเลี่ยงการดูดเกลือ (Salt excluders) ประกอบด้วย สกุลไม้โกงกาง (*Rhizophora* spp.) สกุลไม้พังกาหัวสุม (*Bruguiera* spp.) สกุลไม้โปรง (*Ceriops* spp.) และสกุลไม้ลำแพน (*Sonneratia* spp.) พันธุ์ไม้เหล่านี้รากหลีกเลี่ยงการดูดเกลือทำให้มีปริมาณเกลือเข้าไปในต้นพืชเพียงเล็กน้อย เนื่องจากมีเกลือเพียงเล็กน้อยในต้น พืชจึงมีการขับเกลือออกน้อยมาก เกลือส่วนเกินถูกเคลื่อนไปเก็บไว้ที่ใบ ซึ่งใบของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนส่วนใหญ่มีลักษณะเรียบ มีขนาดกลาง แผ่นใบมักมีรูปร่างตั้งแต่รูปทรงไข่ (Ovate) รูปทรงรี (Elliptic) แต่ส่วนใหญ่เป็นรูปทรงไข่หรือทรงไข่กลับด้าน (Obovate) การที่ป่าชายเลนขึ้นในดินเลนที่มีน้ำขึ้น-น้ำลง เป็นน้ำเค็ม มีแสงแดดจัด อุณหภูมิสูง และลมแรง ในทางสรีระถือว่าเป็นสภาวะแห้งแล้ง ใบของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนแต่ละชนิดจึงมีการพัฒนาโครงสร้างหลายอย่างแตกต่างกันเพื่อรับกับสภาพแห้งแล้ง เช่น มีเนื้อเยื่อชั้นผิว (Epidermis) ที่หนาและเคลือบด้วยไข มีต่อมขับเกลือ ปากใบยุบตัวลง (Sunken stomata) และมีการพัฒนาให้เนื้อเยื่อชั้นมีโซฟิลล์ (Mesophyll) ขยายตัวสามารถเก็บน้ำได้ดี ทำให้ใบมีลักษณะอวบน้ำ การอวบน้ำของใบผันแปรตามอายุของใบและความเค็มของพื้นที่ ลักษณะการอวบน้ำเกิดจากการขยายตัวของเซลล์ชั้นมีโซฟิลล์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ไม่ใช่การเพิ่มจำนวนเซลล์ เพื่อประโยชน์ในการเก็บน้ำและสะสมเกลือ อัตราการคายน้ำของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนค่อนข้างผันแปร

ระหว่างพันธุ์ไม้แต่ละชนิด พันธุ์ไม้ป่าชายเลนมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณใบที่ค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งปี การร่วงหล่นของใบสัมพันธ์กับการผลิใบใหม่ ดังนั้นจำนวนใบต่อกิ่งยอดจึงค่อนข้างคงที่ตลอดเวลา ใบในแต่ละช่อใบจะจัดเรียงตัวแบบสับหว่างทำให้ใบไม่ซ้อนทับกัน กิ่งที่อยู่ต่ำ หรือใต้เรือนยอดซึ่งมีปริมาณแสงน้อย แผ่นใบจะแผ่บานออก ก้านใบเกือบตั้งฉากกับกิ่งเพื่อรับแสงให้ได้มากที่สุด ในทางตรงกันข้ามส่วนเรือนยอดซึ่งรับแสงเต็มที่ ใบทำมุมแหลมกับกิ่งเพื่อลดการกระทบกับแสงโดยตรง ทำให้อุณหภูมิที่แผ่นใบไม่สูงจนเกินไป ส่งผลให้การคายน้ำลดลง (สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน & รุ่งสุริยา บัวสาลี, 2554)

2.8.2 การปรับตัวในดินเลนที่มีน้ำท่วมขัง

ป่าชายเลนมีน้ำท่วมขังอยู่เป็นประจำ เนื่องจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ทำให้ออกซิเจนในอากาศ ไม่สามารถแพร่กระจายลงสู่ดินได้ รากของต้นไม้ป่าชายเลนต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโต ดังนั้นต้นไม้จึงต้องพัฒนาวิธีการเพื่อที่รากได้รับออกซิเจน ต้นไม้ป่าชายเลนส่วนใหญ่จึงมีรากหายใจ (Pneumatophores) โผล่พ้นเหนือดิน (รูปที่ 8) ออกซิเจนจึงสามารถผ่านลงทางรากอากาศสู่รากที่อยู่ใต้ดินได้ ต้นไม้แต่ละชนิดจะมีรากที่มีลักษณะต่าง ๆ ประโยชน์หลักของระบบราก คือ ใช้ในการหายใจ แลกเปลี่ยนก๊าซของระบบรากใต้ดิน บริเวณส่วนฐานของรากหายใจซึ่งอยู่ระหว่างผิวดินและรากแขนง เป็นชั้นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์มีรากฝอยจำนวนมาก ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซและดูดธาตุอาหารในช่วงน้ำขึ้น เมื่อรากหายใจถูกน้ำท่วมต้นไม้ใช้ก๊าซที่เก็บไว้ในชั้นเนื้อเยื่อคล้ายฟองน้ำของรากแขนง เรียกว่า Spongy gas filled tissue เมื่อน้ำลง รากโผล่ขึ้นเหนือน้ำ รากดูดก๊าซโดยผ่านทางช่องอากาศ (Lenticel) จำนวนมาก เข้าไปในระบบทดแทนส่วนที่ถูกใช้ไป ช่องอากาศ มีความสำคัญต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซอย่างมาก ถ้าช่องอากาศของรากที่ลอยอยู่ในอากาศถูกอุดตันด้วยสิ่งสกปรก เช่น ถูกฉาบด้วยดินเลน ออกซิเจนภายในรากลดลงอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ สำหรับกลุ่มพันธุ์ไม้โกงกาง รากที่อยู่ใต้ดินได้รับก๊าซอย่างสม่ำเสมอ โดยผ่านทางช่องอากาศของรากค้ำยัน ภายในรากของไม้โกงกางจะมีโครงสร้างคล้ายกับท่อ (Column) ตามแนวดิ่ง ท่อดังกล่าวขยายตัวใหญ่ขึ้นเมื่อรากอยู่ใต้ดินเลน ท่อทำหน้าที่ส่งออกซิเจนลงไปในส่วนรากที่อยู่ใต้ดินเลน อากาศผ่านเข้ามาในท่อโดยผ่านทางช่องอากาศ ซึ่งเป็นรูขนาดเล็กจำนวนมาก รากบริเวณใกล้ผิวดินเลนมีช่องอากาศมากเป็นพิเศษ รากที่อยู่ใต้ดินเลนจะมีเนื้อเยื่อสำหรับเก็บก๊าซเป็นจำนวนมาก (สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน & รุ่งสุริยา บัวสาลี, 2554)



รูปที่ 8 ระบบรากของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน
ที่มา : วิพักตร์ และคณะ (2539)

2.8.3 การปรับตัวเพื่อพยุงลำต้นในดินเลนเปียก

ต้นไม้ป่าชายเลนเจริญเติบโตมีความสูงประมาณ 40 เมตร และเจริญเติบโตได้ดีในดินเลนนิ่ม ดังนั้นจึงถูกน้ำพัดให้ล้มลงได้ง่าย พรรณไม้ในป่าชายเลนจึงมีการปรับตัวหลาย ๆอย่าง เพื่อที่ให้ลำต้นยืนอยู่ได้ ต้นไม้ป่าชายเลน เช่น โกงกาง มีรากค้ำยันหรือรากพยุง (Prop roots) และรากหายใจ (Pneumatophores) รากเหล่านี้ห้อยจากลำต้นหรือกิ่งลงสู่ดิน ต้นไม้ป่าชายเลนบางชนิดมีระบบรากเคเบิล (Cable roots หรือ Pencil roots) รากชนิดนี้ออกมาครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่เพื่อช่วยพยุงลำต้นให้ยืนอยู่ได้ ส่วนต้นไม้ป่าชายเลนอื่น ๆ มีรากพูพอน (Buttress roots หรือ Stilt roots) ต้นไม้ป่าชายเลนที่หยั่งรากลงลึกหรือเจาะรากฝังแน่นในดินมีไม่กี่ชนิด ส่วนมากแล้วต้นไม้ป่าชายเลนมีรากฝังตื้น ๆ แต่อยู่อย่างหนาแน่น และอาจแผ่ปกคลุมเป็นพื้นที่กว้าง ต้นกล้าของต้นโกงกางจะมีส่วนเรดิเคิล (Radicle) ยาวสามารถพัฒนาเป็นรากยึดได้ดี แต่เมื่อต้นกล้าเริ่มตั้งตัวในดินเลน ส่วนของเรดิเคิลพัฒนาไปอีกเล็กน้อย บทบาทการทำหน้าที่ของรากถูกรับช่วงโดยระบบกิ่งก้านของรากที่พัฒนามาจากส่วนปลายสุดของรากค้ำจุน โดยรากนี้เจาะลึกลงใต้ดินประมาณ 1 ฟุต (สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน & รุ่งสุริยา บัวสาลี, 2554)

2.8.4 การปรับตัวให้ป่าชายเลนแพร่กระจายไปยังพื้นที่อื่น

ป่าชายเลนมีการแพร่กระจายเมล็ดพรรณหรือลูกหลานไปยังพื้นที่อื่น การแพร่กระจายแบบนี้ เรียกว่า Dispersion โดยต้นไม้ป่าชายเลนมีฝักเมล็ดที่สามารถลอยน้ำได้ ฝักของต้นไม้ป่าชายเลนบางชนิดสามารถเริ่มเติบโตในขณะที่ยังติดอยู่กับต้น โดยสามารถงอกต้นอ่อนยาวถึง 1 เมตร นอกจากฝักเมล็ดสามารถลอยน้ำแล้ว ไม้ป่าชายเลนบางชนิดมีกล้าไม้งอกตั้งแต่อยู่บนต้นก่อนร่วงลงสู่พื้นดิน (Viviparous) ไม่มีเมล็ดที่แท้จริงโดยขณะที่ฝักต้นอ่อนยังคงอยู่บนต้น ได้รับอาหารจากต้น ฝักต้นอ่อนบางชนิดสามารถอาศัยอยู่บนต้นได้เป็นเวลานาน ทำให้สะสมอาหารได้มาก เมื่อถึงเวลาที่ฝักต้นอ่อนร่วงหล่นลงน้ำ จึงสามารถอยู่ในน้ำได้นานและสามารถลอยน้ำไปได้ไกล ทำให้ต้นไม้ป่าชายเลนสามารถแพร่กระจายไปยังที่อื่นที่อยู่ห่างไกลออกไปได้เมล็ดหรือกล้าที่งอกตั้งแต่อยู่บนต้น (Viviparous seedling) ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนสามารถลอยน้ำได้ทั้งสิ้น ทำให้เข้าใจว่ากล้าไม้ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทุกชนิดสามารถแพร่กระจายห่างจากต้นแม่มาก ฝักต้นอ่อนของไม้ป่าชายเลนลอยอยู่ในน้ำจนกระทั่งพบพื้นที่ที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตปักรากลงดินเลน และใช้อาหารที่สะสมไว้ในการเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะต้นกล้าอย่างรวดเร็ว ลักษณะการสืบพันธุ์ของต้นไม้ป่าชายเลนแตกต่างกันแล้วแต่ชนิด บางกลุ่มสืบพันธุ์โดยฝักต้นอ่อน (Propagules) บางกลุ่มสืบพันธุ์โดยเมล็ด (Seeds) บางกลุ่มสามารถปลูกได้จากกิ่งและต้นกล้า (สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน & รุ่งสุริยา บัวสาลี, 2554)

2.9 พันธุ์ไม้ป่าชายเลน

พันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั่วโลก รวมทั้งหมด 73 ชนิด โดยมีพรรณไม้เด่น คือ สกุลไม้แสม (*Avicennia* spp.) สกุลไม้ลำพู-ลำแพน (*Sonneratia* spp.) สกุลไม้โกงกาง (*Rhizophora* spp.) สกุลไม้ถั่ว (*Bruguiera* spp.) สกุลไม้โปรง *(Ceriop* spp.) สกุลไม้ตะบูน-ตะบัน (*Xylocarpus* spp.) สกุลไม้หงอนไก่ *(Heritiera* spp.) (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2561a) จากการสำรวจของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (2552) ได้สำรวจป่าชายเลนของประเทศไทยพบว่า มีการขึ้นกระจายทั่วไปบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ภาคกลางและภาคใต้ แต่ป่าชายเลนที่มีสภาพสมบูรณ์ส่วนใหญ่พบในภาคใต้ชายฝั่งทะเลอันดามัน บริเวณพื้นที่จังหวัดระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และสตูล ในประเทศไทยพบพันธุ์ไม้ ป่าชายเลนทั้งหมด 78 ชนิด ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ป่าชายเลนแท้จริง (True mangroves) จำนวน 33 ชนิด ขึ้นเฉพาะบริเวณที่เป็นน้ำเค็มหรือน้ำกร่อย เช่น พันธุ์ไม้ในวงศ์แสม (Avicennioideae) วงศ์โกงกาง (Rhizophoraceae) วงศ์ลำพู (Sonneratiaceae) วงศ์เหงือกปลาหมอ (Acanthaceae) ส่วนอีก 45 ชนิด เป็นพันธุ์ไม้ที่ปรับตัวเข้ากับสภาพความเค็ม (Mangrove associated species) เพื่อให้ขึ้นอยู่ได้ในที่ซึ่งมีน้ำทะเลท่วมถึง เช่น ตีนเป็ดทะเล ปรง ปอทะเล เตยทะเล หูกวาง หยีน้ำ หลุมพอทะเลและจิกทะเล พันธุ์ไม้เด่นและเป็นชนิดที่สำคัญในป่าชายเลนของประเทศไทยส่วนใหญ่จะอยู่ในวงศ์ Rhizophoraceae โดยเฉพาะในสกุลไม้โกงกาง (*Rhizophora spp.*) สกุล

ไม้โปรง (*Ceriops* spp.) และสกุลไม้ถั่ว (*Bruguiera* spp.) วงศ์ Sonneratiaceae ได้แก่ ไม้ในสกุลไม้ลำพู-ลำแพน (*Sonneratia* spp.) และวงศ์ Avicenniaceae ได้แก่ ไม้ในสกุลไม้แสม (*Avicennnia* spp.) นอกจากนี้ยังมีพันธุ์ไม้ในวงศ์ Meliaceae ซึ่งประกอบด้วย พันธุ์ไม้ในสกุลไม้ตะบูน-ตะบัน (*Xylocarpus* spp.) เป็นต้น ซึ่งพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ในป่าชายเลนเหล่านี้ มักขึ้นอยู่เป็นเขตเป็นแนว ตั้งแต่จากบริเวณฝั่งน้ำลึกจนลึกเข้าไปในป่าด้านใน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างกันในลักษณะของการออกรากและการเจริญเติบโตของลูกไม้ พันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีความสามารถขึ้นอยู่ได้ในบริเวณที่มีลักษณะสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ทำให้พันธุ์ไม้ของป่าชายเลนขึ้นอยู่เป็นแนวเขตที่มีอยู่หลายปัจจัยด้วยกัน คือปัจจัยทางกายภาพและเคมีของดิน ความเค็มของน้ำในดิน การระบายน้ำและกระแสน้ำ ความเปียกชื้นของดิน และความถี่ของน้ำทะเลท่วมถึง สามารถสรุปแนวเขตการขึ้นอยู่ของกลุ่มไม้ในสังคมป่าชายเลนจากริมฝั่งน้ำเข้าไป ดังนี้ กลุ่มไม้โกงกาง ขึ้นอยู่ริมน้ำซึ่งเป็นดินเลนลึกและมีน้ำท่วมถึงเป็นประจำ โดยโกงกางใบใหญ่ขึ้นในบริเวณที่ดินเป็นดินเลนอ่อน และลึกมากกว่าบริเวณที่โกงกางใบเล็กขึ้น กลุ่มไม้พังกาหัวสุม ไม้ถั่วและไม้โปรง ขึ้นอยู่ในบริเวณที่ดินเลนค่อนข้างแข็งและน้ำทะเลท่วมถึงในระดับปกติ กลุ่มไม้ฝาดและไม้ตะบูน ขึ้นในดินเลนแข็ง และพื้นที่ระดับค่อนข้างสูง น้ำทะเลท่วมถึงเป็นบางครั้งบางคราว กลุ่มไม้ตาตุ่ม ไม้หงอนไก่ทะเล และไม้เป้งขึ้นที่ดินเลนแข็งและเป็นพื้นที่สูง น้ำทะเลท่วมถึงเมื่อน้ำขึ้นสูงสุดเท่านั้น สำหรับจาก (*Nypa fruticans*) ขึ้นอยู่ในบริเวณที่เป็นดินตามริมชายฝั่งแม่น้ำในเขตน้ำกร่อย

พันธุ์ไม้ที่เด่นและเป็นชนิดที่สำคัญในป่าชายเลนของประเทศไทยส่วนใหญ่จะอยู่ในวงศ์ Rhizophoraceae โดยเฉพาะในสกุลไม้โกงกาง (*Rhizophora* spp.) สกุลไม้โปรง (*Ceriops* spp.) สกุลไม้ถั่ว (*Bruguira* spp.) วงศ์ Sonneratiaceae ได้แก่ สกุลไม้ลำพู-ลำแพน (*Sonneratia* spp.) และวงศ์ Avicenniaceae ได้แก่ สกุลไม้แสม (*Avicennia* spp.) นอกจากนี้ยังมีพันธุ์ไม้ในวงศ์ Maliaceae ซึ่งประกอบด้วยพันธุ์ไม้ในสกุลไม้ตะบูน-ตะบัน (*Xylocarpus* spp.) เป็นต้น ซึ่งพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ในป่าชายเลน มักขึ้นอยู่เป็นเขตเป็นแนว ตั้งแต่จากบริเวณชายฝั่งน้ำจนลึกเข้าไปในป่าด้านใน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างกันในลักษณะของการออกรากและการเจริญเติบโตของลูกไม้ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2552)

2.10 อินทรียวัตถุในดินป่าชายเลน

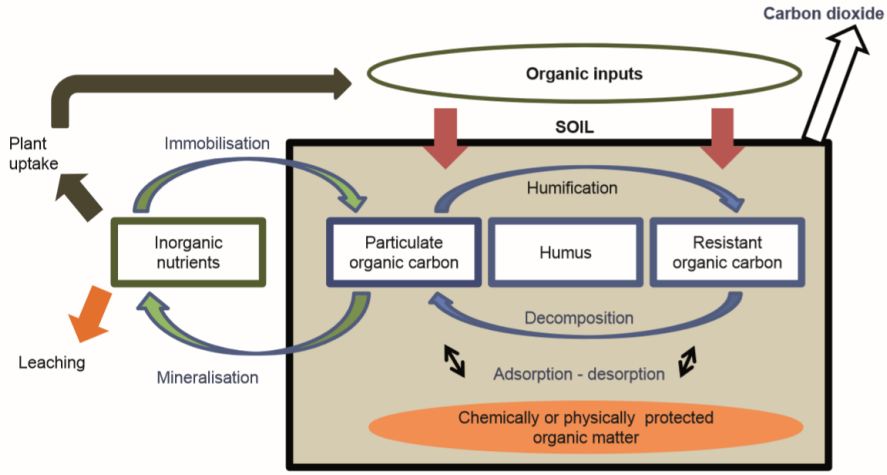
ซากพืช ซากสัตว์ สารอินทรีย์ รวมถึงสิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์ รวมไปถึงเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ตายแล้วเกิดการย่อยสลายกลายเป็นอินทรียวัตถุ (Organic matter) ธาตุอาหารต่าง ๆ ของพืชเป็นองค์ประกอบอยู่ในอินทรียวัตถุในดิน อินทรียวัตถุเป็นอาหารของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะจุลินทรีย์พวกที่ใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งคาร์บอน (Heterotrophic) เมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายอินทรียวัตถุ ธาตุอาหารถูกปลดปล่อยออกมาสะสมอยู่ในดิน โดยธาตุอาหารนั้นช่วยรักษาสมดุลของระบบนิเวศ ธาตุอาหารในป่าชายเลนมี 2 ประเภท คือ ธาตุอาหารประเภทสารอนินทรีย์ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม โพแทสเซียม แมกนีเซียมและโซเดียม และธาตุอาหารประเภทสารอินทรีย์ มีแหล่งที่มา 2 แหล่งคือ มาจากภายในป่าชายเลน ได้แก่ แพลงก์ตอนพืช ไดอะตอม แบคทีเรีย สาหร่ายและพืชชนิดอื่น ๆ รวมถึงซากสัตว์และสิ่งขับถ่ายของสัตว์ต่าง ๆ แหล่งที่สองมาจากภายนอกป่าชายเลน ได้แก่ สารแขวนลอยในน้ำที่ไหลมากับแหล่งน้ำ ตะกอนดินที่มาจากการกัดเซาะชายฝั่งและบนภูเขา ซากพืชและซากสัตว์ที่อยู่บนชายฝั่งหรือในทะเล และชิ้นส่วนต่าง ๆ ของพืชและใบไม้ที่พัดพามากับลม ดินที่มีอินทรียวัตถุปริมาณสูง ทำให้จุลินทรีย์ในดินนั้นสูงด้วย เป็นผลจากกิจกรรมต่าง ๆ ของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในดินได้เป็นอย่างดี สารอินทรีย์ในทะเลมีความสำคัญมาก เพราะมีอิทธิพลควบคุมการเปลี่ยนแปลงหลังการตกตะกอน การแพร่กระจายของปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนมีการผันแปรตามสภาพแวดล้อม โดยทั่วไปพบว่า ปริมาณของสารอินทรีย์รวมในตะกอนมีค่าสูงเมื่ออยู่ใกล้ฝั่งและมีค่าลดลงเมื่ออยู่ห่างฝั่งออกไปเรื่อย ๆ การสะสมสารอินทรีย์ในดินตะกอนป่าชายเลนได้มาจาก 2 แหล่ง คือ มาจากการผุสลายของใบไม้ กิ่งไม้ ลำต้น ราก และมาจากน้ำที่หมุนเวียนในระบบ (สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน & รุ่งสุริยา บัวสาลี, 2554)

2.11 คาร์บอนและไนโตรเจนในดินป่าชายเลน

2.11.1 คาร์บอน

วัฏจักรของคาร์บอนระหว่างดิน พืช และบรรยากาศ เป็นการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนทั้งในส่วนที่เป็นอินทรีย์คาร์บอนและอนินทรีย์คาร์บอน โดยดินทำหน้าที่เสมือนเป็นแหล่งให้ (Source) และแหล่งรับ (Sink) ของคาร์บอนที่เชื่อมกับบรรยากาศ ดินประกอบด้วยคาร์บอนทั้งในรูปอินทรีย์และอนินทรีย์ ความสมดุลระหว่างการใส่สารอินทรีย์หรือวัสดุอินทรีย์ลงสู่ดิน และการสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนจากดินในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลต่อการสะสมคาร์บอนในดิน เมื่อมีการใส่สารอินทรีย์สู่ระบบดิน หลังจากนั้นสิ่งมีชีวิตและจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินจะเข้าย่อยสลาย (Decomposition) เกิดเป็นอินทรีย์คาร์บอนทั้งส่วนที่เป็นชิ้น (Particulate organic carbon) ฮิวมัส (Humus) และส่วนที่ต้านทานการสลายตัว (Resistant organic carbon)

กระบวนการย่อยสลายเป็นการเปลี่ยนรูปอินทรีย์เป็นอนินทรีย์ เรียกว่า กระบวนการมิเนอรัลไลเซชัน (Mineralization) ทำให้ธาตุอาหารปลดปล่อยสู่ดิน และเกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ ในทางตรงกันข้ามธาตุอาหารในรูปอนินทรีย์ในดินถูกดูดใช้โดยจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการสร้างมวลชีวภาพ เรียกว่า กระบวนการอิมโมบิไลเซชัน (Immobilization) กระบวนการนี้ส่งผลต่อปริมาณธาตุอาหารในดินขึ้นอยู่กับการสูญเสียโดยการชะล้าง และการดูดใช้ของพืชเพื่อเพิ่มมวลชีวภาพของพืชและร่วงสู่ระบบดินอีกครั้ง ปริมาณอินทรียวัตถุหรืออินทรีย์คาร์บอนในดินได้รับการป้องกันทั้งทางกายภาพและทางเคมี กระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในดินส่งผลต่อปริมาณการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดิน (ปัทมา วิตยากร & อรรณพ พุทธโส, 2552) (รูปที่ 9)



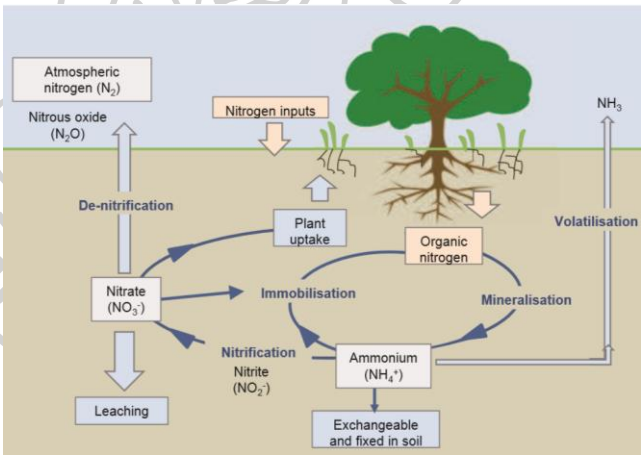
รูปที่ 9 การหมุนเวียนอินทรีย์คาร์บอนในดิน

ที่มา : Grains Research and Development Corporation (2013)

2.11.2 ไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่จำเป็น แหล่งสะสมไนโตรเจนอยู่ในสภาพสารอินทรีย์ เช่น ยูเรีย โปรตีน และกรดนิวคลีอิก ธาตุไนโตรเจนในบรรยากาศถูกเปลี่ยนรูปให้อยู่ในสภาพที่สิ่งมีชีวิตสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การตรึงไนโตรเจน (Nitrogen fixation) เป็นการเปลี่ยนแก๊สไนโตรเจนจากอากาศให้อยู่ในสภาพของแอมโมเนียหรือไนเตรต ไนโตรเจนถูกตรึงจากบรรยากาศได้ทั้งกระบวนการทางธรรมชาติและการสังเคราะห์เทียม แอมโมเนียและไนเตรตในสภาพที่ละลายน้ำได้จะถูกพืชนำไปใช้สังเคราะห์กรดอะมิโนและโปรตีน เพื่อใช้สร้างเป็นโปรโตพลาซึมของพืชต่อไป เมื่อพืชและสัตว์ตายลงซากถูกย่อยสลาย กระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจนจากอินทรีย์ไนโตรเจนในดิน จุลินทรีย์ดินค่อย ๆ ย่อยสลายอินทรียวัตถุทำให้สารอินทรีย์ไนโตรเจนถูกเปลี่ยนให้เป็นสารอนินทรีย์

ไนโตรเจน เรียกกระบวนการนี้ว่า Mineralization เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยา 3 ขั้นตอน ดังนี้ Aminization Ammonification และ Nitrification การเปลี่ยนรูปของแอมโมเนียและไนเตรตให้เป็นสารอินทรีย์ไนโตรเจน กระบวนการนี้เรียกว่า Immobilization โดยกระบวนการ Mineralization และกระบวนการ Immobilization เกิดขึ้นไปด้วยกัน แต่ดำเนินไปในทิศทางตรงข้ามกัน โดยกระบวนการ Mineralization ทำให้อินทรียวัตถุสลายตัว ในขณะที่กระบวนการ Immobilization เป็นการสร้างอินทรียวัตถุ ในวัฏจักรไนโตรเจนมีกระบวนการ 3 กระบวนการสำคัญ คือ แอมโมนิฟิเคชัน (Ammonification) ไนตริฟิเคชัน (Nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) โดยกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน คือ การย่อยสลายกรดอะมิโนหรือโปรตีนในซากหรือในของเสียจากเมตาบอลิซึมให้กลายเป็นแอมโมเนีย กระบวนการไนตริฟิเคชัน มี 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก คือ สภาพของแอมโมเนียในสิ่งขับถ่ายจากสัตว์และซากของพืชและสัตว์จะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์โดยจุลินทรีย์ Nitrosomonas และในขั้นตอนที่สองไนไตรท์ถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรตโดยจุลินทรีย์ Nitrobacter กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน เป็นกระบวนการสูญเสียไนโตรเจนในรูปก๊าซ การรีดิวซ์ไนเตรตให้เป็นไนไตรท์และเกิดก๊าซไนโตรเจนกลับสู่บรรยากาศ (ปัทมา วิตยากร & อรรณพ พุทธโส, 2552) (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 การหมุนเวียนไนโตรเจนในดิน

ที่มา : Grains Research and Development Corporation (2013)

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมานใจ มั่นศิลป์ and พรทิพย์ ฝอยวารี (2552) ได้สำรวจโครงสร้างสังคมพืชป่าชายเลนส่วนบริหารจัดการทรัพยากรป่าชายเลนที่ 1 (จ.ชลบุรี) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างของสังคมพืชป่าชายเลนบริเวณส่วนบริหารจัดการทรัพยากรป่าชายเลน ที่ 1 (จ.ชลบุรี และเพื่อวางแปลงตัวอย่างแบบถาวร ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 10 ของพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณ ส่วนบริหารจัดการทรัพยากรป่าชายเลนที่ 1 (จ.ชลบุรี) โดยในการสำรวจทรัพยากรป่าชายเลนครั้งนี้อาศัยการวางแปลงตัวอย่างสำหรับประเมินหาชนิดพันธุ์ ความหนาแน่น ความเติบโต ค่าดัชนีความสำคัญของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณส่วนบริหารจัดการทรัพยากรป่าชายเลนที่ 1 (จ.ชลบุรี) ซึ่งมีพื้นพื้นที่ป่าชายเลน ประมาณ 100 ไร่ พบว่า ป่าชายเลนบริเวณส่วนบริหารจัดการทรัพยากรป่าชายเลนที่ 1 (จ.ชลบุรี) เป็นป่าธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากการทับถมของตะกอนดินเลน พันธุ์ไม้ที่เกิดขึ้นมาส่วนใหญ่เป็นไม้แสมทะเล (4vicennia marina) และมีไม้โกงกางใบเล็ก (Rhizophora apiculata) แทรกอยู่บ้างเล็กน้อย บริเวณด้านหน้าทะเล พบว่า มีไม้ลำแพน (Sunnertia Ovata) อยู่เล็กน้อย ส่วนทางด้านที่ติดกับถนนมีไม้โปรงแดง (Ceriops tagai) โพทะเล (Thespesia populnea) และ ไม้ตะบูนขาว (Kylocarpus granatum) ขึ้นเล็กน้อย ด้านที่น้ำท่วมถึงไม่บ่อยครั้งนัก แต่ไม่พบในแปลงสำรวจพันธุ์ไม้ป่าชายเลน ในแปลงตัวอย่างสำรวจพันธุ์ไม้ป่าชายเลน พบว่า ความหนาแน่นรวมของไม้ใหญ่ 418.88 ต้น ต่อไร่ ไม้หนุ่ม 2,910 ต้นต่อไร่ และกล้าไม้ 11,776 ต้นต่อไร่ โดยพบพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ แสมทะเล (4vicenuia marina) เป็นชนิดที่เด่นอย่างเห็นได้ชัด โดยพบในทุกแปลงตัวอย่างที่สำรวจ และพบกระจายทั่วไปในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณนี้ โดยมีค่าดรรชนีความสำคัญ 270.46 รองลงมาได้แก่ โกงกางใบเล็ก (Rhizophora apiculata) ซึ่งพบขึ้นแทรกอยู่บ้างเล็กน้อย มีค่าดรรชนีความสำคัญ 25.03 และ ลำแพน (Sonnertia Ovata) พบเล็กน้อยบริเวณหน้าทะเล มีค่าดรรชนีความสำคัญ 4.51 จะเห็นได้ว่า สังคมพืชป่าชายเลนของป่าที่สำรวจมีความหลากหลายทางพันธุ์ไม้น้อย

วิจารณ์ มีผล (2553) ศึกษาการเก็บกักคาร์บอนของป่าชายเลนบริเวณพื้นที่สงวนชีวมณฑลระนอง พบว่า สังคมพืชป่าชายเลนประกอบด้วยพันธุ์ไม้จำนวน 17 ชนิด มีความหนาแน่นของหมู่ไม้ได้แก่ ไม้ใหญ่ ไม้หนุ่ม และกล้าไม้ เฉลี่ย 1,905, 1,105 และ 22,762 ต้นต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ โดยไม้ใหญ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง เฉลี่ย 10.13 เซนติเมตร และ 12.05 เมตร ตามลำดับ มีค่าดรรชนีความหลากหลายตาม Shanon-Wiener's index เฉลี่ย 0.7105 มีมวลชีวภาพเฉลี่ย 119.76 ตันต่อเฮกแตร์ ปริมาณการเก็บกักคาร์บอนเท่ากับ 57.85 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 47.72 ของน้ำหนักแห้งประเมินการเก็บกักคาร์บอนของป่าชายเลนบริเวณพื้นที่สงวนชีวมณฑลระนอง ได้เท่ากับ 398,971 ตันคาร์บอน หรือ 1.46 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์

วิลานี สุชีวบริพนธ์ (2553) ศึกษาพลวัตของซากใบไม้ในป่าชายเลน ได้แก่ ซากใบไม้ที่ร่วงหล่น ซากใบไม้ที่ถูกนำเข้ามาบนผิวดิน ซากใบไม้ที่สะสมบนผิวดิน อัตราการย่อยสลายซากใบไม้และซากใบไม้ที่ถูกบริโภคในแปลงศึกษาขนาด 50X120 ตารางเมตร ซึ่งมีการแบ่งเขตพันธุ์ไม้โดยใช้พันธุ์ไม้เด่น เรียงลำดับจากริมฝั่งแม่น้ำเข้าไปด้านในของแปลงศึกษา ได้แก่ เขตไม้แสม เขตไม้โกงกางและเขตไม้ตะบูน ตามลำดับ ทำการศึกษาตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2551 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2552 ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณซากใบไม้ที่ร่วงหล่นที่เก็บจากกระบะรองรับซากพืชขนาด 1X1 ตารางเมตร ในเขตไม้แสมและเขตไม้โกงกาง มีค่าเท่ากับ 2.27 และ 2.51 กรัม/ตารางเมตร/วัน ตามลำดับ มีค่ามากกว่าเขตไม้ตะบูน (1.37 กรัม/ตารางเมตร/วัน) อย่างมีนัยสำคัญ เขตไม้โกงกางมีปริมาณซากใบไม้ที่ถูกนำเข้ามาบนผิวดินและปริมาณซากใบไม้ที่สะสมบนผิวดินมากที่สุด รองลงมา คือเขตไม้แสมและเขตไม้ตะบูน ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากระบบรากค้ำยันในเขตไม้โกงกางสามารถกักเก็บซากใบไม้บนพื้นป่าได้มาก จากการศึกษาสามารถอธิบายได้ว่า ปริมาณซากใบไม้ในส่วนต่าง ๆของพลวัตซากใบไม้ในป่าชายเลนเป็นผลมาจากปัจจัยทางชีวภาพและปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ ระบบรากของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน ความลาดชัน ระยะเวลาของการท่วมของน้ำทะเล ลักษณะของเนื้อดินและอุณหภูมิ

นันทวรรณ ประเสริฐ (2544) ศึกษาการประเมินการกักเก็บและการปลดปล่อยคาร์บอนจากการใช้ประโยชน์โกงกางใบเล็ก มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดินในการกักเก็บคาร์บอนของสวนป่าโกงกางใบเล็กและประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนจากการใช้ประโยชน์ไม้โกงกางใบเล็ก ได้ดำเนินการในแปลงปลูกป่าโกงกางใบเล็กที่อายุ 14 ปี และเก็บข้อมูลความสูงและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ของต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง คำนวณมวลชีวภาพด้วยสมการแอลโลเมตรี และวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนด้วยวิธี dry combustion ส่วนการประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนคำนวณได้จากวิธีตามคู่มือของ IPCC พบว่า ความหนาแน่นของต้นโกงกางใบเล็กในพื้นที่มีค่าเท่ากับ 915 ตัน/ไร่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระดับอกและความสูงเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 7.98±1.8 เซนติเมตร และ 10.61±2.0 เมตร ตามลำดับ มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด 8.91 ตัน/ไร่ โดยแบ่งเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ในส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และรากค้ำยัน จากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนสะสมอยู่ในเนื้อไม้โกงกางใบเล็ก พบว่ามีปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 44.47 โดยน้ำหนักแห้ง และมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน เท่ากับ 3.96 ตัน คาร์บอน/ไร่ พบว่า มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนของ ลำต้นเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดเท่ากับ 3.08 ตัน คาร์บอน/ไร่

ดรุณี เจียมจำรัสศิลปะ and กฤษฎา สุทธินุ่น (2554) ศึกษาโครงสร้างป่าชายเลน ปริมาณการร่วงหล่นของเศษซากพืช อัตราการย่อยสลายของใบไม้ในป่าชายเลน คุณสมบัติของดินด้านกายภาพและเคมี มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของพันธุ์ไม้เด่นและศึกษาชนิดของสัตว์น้ำในป่าชายเลน จากผลการศึกษาโครงสร้างป่าชายเลนบริเวณปากแม่น้ำตาปี จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบพันธุ์ไม้ป่าชายเลนจำนวน 14 ชนิด มีต้นลำพูเป็นไม้เด่น (Dominant species) และต้นจากเป็นไม้รอง (Co-

Dominant species) มีความหนาแน่นของไม้ใหญ่เฉลี่ย 113 ต้นต่อไร่ ความหนาแน่นของไม้หนุ่มเฉลี่ย 78 ต้นต่อไร่ และความหนาแน่นของกล้าไม้เฉลี่ยจำนวน 47 ต้นต่อไร่ มีปริมาณการร่วงหล่นของเศษซากพืชเฉลี่ยจำนวน 1.76 ตันต่อไร่ต่อปี อัตราการย่อยสลายของใบลำพูและใบโกงกางใบเล็กในระยะเวลา 8 เดือน เท่ากับ 100% และ 93.66% ตามลำดับ คุณสมบัติของดิน มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดรุนแรง มีค่า soil texture ส่วนใหญ่เป็น clay ปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 3.14-20.22 ค่า P K Ca Mg เท่ากับ 28.17 ppm 527.55 ppm 1,117.55 ppm และ 1,777.39 ppm ตามลำดับ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ลำพู โกงกางใบเล็กและแสมดำ มีค่า 4,741.30, 3,174.44 และ 1,944.60 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

สุพรรษา เครือจันทร์ (2554) ศึกษาปริมาณและคุณภาพของสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในสังคมพืชป่าชายเลนที่มีแสมขาวเป็นพันธุ์ไม้เด่น มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบปริมาณสารอินทรีย์ ปริมาณธาตุไนโตรเจนรวมและธาตุฟอสฟอรัสรวมในซากพืช รวมไปถึงการย่อยสลาย เพื่อประเมินคุณภาพของสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากไม้แสมขาว การเก็บข้อมูลปริมาณซากพืชและอัตราการย่อยสลายซากพืช ในเดือนกันยายน พ.ศ.2550 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2551 โดยกำหนดแปลงทดลองขนาด 30X30 ตารางเมตร จำนวน 3 แปลง จำแนกตามความแตกต่างของแปลงทดลองตามคุณลักษณะพื้นฐานของหมู่ไม้ที่ปรากฏ พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณซากพืชเท่ากับ 616.85, 868.70 และ 751.90 กรัมน้ำหนักแห้ง/ตารางเมตร/ปี ในแปลง A แปลง B และ แปลง C ตามลำดับ ซากพืชร่วงหล่นมากที่สุด 2 ช่วง คือช่วงเริ่มต้นและสิ้นสุดฤดูฝน ปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหาร ในแปลงที่มีต้นไม้ขนาดใหญ่และอายุมาก มีปริมาณสารอินทรีย์และปริมาณไนโตรเจนรวมสูงกว่าในแปลงที่มีต้นไม้ขนาดเล็กและอายุน้อย และมีการสะสมในองค์ประกอบที่เป็นส่วนสืบพันธุ์ของพืชมากที่สุด การย่อยสลายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรกแล้วค่อยๆลดลง การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าไม้แสมขาวในช่วงอายุของไม้ใหญ่มีบทบาทสำคัญในการปลดปล่อยสารอินทรีย์และธาตุอาหารสู่สิ่งแวดล้อมมากที่สุด

ประนอม ชุมเรียง (2554) ศึกษาโครงสร้างของสังคมพืชและความหลากหลายชนิดของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนบริเวณเกาะจังหวัดสตูล ผลจากการสำรวจและวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสำคัญของพืชแต่ละชนิด พบว่า บริเวณเกาะตะรุเตาพบพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ใกล้สูญพันธุ์หรือหายาก 1 ชนิด คือ แดงน้ำ (Amoora cucullata) มีพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไปทั้งเกาะประมาณ 40 ชนิด เป็นพันธุ์ไม้ใหญ่ 13 ชนิด ส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่มของไม้โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ และโปรงแดง ตามลำดับ บริเวณเกาะผีพบพันธุ์ไม้ป่าชายเลนใกล้สูญพันธุ์ 2 ชนิด ได้แก่ ใบพาย (Aegialitis rotundifolia) และพังกา-ถั่วขาว (Bruguiera hainesii) ทั้งเกาะพบพันธุ์ไม้ป่าชายเลนประมาณ 31 ชนิด เป็นพันธุ์ไม้ใหญ่ 13 ชนิด ส่วนใหญ่จะเป็นไม้แสมทะเล ลำพูทะเล และโกงกางใบเล็ก และบริเวณเกาะปูยูพบพันธุ์ไม้ป่าชายเลนใกล้สูญพันธุ์ 1 ชนิด คือ พังกา-ถั่วขาว ซึ่งทั้งเกาะจะพบพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั่วไปประมาณ 41 ชนิด เป็นพันธุ์ไม้ใหญ่ 9 ชนิด ส่วนใหญ่จะเป็น ไม้ถั่วขาว โปรงแดง และตะบูนดำ

(นรารัตน์ พัฒนสิงห์, ลดาวัลย์ พวงจิตร, & มณฑล จำเริญพฤกษ์, 2555)ผลผลิตมวลชีวภาพและปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชในป่าชายเลนชุมชนบ้านเปร็ดใน จังหวัดตราด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะเชิงปริมาณของป่าชายเลนชุมชนบ้านเปรีดใน จังหวัดตราด โดยการศึกษาดัชนีความสำคัญมวลชีวภาพและปริมาณการร่วงหล่นของซากพืช ผลการศึกษา พบว่า ป่าชายเลน ชุมชนบ้านเปร็ดใน มีพรรณไม้จำนวน 10 ชนิด ค่าดัชนีความหลากชนิดของพรรณไม้เท่ากับ 0.56 พรรณไม้ที่มี ดัชนีความสำคัญสูงที่สุดคือ โปรงแดง (*Ceriops tagal*) มีค่าเท่ากับ 86.55 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นไม้ยืนต้นเท่ากับ 2,977 78 ต้นต่อเฮกแตร์ ความหนาแน่นของไม้รุ่นรวมทุกชนิดเท่ากับ 7,222 22 ต้นต่อเฮกแตร์ และความหนาแน่น ของกล้าไม้รวมทุกชนิดเท่ากับ 8.333.33 ต้นต่อเฮกแตร์ ความสูงเฉลี่ยของพรรณไม้ทุกชนิดเท่ากับ 7.40 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของพรรณไม้ทุกชนิดเท่ากับ 9.31 เซนติเมตร มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นรวม ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 113.70 ตันต่อเฮกแตร์ โดยมีอัตราการร่วงหล่นของซากพืชเท่ากับ 8.75 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี อัตราการร่วงหล่นมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน ความเข้มข้นของสารอาหารในซากพืชที่ร่วงหล่นนั้นพบว่า ร้อยละความเข้มข้นของสารอาหารที่มีปริมาณมากที่สุด คือ แคลเซียม และน้อยที่สุด คือ ฟอสฟอรัส ตามลำดับ คิดเป็น ปริมาณสารอาหาร แคลเซียม ไนโตรเจน แมกนีเซียมโพแตสเซียม และฟอสฟอรัส ที่อยู่ในซากพืชเท่ากับ 2.09, 0.87, 0.79, 0.45 และ 0.09 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ

ภานุ เนื่องจำนง, กาญจนา นาคะภากร, and สิริกร กาญจนสุนทร (2558) ศึกษาการประเมินการสะสมคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าชายเลนด้วยข้อมูลดาวเทียม WORLDVIEW-2 ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ผลการศึกษาพบว่า ความถูกต้องของการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ แสมขาว และแสมทะเล จากข้อมูลดาวเทียมเปรียบเทียบกับข้อมูลสำรวจภาคสนาม เท่ากับร้อยละ 86.2 โดยมีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 44.14 ตันต่อเฮกแตร์ และการเก็บกักคาร์บอนเหนือพื้นที่ดินเฉลี่ย 21.05 ตัน คาร์บอนต่อเฮกแตร์

รสริน มังกะโรทัย, ศิรประภา เปรมเจริญ, ศศิธร หาสิน, and ฝอยฝา ชุติดำรง (2561) ศึกษาสภาพป่าและการเก็บกักคาร์บอนในดินบริเวณป่าชายเลนคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม พบว่าสามารถแบ่งพื้นที่ได้เป็น 3 พื้นที่ คือ ป่าชายเลนธรรมชาติ ป่าปลูกทดแทน พ.ศ. 2535 - 2547 และป่าปลูกทดแทน พ.ศ. 2547 ถึงปัจจุบัน แต่เมื่อประเมินปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในดินของป่าชายเลนทั้ง 3 พื้นที่ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการเก็บกักคาร์บอนในดินทั้งในเชิงพื้นที่ฤดูกาล และระดับความลึกที่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่พบว่า ปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในดินชั้นบนของป่าชายเลนทั้งสามพื้นที่ในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ย 5.58 + 0.42, 6.22 + 0.53 และ 5.1 + 0.50 ตัน/ เฮกแตร์ ตามลำดับ ในฤดูร้อนมีค่าเฉลี่ย 6.02 : 0.44, 6.27 + 0.54 และ 5.60 : 0.38 วัน/ เฮกแตร ตามลำดับ สำหรับในดินชั้นล่างพบปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในดินในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ย 7.40

+075, 6.875 0.42 และ 5.76 : 0.55 ตัน/เฮกแตร์ และในฤดูร้อนมีค่าเฉลี่ย 5.25 +0.25, 6.01 x 0.41 และ 5.14 +0.28 ตันเฮกแตร์

แสงจันทร์ วายทุกข์, นภวรรณ ฐานะกาญจน์ พงษ์เขียว, and ลดาวัลย์ พวงจิตร (2561) ความหลากหลายและโครงสร้างของสังคมพืชป่าชายเลนของชุมชนตำบลคลองตำหรุ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี พบชนิดพันธุ์ไม้ทั้งสิ้น 10 ชนิด 7 สกุล จาก 6 วงศ์ มีค่าเฉลี่ยจำนวนชนิดพันธุ์ไม้เท่ากับ 3.7±2.1 SD และค่าเฉลี่ยจำนวนต้นเท่ากับ 266±137 SD ผลการวิเคราะห์ความหลากหลายและลักษณะโครงสร้างของพืชป่าชายเลนในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ คือ พื้นที่ป่าชายเลนที่อยู่ติดชายฝั่งทะเลที่มีการใช้ประโยชน์น้อยและพื้นที่ป่าชายเลนที่อยู่ติดชุมชนที่มีการใช้ประโยชน์มาก โดยพบว่า จำนวนต้นของไม้ใหญ่ไม้หนุ่ม และเฉลี่ยดัชนีความสม่ำเสมอในพื้นที่ป่าชายเลนที่อยู่ติดชายฝั่งทะเลมีค่ามากกว่าป่าชายเลนที่อยู่ติดชุมชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สำหรับความแตกต่างของจำนวนชนิดพันธุ์ไม้ จำนวนต้นของกล้าไม้ และค่าเฉลี่ยดัชนีความหลากหลาย พบว่า ในพื้นที่ป่าชายเลนที่อยู่ติดชายฝั่งทะเลมีค่าน้อยกว่าในพื้นที่ป่าชายเลนที่อยู่ติดชุมชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จากการศึกษาความหลากหลายและโครงสร้างสามารถแบ่งกลุ่มสังคมพืชออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ 1) สังคมหมู่ไม้สกุลแสมจะพบเฉพาะในพื้นที่ป่าชายเลนที่อยู่ติดชายฝั่งทะเลและ 2) สังคมหมู่ไม้โปรงแดง-ตะบูนขาว พบเฉพาะในพื้นที่ป่าชายเลนที่อยู่ติดพื้นที่ชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของการใช้ประโยชน์ที่ดินและทรัพยากรป่าชายเลนที่แตกต่างกันของชุมชนตำบลคลองตำหรุ

Ren, Chen, Li, and Han (2010) ศึกษาการสะสมมวลชีวภาพของพืชและการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าชายเลน ที่ปลูกลำพูในประเทศจีน โดยทำการศึกษาหาปริมาณชีวมวลของต้นลำพูที่มีอายุ 4, 5, 8 และ 10 ปี โดยจะพบว่า การกักเก็บชีวมวลที่เหนือพื้นดินและรากของต้นลำพู ที่อายุเพิ่มขึ้นจะมีการกักเก็บชีวมวลที่เพิ่มขึ้น และจากการวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนที่ปลูกลำพูที่มีอายุแตกต่างกัน จะพบว่า อินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนจะเพิ่มขึ้นตามอายุของลำพูที่เพิ่มขึ้น ชี้ให้เห็นว่า การสะสมของมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในดินตะกอนจะสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป

Chen et al. (2012) ศึกษาเปรียบเทียบการสะสมคาร์บอนในชีวมวลของพืชและการสะสมคาร์บอนในดินตะกอนของต้นลำพูต่างชนิด ที่ปลูกในป่าชายเลน ประเทศจีน โดยทำการปลูกในแปลงแบบผสม 2 ชนิด ได้แก่ ลำพู ซึ่งเป็นพืชในท้องถิ่น และ ลำพู ซึ่งเป็นพืชต่างถิ่น กับปลูกในแปลงแบบเดี่ยว คือ พบว่า แปลงที่ปลูกแบบผสม ลำพู ซึ่งเป็นพืชในท้องถิ่น มีการอัตราการเติบโตที่สูงกว่าลำพู ซึ่งเป็นพืชต่างถิ่น และพบว่า ลำพู ซึ่งเป็นพืชในท้องถิ่น มีการสะสมของคาร์บอนในชีวมวลที่น้อยกว่าการปลูกในแปลงแบบเดี่ยว แต่ในขณะเดียวกัน พบว่า ลำพู ซึ่งเป็นพืชในท้องถิ่น จะมีการสะสมของ

คาร์บอนในดินตะกอนที่สูง เมื่อปลูกในแปลงแบบผสม ดังนั้น ข้อดีของการปลูกแบบผสม คือ ทำให้มีการกักเก็บคาร์บอนในดินตะกอนที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งตรงกันข้ามกับการสะสมคาร์บอนในชีวมวลของพืช

H. Liu *et al.*, (2014) ได้ศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลที่มีผลต่ออัตราการย่อยสลายในป่าเขตร้อน ประเทศจีน พบว่า เมื่ออัตราการย่อยสลายมากขึ้นการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนจะสูงขึ้น แต่อัตราการเพิ่มขึ้นจะขึ้นอยู่กับฤดูกาล โดยในฤดูฝนมีความชื้นในดินสูงและมีสารอินทรีย์ในมวลของพืชสูงอัตราการย่อยสลายจึงสูง ดังนั้นสามารถบ่งชี้ได้ว่าฤดูกาลมีผลต่ออัตราการย่อยสลายและการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซค์และไนโตรเจนในดินของป่าเขตร้อน

Tran Thi, Tien Thi Xuan, Phan Nguyen, Dahdouh-Guebas, and Koedam (2014) ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในป่าชายเลนเขตร้อนประเทศเวียดนาม พบว่า การกักเก็บคาร์บอนเหนือดิน 90.2±15.8 ถึง 115.2±19.3 เมกะกรัมคาร์บอนต่อเฮกแตร์ การกักเก็บคาร์บอนใต้พื้นดินอยู่ที่ 629.0±32.5 ถึง 687.0±29.2 เมกะกรัมคาร์บอนต่อเฮกแตร์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการกักเก็บคาร์บอนใต้พื้นดินจะมีปริมาณการกักเก็บมากกว่าเหนือพื้นดิน และการอนุรักษ์ป่าชายเลนยังเพิ่มกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศและลดการปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศ

Lunstrum and Chen (2014) ได้ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเสนพื้นที่ป่ารุ่นใหม่ที่มีอายุน้อย พบการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินอยู่ที่ 1.2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และ 23.1 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ในพื้นที่ป่าโกงกางและลำพู ตามลำดับ และการกักเก็บคาร์บอนใต้ พื้นดินอยู่ที่ 0.3 กิโลกรัมต่อตารางเมตรและ 2.6 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ และปริมาณคาร์บอนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อเวลาผ่านไป 6 ปี และพบปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินอยู่ร้อยละ 0.62 ถึงร้อยละ 2.43 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลก และสามารถยืนยันผลการศึกษาที่ว่า พื้นที่ป่าชายเลนเป็นพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

Kusumaningtyas et al. (2019) ทำการศึกษาความแตกต่างทางภูมิศาสตร์ที่มีผลต่อแหล่งสะสมอินทรีย์คาร์บอนและอัตราการสะสมคาร์บอนในระบบนิเวศป่าชายเลน โดยศึกษาที่ป่าชายเลนในประเทศอินโดนีเซีย ในพื้นที่ที่แตกต่างกัน ได้แก่ (1) ป่าชายเลนที่เสื่อมโทรมลง ใน Segara Anakan Lagoon (SAL) (2) ป่าชายเลนที่ยังไม่ถูกทำลายในจังหวัด East Kalimantan และ (3) ป่าชายเลนบนเกาะ Kongsi พบว่า ป่าชายเลนที่ยังไม่ถูกทำลาย มีการสะสมของอินทรียวัตถุและอินทรีย์คาร์บอนสูงกว่าในป่าชายเลนที่เสื่อมโทรมถึงสองเท่า แต่ในขณะเดียวกัน พบว่า ในป่าชายเลนที่เสื่อมโทรมมีการอัตราสะสมของคาร์บอนที่สูงกว่าป่าชายเลนที่ยังไม่ถูกทำลาย เนื่องมาจากการได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงของตะกอนชายฝั่ง รวมไปถึงลักษณะของภูมิประเทศและชนิดพันธุ์พืชในป่าชายเลน

Sahu and Kathiresan (2019) ทำการศึกษากลุ่มอายุของพืชที่แตกต่างกันและชนิดพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตขั้นปฐมภูมิและศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอน ในประเทศอินเดีย พบว่า ผลผลิตขั้นปฐมภูมิและศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนจะเพิ่มขึ้นตามอายุของพืชที่เพิ่มขึ้น ในการศึกษานี้ คือ กลุ่มพืชที่มีอายุ 13 ปี จะมีการกักเก็บคาร์บอนสูงสุด และจากการศึกษาชนิดพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนที่มีผลต่อผลผลิตขั้นปฐมภูมิและศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอน พบว่า ตะบูนขาว มีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนสูงสุด

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาสังคมชีวิตพืชป่าชายเลนและการกักเก็บคาร์บอน กรณีศึกษา ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม เพื่อให้การดำเนินการศึกษาเป็นไปอย่างบรรลุตามวัตถุประสงค์ คือ เพื่อศึกษาสังคมชีวิตพืชป่าชายเลนคลอนโคน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม และเพื่อศึกษาประเภทพืชป่าชายเลนที่มีผลต่อการเก็บคาร์บอนในดินชายเลน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม มีลำดับขั้นตอนการศึกษาดังนี้ ขั้นตอนแรกทำการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลน กำหนดจุดและวางแปลงศึกษานิเวศของพืช สำรวจประเภทพืชที่ปรากฏในพื้นที่ป่าชายเลน ขั้นตอนต่อมาทำการเก็บตัวอย่างดินและเก็บตัวอย่างใบพืชของพันธุ์ไม้เด่นของป่าชายเลน แบ่งเป็นแต่ละประเภทวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในใบพืช นำตัวอย่างดินชายเลนและตัวอย่างดินชายเลนที่หมักกับใบพืช จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของดิน ได้แก่ ความหนาแน่นรวมของดิน ความเป็นกรดเป็นด่าง ความชื้น อินทรีย์คาร์บอน และไนโตรเจนรวมทั้งหมด

3.1 ขั้นตอนการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้แบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ๆ ได้แก่

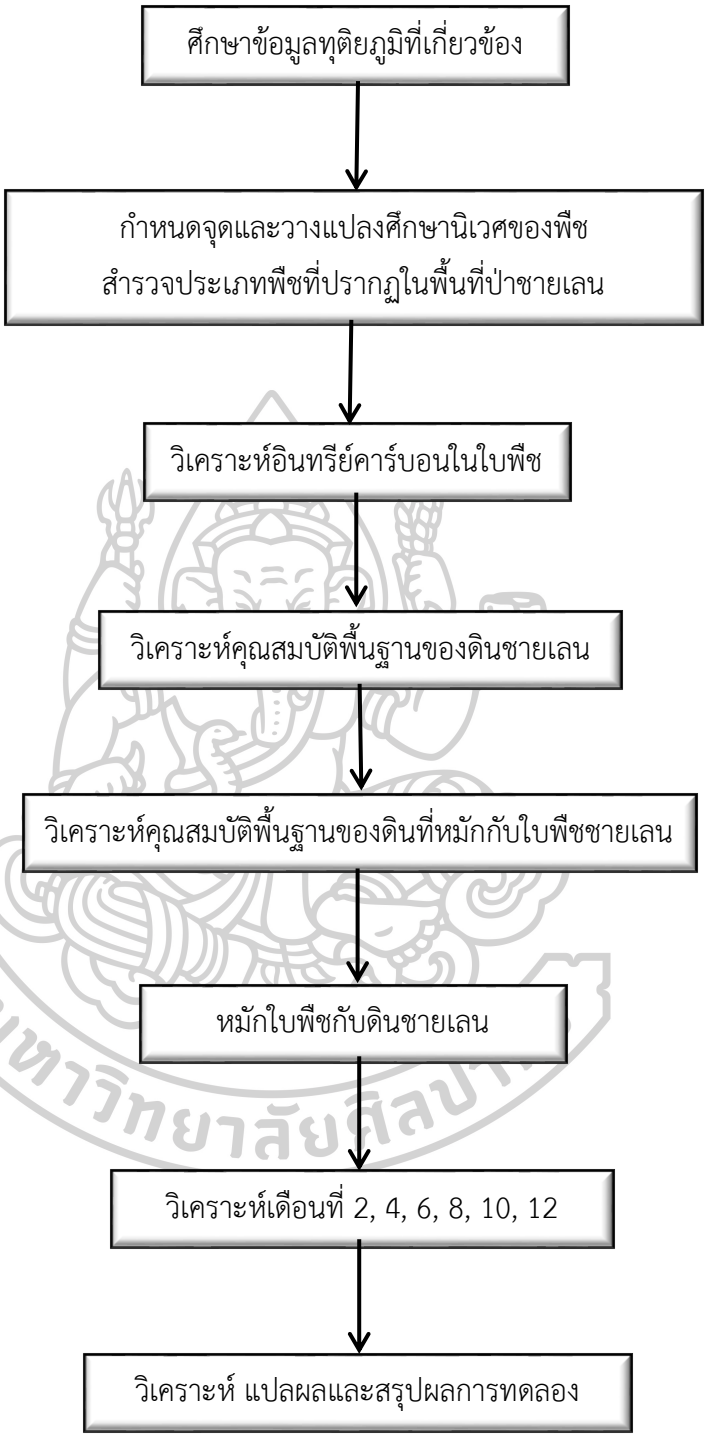
3.1.1 ศึกษาข้อมูลทุติยภูมิที่เกี่ยวข้อง

3.1.2 กำหนดจุดและวางแปลงศึกษานิเวศของพืช

3.1.3 เก็บตัวอย่างใบพืชและดินชายเลน

3.1.4 วิเคราะห์ตัวอย่างดินชายเลนและใบพืช ดังนี้ วิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในใบพืช วิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลน และวิเคราะห์คุณสมบัติของดินที่หมักกับใบพืชชายเลน

3.1.5 วิเคราะห์ แปลผลและสรุปผลการทดลองตามแผนผังขั้นตอนการศึกษา (รูปที่ 11)



รูปที่ 11 แผนผังขั้นตอนการวิจัย

3.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ป่าชายเลนคลองโคน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม

3.3 การศึกษาลักษณะนิเวศวิทยาของป่าชายเลน

3.3.1 เก็บข้อมูลพื้นที่ศึกษา

ทำการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลน โดยจำแนกเป็น 2 เขตพื้นที่ คือ เขตพื้นที่ป่าชายเลนอนุรักษ์และเขตพื้นที่ป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

3.3.1.1 การวางแปลงสุ่มตัวอย่าง

วางแปลงสุ่มตัวอย่าง เพื่อศึกษาสังคมพืชป่าชายเลน ทำการวางแนว (Transect line) ให้ขนานกับชายฝั่ง แล้ววางแปลงขนาด 10x10 ตารางเมตร ในแต่ละแปลง 10x10 ตารางเมตร ทำการวางแปลงย่อยขนาด 5x5 ตารางเมตร จำนวน 1 แปลง และในแปลงย่อยขนาด 5x5 ตารางเมตร ทำการวางแปลงย่อยขนาด 2x2 ตารางเมตร จำนวน 1 แปลง ในการวางแนวนั้นทำการกำหนดเส้นแนว ดังนี้

เขตพื้นที่ป่าชายเลนอนุรักษ์ จำนวน 10 แปลง และเขตพื้นที่ป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จำนวน 10 แปลง โดยกระจายให้ทั่วทั้งป่า

3.3.1.2 ชนิดของแปลงสุ่มตัวอย่าง

การศึกษาจะใช้แปลงชนิด Count quadrate ทำการบันทึกชนิดของพืชและนับจำนวน พร้อมทำการเก็บข้อมูลพืชที่ปรากฏรากในแปลงตัวอย่างแต่ละแปลง ดังนี้

- บันทึกประเภทของพืชที่ปรากฏและจำนวนพืชแต่ละประเภทที่ปรากฏในแต่ละแปลง ชื่อผู้เก็บข้อมูล และวันที่เก็บข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์

- แปลงขนาด 10 X 10 เมตร เก็บข้อมูลไม้ใหญ่ (Tree) คือ การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอก (Diameter at breast height, DBH) ไม้ที่สูงกว่า 1.30 เมตร สำหรับไม้พวกสกุลโกงกาง หรือไม้ที่มีรากค้ำจุน ให้วัดขนาดเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 20 เซนติเมตร เหนือคอรากหรือเหนือกลุ่มรากที่อยู่บนสุด ทำการจำแนกชนิด และนับจำนวนต้น

- แปลงขนาด 5 x 5 เมตร เก็บข้อมูลลูกไม้ (Sapling) คือ ไม้ที่สูงกว่า 1.30 เมตร ทำการจำแนกชนิด และนับจำนวนต้น

- แปลงขนาด 2 x 2 เมตร เก็บข้อมูลกล้าไม้ (Seedling) คือ ไม้ที่มีความสูงไม่เกิน 1.30 เมตร จำแนกชนิดและนับจำนวนต้น

3.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงนิเวศ

เป็นลักษณะโครงสร้างของสังคมพืช ซึ่งได้จากการเก็บข้อมูลโดยวิธีการวางแปลงสุ่มตัวอย่าง ลักษณะเชิงปริมาณของสังคมพืชโดยศึกษาจากค่าต่างๆ (Mangkay, Harahab, & Polii, 2013) ดังนี้

(1) ค่าความหนาแน่นของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด (Density, D) คือ ความหนาแน่นของต้นไม้ต่อหน่วยพื้นที่ มีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$\text{ความหนาแน่น (D)} = \frac{\text{จำนวนต้นของชนิดไม้นั้นที่พบในแปลงตัวอย่าง}}{\text{พื้นที่แปลงตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการศึกษา}}$$

(2) ความถี่ของพันธุ์ไม้ชนิดนั้น (Frequency, F) คือ ความบ่อยครั้งของพันธุ์ไม้ชนิดหนึ่งชนิดใดที่จะปรากฏในแปลงตัวอย่าง นิยมหาเป็นค่าร้อยละ มีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$\text{ความถี่ (F)} = \frac{\text{จำนวนแปลงตัวอย่างที่ชนิดไม้นั้นปรากฏ}}{\text{จำนวนแปลงตัวอย่างทั้งหมด}}$$

(3) การปกคลุมเรือนยอดของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด (Coverage, Ci) คือ ความมีอิทธิพลของพันธุ์ไม้ในสังคมพืช นิยมวัดเป็นการปกคลุมเรือนยอดทางพื้นที่หน้าตัด (Basal area, BA) โดยแปลงจากค่าเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอก (Diameter at breast height, DBH) หรือจากเส้นรอบวงที่ความสูงเพียงอก (Girth at breast height, GBH) ให้อยู่ในรูปของพื้นที่หน้าตัดแล้วค่อยนำมาคำนวณค่าการปกคลุมเรือนยอด มีสูตรการคำนวณ (Mangkay et al., 2013) ดังนี้

$$\text{พื้นที่หน้าตัด (BA)} = \frac{\pi (DBH)^2}{4} \quad \text{หรือ} \quad \frac{(GBH)}{4\pi}$$

DBH คือ เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก

GBH คือ เส้นรอบวงที่มีความสูงเพียงอก

$$\text{ดังนั้นการปกคลุมเรือนยอด (Ci)} = \frac{\text{พื้นที่หน้าตัดรวมทั้งหมดของไม้ชนิดนั้น}}{\text{พื้นที่ทั้งหมดที่ทำการสำรวจ}}$$

(4) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด (Relative Density, RD)

$$\text{ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (RD)} = \frac{\text{จำนวนต้นของพันธุ์ไม้ชนิดนั้น}}{\text{จำนวนต้นไม้ทั้งหมดทุกชนิด}} \times 100$$

(5) ความถี่สัมพัทธ์ของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด (Relative Frequency, RF)

$$\text{ความถี่สัมพัทธ์ (RF)} = \frac{\text{จำนวนแปลงที่ชนิดไม้นั้นปรากฏ}}{} \times 100$$

ผลรวมจำนวนแปลงที่ไม้แต่ละชนิดปรากฏ

(6) การปกคลุมเรือนยอดสัมพัทธ์ของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด (Relative Coverage, RCi)

$$\text{การปกคลุมเรือนยอดสัมพัทธ์ (RCi)} = \frac{\text{พื้นที่หน้าตัดของไม้ชนิดนั้น}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของไม้ทุกชนิด}} \times 100$$

(7) ค่าดัชนีความสำคัญ (Importance Value Index, IVI) คือ ค่าของการแสดงออกด้านนิเวศของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน คำนวณได้จากการรวมค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (RD) ความถี่สัมพัทธ์ (RF) และการปกคลุมเรือนยอดสัมพัทธ์ (RCi) เข้าด้วยกัน ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) มีค่าตั้งแต่ 0 ไปจนถึง 300 มีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$IVI = RD + RF + RCi$$

โดย IVI คือ ค่าดัชนีความสำคัญ

RD คือ ความหนาแน่นสัมพัทธ์

RF คือ ความถี่สัมพัทธ์

RCi คือ การปกคลุมเรือนยอดสัมพัทธ์

3.4 การศึกษาอินทรีย์คาร์บอนในใบพืช

วิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอน โดยวิธีของ Ben-Dor and Banin (1989) นำตัวอย่างใบพืชสดชั่งน้ำหนักและบันทึกผล เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน ชั่งน้ำหนักใบพืชและบันทึกผล นำใบพืชอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล เผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล และคำนวณจากสมการ ดังนี้

$$\%LOI = \frac{Weight_{105} - Weight_{400}}{Weight_{105}} \times 100$$

โดย %LOI คือ ร้อยละของการสูญเสียปริมาณสารอินทรีย์

$Weight_{105}$ คือ น้ำหนักหลังอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

$Weight_{400}$ คือ น้ำหนักหลังเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส

3.5 การศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของดิน

3.5.1 จุดเก็บตัวอย่างดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินบริเวณป่าชายเลนคลองโคน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม

3.5.2 การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินในสังคมพืชป่าชายเลนคลองโคนบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนอนุรักษ์ ทำการเก็บตัวอย่างดินโดยใช้สว่านเจาะดิน ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร ทำการขุดดินในแปลงตัวอย่าง ในพื้นที่ที่มีขนาด 40x40 เซนติเมตร ที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินใส่ถุงพลาสติก และระบุชื่อตัวอย่างให้ชัดเจน

3.5.3 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

3.5.3.1 สมบัติทางกายภาพ

1) ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) ความหนาแน่นรวมของดิน คือ มวลของดินแห้งต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรรวมของดิน หาโดยหาจากวิธี Core method ของ Culley (1993) .

2) ความชื้นในดิน (Soil moisture) โดยวิธี Alternative method ของ Mehlich (1984) โดยนำดินมาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.5.3.2 สมบัติทางเคมี

1) ความเป็นกรดเป็นด่าง วิเคราะห์โดยใช้ pH meter ของ Blakemore, Searle, and Daly (1977)

2) อินทรียวัตถุ (Organic matter) วิเคราะห์โดยวิธี Wet oxidation ของ Walkley and Black (1934)

3) ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total nitrogen) วิเคราะห์โดยวิธี Kjeldahl method ของ Sparks et al. (1996)

3.6 การศึกษาการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในใบพืชป่าชายเลน

3.6.1 การเก็บตัวอย่างใบพืชสด

เก็บตัวอย่างใบพืชสดในพื้นที่ป่าชายเลนคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม จำแนกใบพืชสดเป็นแต่ละประเภท เก็บตัวอย่างใบพืชสดใส่ถุงพลาสติก ระบุชื่อตัวอย่างให้ชัดเจน เก็บรักษาไว้ในตู้แช่เย็นที่อุณหภูมิต่ำ

3.6.2 การเตรียมตัวอย่างในการหมักดินชายเลนกับใบพืช

นำตัวอย่างดินชายเลนหมักกับใบพืช โดยนำตัวอย่างใบพืชสดแต่ละประเภท จากนั้นชั่งน้ำหนักในอัตราส่วนใบพืชที่มีการทับถมที่มากที่สุดของป่าชายเลนปากแม่น้ำ อัตราส่วนการทับถม

ของซากพืชเท่ากับ 497 กิโลกรัมต่อไร่ (สนิท อักษรแก้ว, 2542) ตัดใบพืชเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำมาผสมกับตัวอย่างดินในอัตราส่วนระหว่างดินต่อพืชที่คำนวณได้จากการศึกษาของ(วราพร บุญประเสริฐ, 2560) รักษาระดับน้ำให้อยู่เหนือดินเล็กน้อยด้วยน้ำกลั่นอย่างสม่ำเสมอ แล้วนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทดลอง ในเดือนที่ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี

3.6.3 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

3.6.3.1 สมบัติทางกายภาพ

1) ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) ความหนาแน่นรวมของดิน คือ มวลของดินแห้งต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรรวมของดิน หาโดยหาจากวิธี Core method ของ Cully (1993)

2) ความชื้นในดิน (Soil moisture) โดยวิธี Alternative method ของ Mehlich (1984) โดยนำดินมาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.6.3.2 สมบัติทางเคมี

1) ความเป็นกรดเป็นด่าง วิเคราะห์โดยใช้ pH meter ของ Blakemore, Searle, and Daly (1987)

2) อินทรียวัตถุ (Organic matter) วิเคราะห์โดยวิธี Wet oxidation ของ Walkley and Black (1934)

3) ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total nitrogen) วิเคราะห์โดยวิธี Kjeldahl method ของ Sparks *et al*. (1996)

3.7 วิธีการคำนวณ

3.7.1 วิธีการคำนวณหาอินทรีย์คาร์บอนในใบพืช (Kauffman & Donato, 2012)

ร้อยละของอินทรีย์คาร์บอน (%C) = 0.415 x %LOI + 2.89

โดย %LOI คือ ร้อยละของการสูญเสียปริมาณสารอินทรีย์

3.7.2 วิธีการคำนวณหาอินทรีย์คาร์บอนต่อปริมาณไนโตรเจน (Gifford, 2000)

อัตราส่วนอินทรีย์คาร์บอนต่อปริมาณไนโตรเจน (C/N ratio) = $\frac{OC}{N}$

โดย OC คือ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน

N คือ ปริมาณไนโตรเจน

3.7.3 วิธีการคำนวณหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน (Pearson, Brown, & Birdsey, 2007)

การกักเก็บคาร์บอนในดิน (ตัน/เฮกแตร์) = [ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัมดิน/ลูกบาศก์เซนติเมตร) x ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (ร้อยละ) x ความลึก (เมตร)] x 100

3.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำผลการศึกษามาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อหาค่าความถี่ ค่าร้อยละ และค่าความสัมพันธ์ทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ค่า One-way Repeated Measure ANOVA และการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficients)

บทที่ 4
ผลการศึกษาและอภิปรายผล

การศึกษาวิจัยนี้ได้แบ่งผลการศึกษาออกเป็น ดังนี้ (1) ผลของการศึกษาสังคมพืชในป่าชายเลนคลองโคน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม แบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ป่าชายเลนเขตอนุรักษ์และพื้นที่ป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยศึกษาชนิดและจำนวนของพันธุ์ไม้ ความหนาแน่นของพันธุ์ไม้ การปกคลุมเรือนยอดของพันธุ์ไม้ ความถี่ของพันธุ์ไม้ และดัชนีความสำคัญทางนิเวศวิทยาของพันธุ์ไม้ และ (2) ผลของการวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในใบพืช ผลของการวิเคราะห์ตัวอย่างดินชายเลนและตัวอย่างดินชายเลนที่หมักกับใบพืชแต่ละชนิด โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของดิน ได้แก่ ความหนาแน่นรวมของดิน ความเป็นกรดเป็นด่าง ความชื้น อินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจนรวมทั้งหมด ผลการคำนวณปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในดินชายเลนที่หมักกับใบพืชแต่ละชนิด ปรากฏผลการศึกษาดังนี้

4.1 การศึกษาสังคมชีวิตพืชป่าชายเลนคลองโคน

4.1.1 การสำรวจพื้นที่ศึกษา

การสำรวจพื้นที่ศึกษา พื้นที่ที่ทำการสำรวจ คือ พื้นที่ป่าชายเลนคลองโคน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม ลักษณะและสภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปมีลักษณะสภาพพื้นที่เป็นที่ราบ น้ำทะเลท่วมถึง มีอาณาเขตทางทิศใต้ติดกับอ่าวไทย แหล่งน้ำธรรมชาติเป็นลำคลองที่เชื่อมต่อกับทะเล มีลำคลอง 4 สายหลัก ได้แก่ คลองคด คลองโคน แพรกทะเล และคลองช่อง โดยพื้นที่ด้านในป่าชายเลนประกอบด้วยแพรก หรือลำคลองเล็กแตกย่อยออกไป เพื่อใช้เป็นเส้นทางสำหรับการคมนาคมทางเรือของคนในชุมชน โดยมีแพรกทะเลเป็นแพรกที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในลำคลองทั้งสี่และมีการนำไม้ลวกมาปักลงกลางลำน้ำเป็นเส้นตรงตามความกว้างเพื่อเลี้ยงหอยแครงและนำไปขายต่อไป สองข้างทางจะเต็มไปด้วยไม้หลากหลายชนิดพันธุ์ และมีสิ่งปลูกสร้าง เช่น บ้านเรือน และบ้านพักโฮมสเตย์สำหรับนักท่องเที่ยว จากการศึกษาของ(วราพร บุญประเสริฐ, 2560) ได้แบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 พื้นที่ คือ พื้นที่แนวป่าชายเลนติดนากุ้ง พื้นที่แนวในป่าชายเลนตำบลคลองโคน รอยต่อระหว่างเขตพิทักษ์ป่าชายเลน 1,000 ไร่กับพื้นที่ป่าปลูกเพิ่มเติม และพื้นที่แนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล ในการศึกษานี้ ได้ทำการสำรวจและทำการศึกษาโดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ป่าชายเลนเขตอนุรักษ์ และพื้นที่ป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (รูปที่ 12)

ป่าชายเลนเขตอนุรักษ์ (ก) ป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ข)

รูปที่ 12 ลักษณะพื้นที่ป่าชายเลนอนุรักษ์และป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

4.1.2 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ป่าชายเลนเขตอนุรักษ์และป่าชายเลนเขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ทั้ง 2 พื้นที่มีลักษณะ ดังนี้ พื้นที่ป่าชายเลนเขตอนุรักษ์ เป็นพื้นที่รอยต่อเขตพิทักษ์ป่าชายเลน 1,000 ไร่เป็นพื้นที่เดิมที่มีการอนุรักษ์ไว้กับพื้นที่ป่าปลูกเพิ่มเติมจากป่าชายเลนธรรมชาติ เป็นพื้นที่ที่อยู่ติดกับชายฝั่งทะเล มีการปลูกป่าเพื่อทดแทนและเพิ่มเติมอย่างสม่ำเสมอ

ในปี 2545 ได้มีการก่อตั้งสถานีพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 7 (สมุทรสงคราม) เพื่อเป็นศูนย์กลางการประสานงานด้านการศึกษา การอนุรักษ์ พัฒนาทรัพยากรป่าชายเลน และจัดกิจกรรมการปลูกป่าชายเลนเพื่อทดแทนและเพิ่มเติม ทำให้เกิดเป็นพื้นที่หาดเลนงอกใหม่ออกไปตามชายฝั่งทะเล

พื้นที่ป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นพื้นที่ที่ในอดีตเคยมีประชาชนในพื้นที่บุกรุกลักลอบทำการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและใช้ประโยชน์อื่น ๆ ปัจจุบันได้มีการกำหนดขอบเขตพื้นที่ห้ามมิให้มีการบุกรุกลักลอบทำการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและใช้ประโยชน์อื่น ๆ และได้ทำการฟื้นฟูสภาพพื้นที่ป่าชายเลน โดยทำการปลูกป่าเพิ่มเติม

4.1.3 การศึกษาสังคมพืชป่าชายเลน

จากการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนคลองโคน โดยทำการวางแปลงศึกษา พบว่าบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนเขตอนุรักษ์ พบพืชป่าชายเลนจำนวน 2 วงศ์ 2 สกุล 3 ชนิด ได้แก่ วงศ์ AVICENNIACEAE จำนวน 1 สกุล 1 ชนิด คือ แสมขาว (*Avicennia alba* Blume) วงศ์ RHIZOPHORACEAE จำนวน 1 สกุล 2 ชนิด คือ โกงกางใบเล็ก (*Rhizophara apiculata* Blume) และโกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata* Poir)

บริเวณพื้นที่ป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พบพืชป่าชายเลนจำนวน 4 วงศ์ 4 สกุล 5 ชนิด ได้แก่ วงศ์ AVICENNIACEAE จำนวน 1 สกุล 1 ชนิด คือ แสมขาว (*Avicennia alba* Blume) วงศ์ RHIZOPHORACEAE จำนวน 1 สกุล 2 ชนิด คือ โกงกางใบเล็ก (*Rhizophara apiculata* Blume) และ โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata* Poir) วงศ์ MELIACEAE จำนวน 1 สกุล 1 ชนิด คือ ตะบูนขาว (*Xylocarpus granatum* Koenig) และวงศ์ ARECACEAE จำนวน 1 สกุล 1 ชนิด คือ จาก (*Nypa fruticans* Wurmb) (รูปที่ 13)

แสมขาว (ก) โกงกางใบเล็ก (ข) โกงกางใบใหญ่ (ค)

จาก (ง) ตะบูนขาว (จ)

รูปที่ 13 สังคมพืชป่าชายเลนคลองโคน

สำหรับการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนในครั้งนี้ จะเห็นได้ว่า สังคมหมู่ไม้สกุลแสมและโกงกางจะพบเฉพาะจะพบได้ทั้งในพื้นที่ป่าชายเลนเขตอนุรักษ์และป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งพื้นที่ทั้งสองเป็นพื้นที่ป่าชายเลนที่ติดอยู่ชายฝั่งทะเล แต่อย่างไรก็ตามลักษณะของสังคมพืชป่าชายเลนจะมีลักษณะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ จะเห็นได้จากการศึกษาโครงสร้างและความหลากหลายป่าชายเลน บริเวณคลองสิเกา จังหวัดตรัง ของสิทธิโชค จันทร์ย่อง (2554) พบสังคมไม้เด่น คือ ไม้โกงกางใบเล็ก ส่วนโครงสร้างป่าชายเลนบริเวณปากแม่น้ำตาปี (อ่าวบ้านดอน) จังหวัดสุราษฎร์ธานี ของดรุณี เจียมจำรัสศิลปะ และกฤษฎา สุทธินุ่น (2554) พบชนิดพันธุ์ไม้เด่น คือ ลำพู ส่วนสังคมตะบูนขาวและจาก ในการศึกษาครั้งนี้จะพบบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเท่านั้น สอดคล้องกับการศึกษาของแสงจันทร์ วายทุกข์ และคณะ (2561) พบว่า ตะบูนขาวมักพบเฉพาะพื้นที่ป่าชายเลนที่อยู่ติดชุมชน ทั้งนี้เมื่อพิจารณาลักษณะสังคมพืชของป่าชายเลนทั้งสองพื้นที่พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากการขึ้นอยู่ของหมู่ไม้ในพืชที่ป่าชายเลนมีความสัมพันธ์กับสภาพพื้นที่และปัจจัยแวดล้อม กล่าวคือ สังคมหมู่ไม้สกุลแสมเป็นไม้เบิกนำซึ่งขึ้นได้ดีในที่โล่งติดชายฝั่งทะเลหรือพื้นที่ป่าชายเลนซึ่งมีดินเลนที่มีทรายผสมและเป็นพื้นที่ที่น้ำท่วมถึงประจำ ส่วนสังคมหมู่ไม้ตะบูนขาวเป็นสังคมหมู่ไม้ที่ชอบขึ้นในพื้นที่ค่อนข้างสูงเล็กน้อย ดินเลนค่อนข้างแข็งและมีน้ำทะเลท่วมถึงบางครั้ง (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันของทั้งสองพื้นที่ กล่าวคือ พื้นที่ป่าชายเลนที่อยู่ติดชุมชนย่อมมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น การขุดบ่อเลี้ยงกุ้ง การสร้างบ้านเรือน โฮมสเตย์ และการสร้างถนน เป็นต้น เป็นสาเหตุทำให้ความสามารถในการท่วมถึงของน้ำทะเลในป่าชายเลนเปลี่ยนแปลง โดยจะส่งผลต่อความเค็มของน้ำในดินและปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นที่สำคัญตลอดจนมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของสังคมพืชในพื้นที่ ส่วนบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนอนุรักษ์เป็นป่าชายเลนที่คนในชุมชนไม่สามารถเข้าไปเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากเป็นพื้นที่อนุรักษ์มีข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์พื้นที่ จึงส่งผลให้ลักษณะสังคมพืชมีความหลากหลายเป็นไปตามธรรมชาติของพื้นที่ป่าชายเลน

4.1.4 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของพืชป่าชายเลน

จากการวางแปลงศึกษาสังคมพืชป่าชายเลน ทำการเก็บข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้ใหญ่และลูกไม้พืชป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ป่าชายเลนเขตอนุรักษ์ พบว่า แสมขาว มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกสูงที่สุด เท่ากับ 22.55 เซนติเมตร รองลงมา คือ โกงกางใบเล็ก และโกงกางใบใหญ่ มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก เท่ากับ 2.32 และ 2.07 เซนติเมตร ตามลำดับ

บริเวณพื้นที่ป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พบว่า แสมขาว มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกสูงที่สุด เท่ากับ 19.69 เซนติเมตร รองลงมา คือ ตะบูนขาว โกงกางใบใหญ่ และโกงกางใบเล็ก มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก เท่ากับ 7.45 6.37 และ 6.20 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และ 2)

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า ทั้งสองพื้นที่มีต้นแสมขาวเพียงชนิดเดียวเท่านั้นที่มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก เนื่องจากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของต้นไม้จะผกผันกับความหนาแน่นของต้นไม้ (Kongsangchai, 1988) นั่นหมายความว่า เมื่อมีความหนาแน่นของต้นไม้มาก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกจะมีค่าน้อย และเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกในป่าชายเลนของพื้นที่อื่น พบว่า อยู่ในระดับสูง เช่น จากการศึกษาของผุสดี สุขพิบูลย์ และสามัคคี บุณยะวัฒน์ (2558) ศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของแสมทะเลในพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี พบว่า มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก เท่ากับ 6.27 และ 6.50 เซนติเมตร และจากการศึกษาของ Sangworn (2005) ศึกษาเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณฝั่งขวาปากแม่น้ำเพชร อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี พบว่า มีค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้เท่ากับ 7.18 เซนติเมตร

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้ใหญ่และลูกไม้บริเวณป่าชายเลนเขตอนุรักษ์

พื้นที่	แปลงที่	เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)							
		แสมขาว		โกงกางใบเล็ก		โกงกางใบใหญ่		ตะบูนขาว	
		ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย
เขตอนุรักษ์	1	6.36-40.19	11.55						
	2	8.78-27.20	17.17						
	3	10.25-39.65	22.55	1.98-3.56	2.16	1.98	1.98		
	4	22.02	22.02	1.34-2.48	1.83				
	5	13.52-20.49	14.95						
	6	8.56-19.95	9.79	1.98-4.45	2.32				
	7	8.56-33.41	12.83						
	8	14.48-25.68	19.20						
	9	5.60-25.61	12.33	4.00-4.76	2.06				
	10	8.56-37.00	22.38	1.98-5.25	2.31	2.07	2.07		

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้ใหญ่และลูกไม้บริเวณป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

พื้นที่	แปลงที่	เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)							
		แสมขาว		โกงกางใบเล็ก		โกงกางใบใหญ่		ตะบูนขาว	
		ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย
ใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	1	14.72-31.56	18.85	3.85-26.41	6.37				
	2	13.84-43.50	19.27						
	3	13.05-29.91	19.69	1.91-3.80	3.62	3.72-4.84	3.82		
	4	15.66-34.46	19.25	4.23	4.23	6.20	6.20	6.52-14.64	4.04
	5	14.25-41.27	17.35					7.45	7.45
	6	10.31-27.27	16.49						
	7	12.09-18.55	15.14						
	8	14.72-27.24	17.08						
	9	4.42-35.95	15.58						
	10	14.06-36.88	6.37	4.00-5.02	4.31				

4.1.5 ค่าเฉลี่ยความสูงของพืชป่าชายเลน

จากการวางแปลงศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนคลองโคน ทำการเก็บข้อมูลความสูงของไม้ใหญ่และลูกไม้พืชป่าชายเลน บริเวณพื้นที่ป่าชายเลนเขตอนุรักษ์ พบว่า แสมขาว มีค่าเฉลี่ยความสูงสูงที่สุด เท่ากับ 15.84 เมตร รองลงมา คือ โกงกางใบเล็ก และโกงกางใบใหญ่ มีค่าเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 3.12 และ 1.9 เมตร ตามลำดับ

บริเวณพื้นที่ป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พบว่า แสมขาว มีค่าเฉลี่ยความสูงสูงที่สุด เท่ากับ 9.93 เมตร รองลงมา คือ โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่และตะบูนขาว มีค่าเฉลี่ยความสูง เท่ากับ 7.50 5.20 และ 4.00 เมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3 และ 4)

เมื่อพิจารณาทั้ง 2 พื้นที่ พบว่า แสมขาว มีค่าเฉลี่ยความสูงสูงที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับความสูงของไม้ในป่าชายเลนของพื้นที่อื่น ๆ พบว่า อยู่ในระดับสูง เช่น จากการศึกษาของผุสดี สุขพิบูลย์ และสามัคคี บุณยะวัฒน์ (2558) ศึกษาความสูงของแสมทะเลในพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี พบว่า มีค่าเฉลี่ยความสูง เท่ากับ 4.99 เมตร และ 5.92 เมตร และจากการศึกษาของ Sangworn (2005) ศึกษาความสูงของไม้ในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณฝั่งขวาปากแม่น้ำเพชร อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี พบว่า มีค่าเฉลี่ยความสูงของไม้เท่ากับ 7.55 เมตร จากการศึกษาในครั้งนี้นอกจากจะมีแสมขาวเป็นไม้ใหญ่แล้ว ยังมีต้นไม้ขนาดเล็ก ซึ่งต้นไม้ที่มีขนาดเล็กเหล่านี้จะเป็นขนาดของกลุ่มไม้ที่มีศักยภาพในการสะสมมวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนของป่าในอนาคต (อานุช คีรีรัฐนิคม และทิพย์ทิวา สัมพันธมิตร (2556)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยความสูงของไม้ใหญ่และลูกไม้บริเวณป่าชายเลนเขตอนุรักษ์

พื้นที่	แปลงที่	ความสูง (เมตร)							
		แสมขาว		โกงกางใบเล็ก		โกงกางใบใหญ่		ตะบูนขาว	
		ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย
เขตอนุรักษ์	1	1.75-19.80	7.48						
	2	1.70-15.00	6.76						
	3	10.60-19.80	15.84	1.40-3.60	1.83	1.40	1.40		
	4	12.00	12.00	1.20-5.50	3.12				
	5	2.30-20.30	8.71						
	6	1.50-16.20	3.29	1.40-6.10	2.51				
	7	1.50-9.00	2.98						
	8	10.50-21.60	13.48						
	9	2.90-9.00	4.94	1.50-2.50	1.84				
	10	1.50-20.20	8.91	1.30-3.50	1.74	1.90	1.90		

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยความสูงของไม้ใหญ่และลูกไม้บริเวณป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

พื้นที่	แปลงที่	ความสูง (เมตร)							
		แสมขาว		โกงกางใบเล็ก		โกงกางใบใหญ่		ตะบูนขาว	
		ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย
ใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	1	2.00-22.00	9.09	3.00-19.80	5.09				
	2	2.50-12.00	4.45						
	3	3.00-19.50	9.93	1.50-3.50	2.04	1.5-5.5	2.18		
	4	3.00-18.00	6.25	7.50	7.50	5.20	5.20		
	5	1.50-19.50	4.01					1.50-3.50	2.17
	6	1.30-18.00	4.38					4.00	4.00
	7	1.30-12.00	2.87						
	8	2.00-6.90	3.19						
	9	2.50-9.80	4.75						
	10	1.30-19.80	6.03	1.40-4.40	2.84				

4.1.6 ดัชนีความสำคัญทางนิเวศวิทยาของพืชชายเลน

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสำคัญของพืชป่าชายเลนของไม้ใหญ่ ลูกไม้ และกล้าไม้ ซึ่งได้จากผลรวมของความหนาแน่นสัมพัทธ์ ความถี่สัมพัทธ์ และการปกคลุมเรือนยอดสัมพัทธ์

บริเวณพื้นที่ป่าชายเลนเขตอนุรักษ์ ค่าดัชนีความสำคัญของพืชป่าชายเลนของไม้ใหญ่และลูกไม้ พบว่า แสมขาว เป็นพันธุ์ไม้เด่น พบปรากฏในทุกแปลงตัวอย่างที่ศึกษา โดยมีค่าดัชนีความสำคัญ เท่ากับ 213.78 รองลงมา คือ โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ มีค่าดัชนีความสำคัญ เท่ากับ 116.27 และ 19.80 ตามลำดับ ค่าดัชนีความสำคัญของพืชป่าชายเลนของกล้าไม้ พบว่า โกงกางใบเล็ก มีค่าดัชนีความสำคัญสูงที่สุด เท่ากับ 146.30 รองลงมา คือ แสมขาว และโกงกางใบใหญ่ มีค่าดัชนีความสำคัญ เท่ากับ 133.33 และ 27.78 ตามลำดับ

บริเวณพื้นที่ป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พบว่า ค่าดัชนีความสำคัญของพืชป่าชายเลนของไม้ใหญ่และลูกไม้ พบว่า แสมขาว เป็นพันธุ์ไม้เด่น พบปรากฏในทุกแปลงตัวอย่างที่ศึกษา โดยมีค่าดัชนีความสำคัญ เท่ากับ 224.73 รองลงมา คือ โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่และตะบูนขาว มีค่าดัชนีความสำคัญ เท่ากับ 83.49 30.38 และ 23.44 ค่าดัชนีความสำคัญของพืชป่าชายเลนของกล้าไม้ พบว่า แสมขาว มีค่าดัชนีความสำคัญสูงที่สุด เท่ากับ 148.38 รองลงมา คือ โกงกางใบเล็กและโกงกางใบใหญ่ เท่ากับ 123.48 และ 17.42 ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ความหนาแน่นสัมพัทธ์ การปกคลุมเรือนยอดสัมพัทธ์และความถี่สัมพัทธ์

ชนิด	พื้นที่	ไม้ใหญ่และลูกไม้				กล้าไม้		
		RD (%)	RCi (%)	RF (%)	IVI	RD (%)	RF (%)	IVI
แสมขาว	เขตอนุรักษ์	61.50	93.46	58.82	213.78	100	33.33	133.33
	ใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	74.88	94.30	55.56	224.73	90.04	58.33	148.38
โกงกางใบเล็ก	เขตอนุรักษ์	74.23	12.63	29.41	116.27	96.30	50.00	146.30
	ใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	50.08	11.18	22.22	83.49	90.15	33.33	123.48
โกงกางใบใหญ่	เขตอนุรักษ์	6.90	1.13	11.76	19.80	11.11	16.67	27.78
	ใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	14.52	4.75	11.11	30.38	9.09	8.33	17.42
ตะบูนขาว	เขตอนุรักษ์							
	ใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	10.90	1.43	11.11	23.44			

จากผลการศึกษาเมื่อนำมาเปรียบเทียบจำนวนพรรณไม้ที่พบในพื้นที่ศึกษากับพื้นที่ป่าชายเลนอื่น ๆ พบว่า มีจำนวนพรรณไม้ที่พบในพื้นที่ศึกษามีน้อยกว่าพื้นที่อื่น ๆ เช่น นรารัตน์ พัฒนสิงห์ และคณะ (2555) พบพรรณไม้ป่าชายเลนชุมชนบ้านเปร็ดใน จังหวัดตราด จำนวน 10 ชนิด การที่พรรณไม้ในพื้นที่ป่าชายเลนบ้านคลองโคนทั้งสองพื้นที่ และจากการศึกษาของมุ่งรักษ์ ปิ่นวนิชณ์กุล (2550) พบพรรณไม้ในป่าชายเลนในอำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด จำนวน 35 ชนิด การที่พรรณไม้ในพื้นที่ป่าชายเลนคลองโคนมีน้อยกว่าพื้นที่อื่น ๆ เนื่องจากเป็นป่าที่เกิดจากการฟื้นฟูพื้นที่ป่าที่เคยถูกทำลายถางร้างเพื่อทำนากุ้งในอดีต และภายหลังจึงได้มีการปลูกเสริมโดยใช้กล้าไม้ในพื้นที่ จึงทำให้จำนวนชนิดพรรณไม้มีน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งจำนวนชนิดของกล้าไม้

จากการคำนวณค่าดรรชนีความสำคัญของพืชป่าชายเลนของไม้ในพื้นที่ทั้งสอง จะเห็นได้ว่า มีแสมขาวเป็นพันธุ์ไม้เด่น เนื่องจากไม้สกุลแสมเป็นไม้เบิกนำซึ่งขึ้นได้ดีในที่โล่งติดชายฝั่งทะเลหรือพื้นที่ป่าชายเลนซึ่งมีดินเลนที่มีทรายผสมและเป็นพื้นที่ที่น้ำท่วมถึงประจำ และมีไม้รอง เพียง 3 ชนิดเท่านั้น ได้แก่ โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ และตะบูนขาว แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ศึกษาทั้งสองแห่งนี้มีความหลากชนิดของพรรณไม้ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากพรรณไม้แต่ละชนิดมีจำนวนที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามค่าดรรชนีความหลากชนิดความสำคัญของพืชป่าชายเลนของไม้ในพื้นที่ป่าชายเลนบ้านคลองโคนมากกว่าในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณส่วนบริหารจัดการทรัพยากรป่าชายเลนที่ 1 (จังหวัดชลบุรี) พบว่า มีไม้แสมทะเลเป็นพันธุ์ไม้เด่น และมีไม้รองเพียง 2 ชนิด เท่านั้น คือ โกงกางใบเล็กและลำแพน โดย Shimwell (1971) ได้กล่าวว่า ค่าดรรชนีความสำคัญของพืชป่าชายเลนนั้นเป็นการรวมค่าความสม่ำเสมอ และความมากมายของชนิดพรรณเข้าด้วยกัน ดังนั้นถ้าชนิดพรรณแต่ละชนิดมีจำนวนใกล้เคียงกันค่าดรรชนีความสำคัญของพืชป่าชายเลนจะมีค่าสูง แต่หากจำนวนในแต่ละชนิดพรรณแตกต่างกันมากค่านี้จะต่ำ

4.2 การศึกษาประเภทพืชป่าชายเลนที่มีผลต่อการเก็บคาร์บอนในดินชายเลน

4.2.1 ปริมาณคาร์บอนสะสมในใบพืชป่าชายเลน

จากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนสะสมในใบพืชป่าชายเลน โดยทำการเก็บตัวอย่างใบพืชในเดือนมิถุนายน 2560 และเดือนกุมภาพันธ์ 2561 จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมขาว ลำพู และตะบูนขาว มาวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนสะสมโดยวิธีการเผา เมื่อได้ค่าปริมาณการสูญเสียจากการเผาแล้ว นำมาคำนวณหาปริมาณคาร์บอนสะสม พบว่า

ในเดือนมิถุนายน 2560 ลำพู มีปริมาณคาร์บอนสะสมสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 40.51 ของน้ำหนักแห้ง รองลงมา คือ โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ และแสมขาว มีปริมาณคาร์บอนสะสมเท่ากับ ร้อยละ 39.26, 39.09 และ 39.08 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ปริมาณคาร์บอนสะสมน้อยที่สุด คือ ตะบูนขาว เท่ากับร้อยละ 36.58 ของน้ำหนักแห้ง

ในเดือนกุมภาพันธ์ 2561 ลำพู มีปริมาณคาร์บอนสะสมสูงที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 40.52 น้ำหนักแห้ง รองลงมา คือ โกงกางใบใหญ่ ตะบูนขาว และแสมขาว เท่ากับ ร้อยละ 39.63 , 37.75 และ 36.32 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ปริมาณคาร์บอนสะสมน้อยที่สุด คือ โกงกางใบเล็ก เท่ากับร้อยละ 36.07 ของน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ปริมาณคาร์บอนสะสมในใบพืชป่าชายเลน

ชนิดพืช	ปริมาณคาร์บอนสะสม (ร้อยละ) ของน้ำหนักแห้ง		
	มิถุนายน 2560	กุมภาพันธ์ 2561	เฉลี่ยรวม
โกงกางใบใหญ่	39.09	39.63	39.36
โกงกางใบเล็ก	39.26	36.07	37.67
แสมขาว	39.08	36.32	37.70
ลำพู	40.51	40.52	40.52
ตะบูนขาว	36.58	37.75	37.17

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า พันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีปริมาณการเก็บกักคาร์บอนใกล้เคียงกัน เมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ ใบพืชของลำพู ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนเก็บกัก เท่ากับร้อยละ 40.52 ของน้ำหนักแห้ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kauffman *et al.,* (2011) ได้ทำการศึกษาร้อยละปริมาณการสูญเสียเนื่องจากการเผาในดินป่าชายเลน พบว่า ปริมาณคาร์บอนสะสมอยู่ในช่วงประมาณ ร้อยละ 40.00 ของน้ำหนักแห้ง และจากการศึกษาของ Danpradit (2012) วิเคราะห์คาร์บอนสะสมในส่วนต่าง ๆ ของพืชโดยวิธีการเผา พบว่า ลำพู มีคาร์บอนสะสมในใบ มีค่าเท่ากับร้อยละ 45.07 น้ำหนักแห้ง การสะสมคาร์บอนในพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน และบริเวณส่วนต่าง ๆ ของพืช ได้แก่ ลำต้น ราก กิ่งและใบ จะมีปริมาณคาร์บอนสะสมแตกต่างกัน (Sriladda and Puangchit, 2009) และจากการศึกษาของคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2551) พบว่าปริมาณคาร์บอนในส่วนของใบพรรณไม้ป่าชายเลนในจังหวัดชุมพร มีปริมาณคาร์บอนในใบพืชมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 43.33 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับการรวบรวมของสาพิศ ดิลกสัมพันธ์ (2550) พบว่า พรรณไม้ในป่าธรรมชาติและสวนป่าชนิดต่าง ๆ ของประเทศไทยมีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพโดยเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 40-45 ของน้ำหนักแห้ง แต่ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ วิจารณ์ มีผล (2553) วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนสะสมบริเวณส่วนต่าง ๆ ของพืชชายเลนโดยวิธีการเผา พบว่า ลำแพน มีปริมาณคาร์บอนสะสมในใบ เท่ากับ ร้อยละ 46.02 น้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 7) ทั้งนี้การเก็บกักคาร์บอนในพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนมีปัจจัยต่าง ๆ ในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน เช่น

ความอุดมสมบูรณ์ของพืชชนิดนั้น ๆ และปัจจัยสิ่งแวดล้อม ฉะนั้นย่อมมีความเป็นไปได้ว่า ปริมาณการเก็บกักคาร์บอนของพืชแต่ละชนิดแต่ละพื้นที่ย่อมมีความแตกต่างกัน

สาเหตุที่มีปริมาณคาร์บอนสะสมในใบพืชป่าชายเลนคลองโคนค่อนข้างสูง อาจเป็นเพราะพื้นที่บริเวณนี้ยังมีความอุดมสมบูรณ์สูง ถึงแม้จะเคยผ่านการทำนากุ้งมาแล้วในอดีต แต่เป็นการเลี้ยงแบบธรรมชาติไม่ได้มีการขุดหน้าดินออกไป ประกอบกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ มีความเหมาะสมต่อการเติบโต กล่าวคือ มีน้ำทะเลท่วมถึงสม่ำเสมอ ดินมีความเป็นเลนและเป็นดินเหนียว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของรสริน มังกะโรทัย (2561) ที่สำรวจสภาพแวดล้อมระบบนิเวศป่าชายเลนของพื้นที่ป่าชายเลนในบริเวณพื้นที่นี้พบว่า ดินป่าชายเลนที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงจะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงมาก และมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างสูงจะส่งผลให้พืชพรรณในป่าชายเลนสามารถเจริญเติบโตได้ดี

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในใบพืชชายเลน

งานวิจัย	พื้นที่ศึกษา	ตัวอย่าง	ปริมาณคาร์บอนสะสม (ร้อยละ)
งานวิจัยครั้งนี้	ป่าชายเลนคลองโคน	ใบพืชลำพู	40.52
Kauffman *et al*. (2011)	ป่าชายเลน	ดินชายเลน	40.00
Danpradit (2012)	ป่าชายเลน จังหวัดสุราษฎร์ธานี	ใบพืชลำพู	45.07
วิจารณ์ (2553)	พื้นที่สงวนชีวมณฑลระนอง	ใบพืชลำแพน	46.02

4.2.2 คุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลน

เก็บตัวอย่างดินชายเลนมาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐาน ได้แก่ ความหนาแน่นรวมของดิน ความเป็นกรดด่าง ความชื้น อินทรีย์คาร์บอน และไนโตรเจนรวมทั้งหมด อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน และการเก็บกักคาร์บอนในดินชายเลน มีผลการศึกษา ดังนี้ (ตารางที่ 8)

1) ความหนาแน่นรวมของดิน จากการศึกษาความหนาแน่นรวมของดินชายเลน พบว่าความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในระดับต่ำ เท่ากับ 1.01 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของวราพร บุญประเสริฐ (2560) ทำการศึกษาวิเคราะห์ดินชายเลน 2 ขนาดอนุภาค คือขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร และขนาด ≤ 2 มิลลิเมตร พบว่า ความหนาแน่นของดินขนาด ≤ 2 มิลลิเมตรมีค่ามากกว่าอนุภาคดินขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร โดยทั้งสองขนาดดินมีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.82 ถึง 1.04 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ที่อยู่ในระดับความหนาแน่นดินต่ำ โดย Coyne & Thompson (2006) กล่าวว่า ดินที่มีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.82 ถึง 1.04

จัดเป็นดินเนื้อละเอียด โดยมีอนุภาคของดินเรียงตัวกันแล้วจะมีปริมาตรช่องว่างมาก เนื่องจากตัวอนุภาคของดินชายเลนเต็มไปด้วยอนุภาคน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างจึงทำให้ดินจับตัวกันอย่างหลวม ๆ และเป็นดินที่มีอินทรียวัตถุสูง เนื่องจากมีการสะสมของเศษซากของใบไม้เกิดเป็นอินทรียวัตถุบนผิวดินส่งผลให้เกิดเม็ดดินที่เสถียร มีโครงสร้างดินดี (วรนันท์ สนหันหา และคณะ, 2555 : 10 อ้างถึง Tangsinmankong, 2004 และ Juma, 2001) และผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของกนกพร และคณะ (2558) ศึกษาความหนาแน่นรวมของดินบริเวณป่าชายเลนศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน จังหวัดสมุทรสาคร อยู่ในช่วง 0.8045 ถึง 1.3111 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และศึกษาความหนาแน่นรวมของดินบริเวณพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ด้านอื่นในตำบลคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม พบค่า ความหนาแน่นรวมของดิน อยู่ในช่วง 0.8166 ถึง 1.2035 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แสดงว่าความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในระดับต่ำเช่นเดียวกัน

2) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน จากการศึกษาความเป็นกรดเป็นด่างของดินชายเลน พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในระดับด่างอ่อน เท่ากับ 7.65 สอดคล้องกับการศึกษาของวราพร บุญประเสริฐ (2560) ศึกษาค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินชายเลน พบว่า ดินแนวในป่าชายเลนมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในระดับด่างอ่อน เท่ากับ 7.5 และสอดคล้องกับการศึกษาของวันวิวาห์ (2544) ศึกษาความเป็นกรดเป็นด่างของดินชายฝั่งทะเล ณ หาดเลนคลองโคน พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.61 ถึง 8.50 และสอดคล้องกับการศึกษาของณิฏฐารัตน์ และคณะ (2547) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างบริเวณชายฝั่งจังหวัดสมุทรสงคราม เท่ากับ 8.05

3) ความชื้น จากการศึกษาความชื้น พบว่า ความชื้นของดินชายเลน เท่ากับร้อยละ 1.07 สอดคล้องกับการศึกษาของวราพร บุญประเสริฐ (2560) ศึกษาความชื้นของดินชายเลน พบว่า ดินแนวในป่าชายเลนมีความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 1.1254 โดยแนวโน้มค่าความชื้นในดินจะแปรผันตามอินทรีย์คาร์บอน เพราะความชื้นมีผลต่อการย่อยสลายกลายเป็นอินทรียวัตถุในการสะสมอินทรีย์คาร์บอน (Lew et al., 2011)

4) อินทรีย์คาร์บอนและอินทรียวัตถุของดินชายเลน จากการศึกษาอินทรีย์คาร์บอน พบว่า มีอินทรีย์คาร์บอน เท่ากับร้อยละ 2.66 และมีอินทรียวัตถุอยู่ในระดับสูงมาก เท่ากับร้อยละ 4.59 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพื้นที่ป่าชายเลนคลองโคนมีพรรณไม้ ได้แก่ แสมขาว โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ ลำพู ตะบูนขาว ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นจึงทำให้มีใบไม้เศษไม้สะสมอยู่มาก มีปริมาณอินทรียวัตถุผุพังเน่าเปื่อยสลายตัวเป็นธาตุอาหาร จากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า สอดคล้องกับการศึกษาของวราพร บุญประเสริญ (2560) ศึกษาอินทรีย์คาร์บอนของดินชายเลน พบว่า ดินแนวในป่าชายเลนมีอินทรีย์คาร์บอน เท่ากับร้อยละ 3.62 อินทรียวัตถุอยู่ในระดับสูง และเมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาในพื้นที่ตำบลคลองโคนกับการศึกษาของวันวิวาห์ วิชิตวรคุณ (2544) ศึกษาปริมาณอินทรียวัตถุมีร้อยละที่เพิ่มขึ้น มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 2.05 ถึง 2.32 อินทรียวัตถุอยู่ในระดับปานกลาง และจาก

การศึกษาของสนิท อักษรแก้ว (2547) ศึกษาดินหาดเลนงอกใหม่ ณ บริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า มีร้อยละของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น เมื่อมีการปลูกพืชโกงกางในพื้นที่ดินงอกใหม่จากร้อยละ 1.7 อินทรียวัตถุอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อระยะเวลาผ่านไปร้อยละของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 3.2 อยู่ในระดับสูงปานกลาง และจากการศึกษาของ กนกพร และคณะ (2558) พบอินทรีย์คาร์บอนป่าชายเลนศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน ร้อยละ 1.89 ถึง 4.08 เมื่อคำนวณเป็นค่าอินทรียวัตถุแล้วอยู่ในระดับสูงปานกลาง และพื้นที่ริมทางเข้าตำบลคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม พบอินทรียวัตถุร้อยละ 3.36 ถึง 6.35 เมื่อคำนวณเป็นค่าอินทรียวัตถุแล้วอยู่ในระดับสูงมาก สำหรับสารอินทรีย์ที่เกิดจากป่าชายเลนเองนับได้ว่าเป็นแหล่งที่มาสำคัญของสารอินทรีย์ที่มีบทความสำคัญต่อการดำรงชีวิตและสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ โดยแหล่งกำเนิดใหญ่ของสารอินทรีย์ที่เกิดจากป่าชายเลนเอง คือ สารอินทรีย์ที่เป็นผลผลิตจากการร่วงหล่นของพืชหรือผลผลิตซากพืช พืชซึ่งทำหน้าที่เป็นผู้ผลิตในระบบนิเวศเป็นแหล่งใหญ่ของอาหารปฐมภูมิของระบบ เนื่องจากสามารถสังเคราะห์แสงให้กลายสารประเภทคาร์โบไฮเดรตเก็บไว้ในส่วนต่าง ๆ ของลำต้น และถ่ายทอดต่อไปยังผู้บริโภค (นันทวรรณ ประเสริฐ, 2542)

5) ปริมาณไนโตรเจน จากการศึกษาปริมาณไนโตรเจนของดินชายเลน พบว่าปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับปานกลาง เท่ากับ ร้อยละ 0.22 สอดคล้องกับการศึกษาของวราพร บุญประเสริฐ (2560) ศึกษาไนโตรเจนในดินชายเลนคลองโคน พบว่า ดินแนวป่าชายเลนติดนากุ้งและดินแนวในป่าชายเลนมีค่าใกล้เคียงกันและไนโตรเจนอยู่ในระดับสูง ในขณะที่แนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเลมีค่าน้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัด ไนโตรเจนอยู่ในระดับปานกลาง ผลการศึกษานี้พบความสอดคล้องกันระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับไนโตรเจน โดยพบว่าทั้งสองคุณสมบัติมีความสัมพันธ์เชิงบวกซึ่งกันและกัน สอดคล้องกับผลการศึกษาของกนกพร และคณะ (2558) กล่าวว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินแปรผันตรงกับไนโตรเจน ยกเว้นบริเวณที่มีการชะล้างพัดพาของน้ำทะเล เนื่องจากการสะสมไนโตรเจนในดินต้องอาศัยระยะเวลา หากมีการรบกวนจากน้ำทะเลจะส่งผลต่อการสะสมไนโตรเจนในดิน

6) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เมื่อวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนและนำผลที่ได้มาคำนวณอัตราส่วนของอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจน ผลการคำนวณพบว่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำ เท่ากับร้อยละ 12.24 สอดคล้องกับการศึกษาของวราพร บุญประเสริฐ (2560) ศึกษาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของดินชายเลนทั้งสามแนวอยู่ในช่วง 11.68 ถึง 14.40 พบว่า อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่พบมีค่าน้อยกว่า 25 บ่งชี้ว่าการย่อยสลายดำเนินไปตามอัตราสูงสุดภายใต้เงื่อนไขตามสภาพปัจจัยสิ่งแวดล้อม

7) การเก็บกักคาร์บอนในดินชายเลน จากการศึกษาการเก็บกักคาร์บอนในดินชายเลน พบว่าการเก็บกักคาร์บอนในดินชายเลน เท่ากับ 80.54 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี สอดคล้องกับผลการศึกษา

ของวราพร บุญประเสริฐ (2560) ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินในพื้นที่เดียวกัน พบว่า แนวป่าชายเลนติดนากุ้ง แนวในป่าชายเลน และแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล มีค่าการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 121.77 94.48 และ 69.17 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร ตามลำดับ พบว่า ดินชายเลนมีการกักเก็บคาร์บอนในแนวป่าชายเลนติดนากุ้งมากที่สุด รองลงมา คือ แนวในป่าชายเลน และแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการกักเก็บคาร์บอนในป่าชายเลน บริเวณชายฝั่งทะเลจะลดลงเมื่อระยะทางเข้าใกล้ทะเลมากขึ้น

การกักเก็บคาร์บอนในดิน โดยขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลนของแต่ละแนวตัวอย่าง ป่าชายเลนที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น หอยแครง กุ้ง ปลา และปู ทั้งแบบพัฒนากึ่งพัฒนา และแบบธรรมชาติ มีการเลี้ยงสัตว์น้ำหลายพันไร่ มีการขุดบ่อ ลอกเลนหรือสิ่งปฏิกูลออกจากบ่อและยังมีการระบายน้ำทิ้งในขั้นตอนการเลี้ยงสัตว์น้ำ 3 ช่วง คือ ช่วงระหว่างการเลี้ยง ช่วงทยอยจับผลผลิต และช่วงเก็บเกี่ยว โดยน้ำทิ้งที่มาจากการเพาะเลี้ยงดังกล่าวนั้นจะมีปริมาณสารอินทรีย์สูง เนื่องจากอาหารเสริมที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำ ยาปฏิชีวะ และของเสียที่มาจากสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำ (วัชร์วิมล ประเสริฐวรากุล, 2560) จึงอาจมีการตกตะกอนสะสมในดิน บริเวณใกล้เคียง จึงส่งผลให้ดินในแนวป่าชายเลนเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำพบปริมาณอินทรียคาร์บอนในร้อยละที่สูงมาก และส่งผลให้มีการกักเก็บคาร์บอนในดินสูงด้วย

ตารางที่ 8 คุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลน

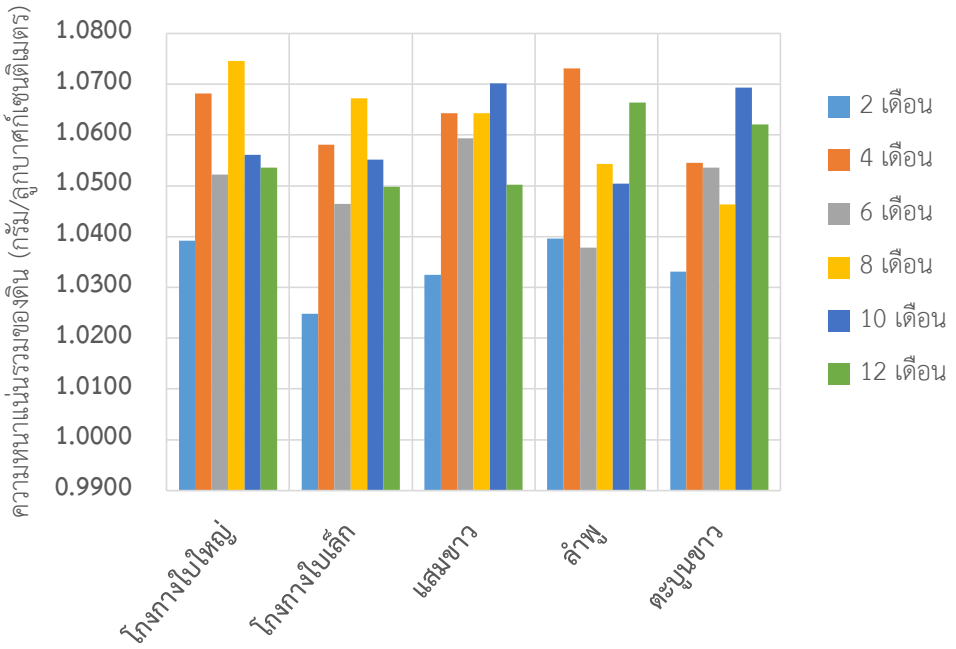
วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพละทางเคมี	ผลการวิเคราะห์ดินชายเลน
ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	1.01±0.01
ความเป็นกรดด่างของดิน	7.65±0.13
ความชื้น (ร้อยละ)	1.07±0.01
อินทรีย์คาร์บอน (ร้อยละ)	2.66±0.31
อินทรียวัตถุ (ร้อยละ)	4.59±0.53
ไนโตรเจนรวมทั้งหมด (ร้อยละ)	0.22±0.03
อินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจน (ร้อยละ)	12.24±1.59
การเก็บกักคาร์บอน (ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี)	80.54±8.77

4.2.3 อิทธิพลของใบพืชต่อคุณสมบัติดินชายเลน

เมื่อเก็บตัวอย่างดินชายเลนมาหมักกับใบพืชชายเลน 5 ชนิด ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมขาว ลำพู และตะบูนขาว โดยวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐาน ได้แก่ ความหนาแน่นรวมของดิน ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ความชื้นของดิน อินทรีย์คาร์บอนในดินและไนโตรเจนทั้งหมดในดินซึ่งทำการวิเคราะห์ทุก 2 เดือน เป็นเวลา 1 ปี ปรากฏผลการศึกษา ดังนี้

4.2.3.1 ความหนาแน่นรวมของดิน

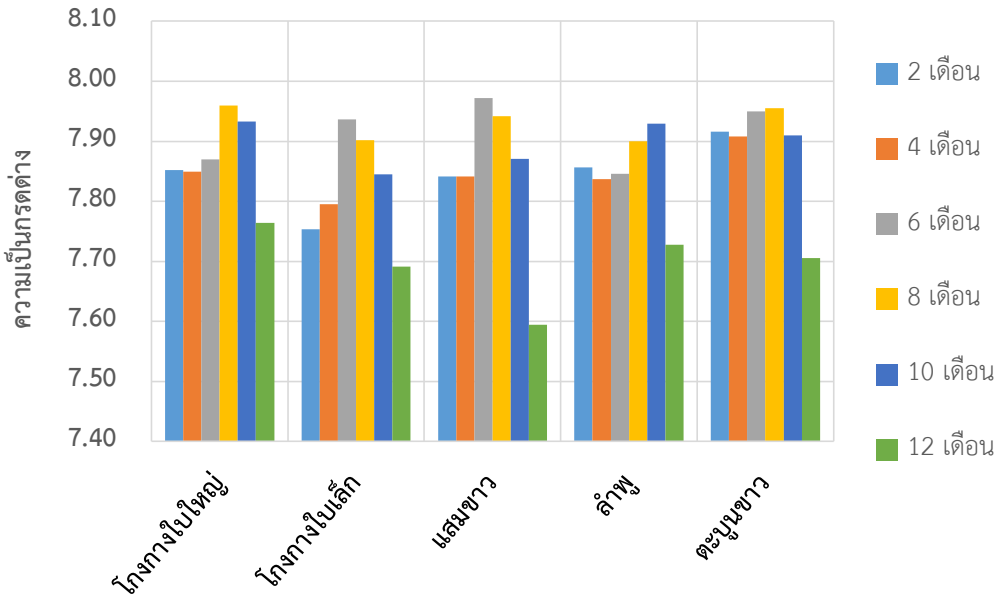
ค่าความหนาแน่นรวมของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน 5 ชนิด พบว่า พืชชายเลน 5 ประเภท มีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 1.02 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ถึง 1.07 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งอยู่ในระดับความหนาแน่นดินต่ำ (<1.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) โดยพืชชายเลนทั้ง 5 ชนิด มีความหนาแน่นรวมของดินแตกต่างกัน ในระยะเวลาทุก 2 เดือน (รูปที่ 14)



รูปที่ 14 ความหนาแน่นรวมของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน

4.2.3.2 ความเป็นกรดด่างของดิน

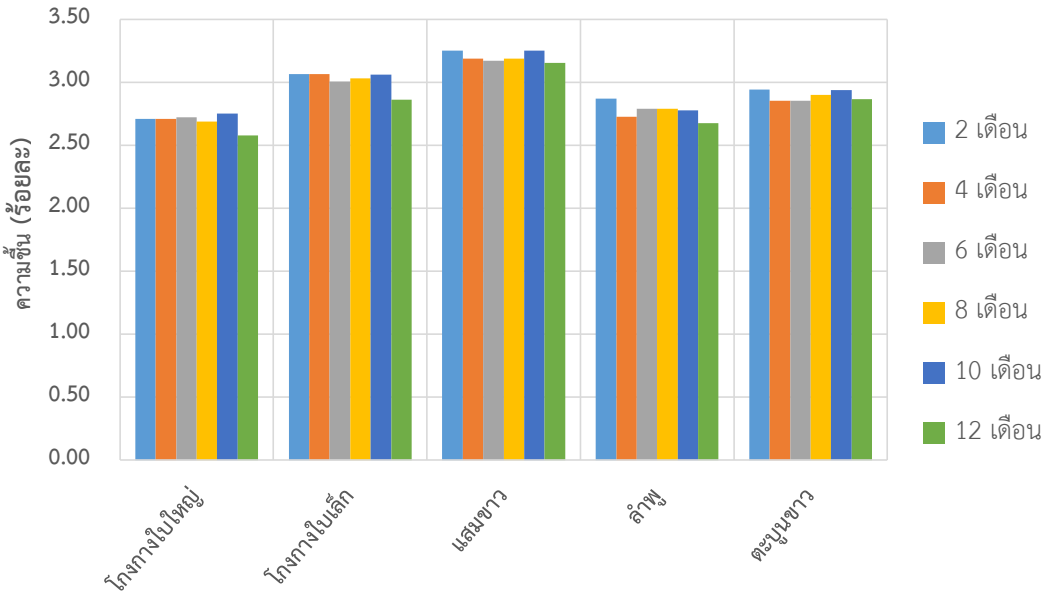
ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน ผลการวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน 5 ชนิด พบว่ามีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 7.59-7.97 ซึ่งพบว่าอยู่ในระดับความเป็นกรดเป็นด่าง 2 ระดับ คือ ระดับด่างอ่อน (7.1-7.7) และ ระดับด่างปานกลาง (7.8-8.3) โดยพืชชายเลนทั้ง 5 ชนิด มีความเป็นกรดเป็นด่างของดินแตกต่างกัน ในระยะเวลาทุก 2 (รูปที่ 15)



รูปที่ 15 ความเป็นกรดเป็นด่างของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน

4.2.3.3 ความชื้น

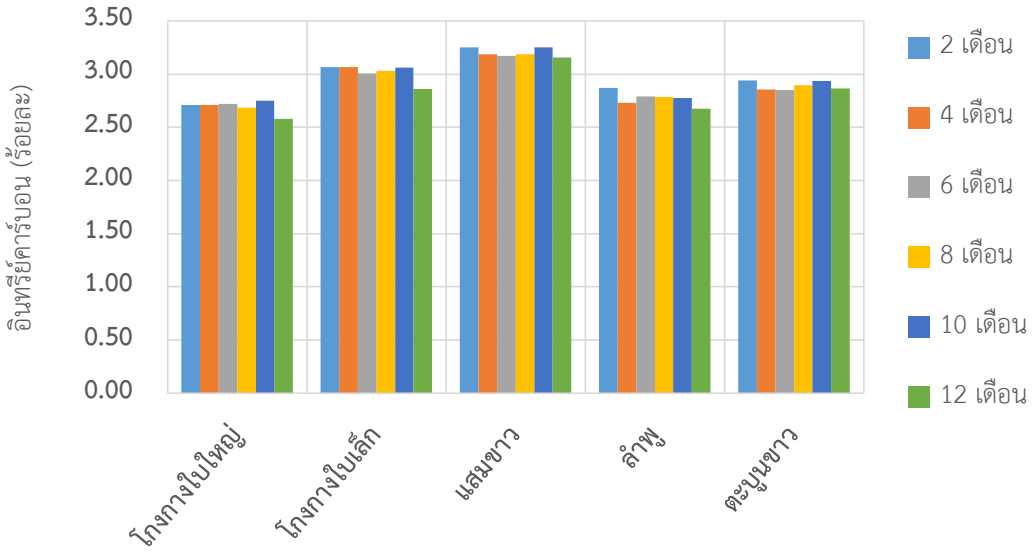
ความชื้นของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน ผลการวิเคราะห์ความชื้นในดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน 5 ประเภท มีค่าความชื้นอยู่ระหว่าง ร้อยละ 1.04 ถึง ร้อยละ 1.08 โดยพืชชายเลนทั้ง 5 ชนิด มีความชื้นของดินแตกต่างกัน ในระยะเวลาทุก 2 เดือน (รูปที่ 16)



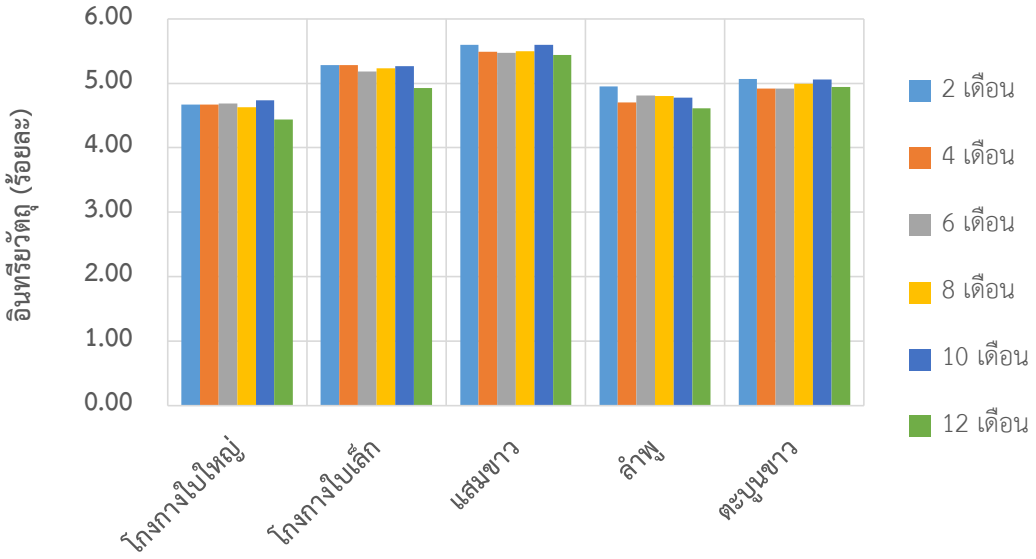
รูปที่ 16 ความชื้นของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน

4.2.3.4 อินทรีย์คาร์บอนและอินทรียวัตถุ

อินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน ผลการวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลนที่หมักกับใบพืช 5 ชนิด พบว่า พืชชายเลน 5 ชนิด มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน อยู่ในระหว่าง ร้อยละ 2.58-3.25 (รูปที่ 17) และมีระดับความอุดมสมบูรณ์ของปริมาณอินทรียวัตถุในดิน อยู่ในระหว่าง ร้อยละ 4.41-6.08 ซึ่งพบว่าอยู่ในระดับความอุดมสมบูรณ์ของปริมาณอินทรียวัตถุในดิน 2 ระดับ คือ ระดับสูง (มากกว่าร้อยละ 3.5-4.5) และระดับสูงมาก (มากกว่าร้อยละ 4.5) โดยพืชชายเลนทั้ง 5 ชนิด มีอินทรีย์คาร์บอนที่แตกต่างกันในระยะเวลาทุก 2 เดือน (รูปที่ 18)



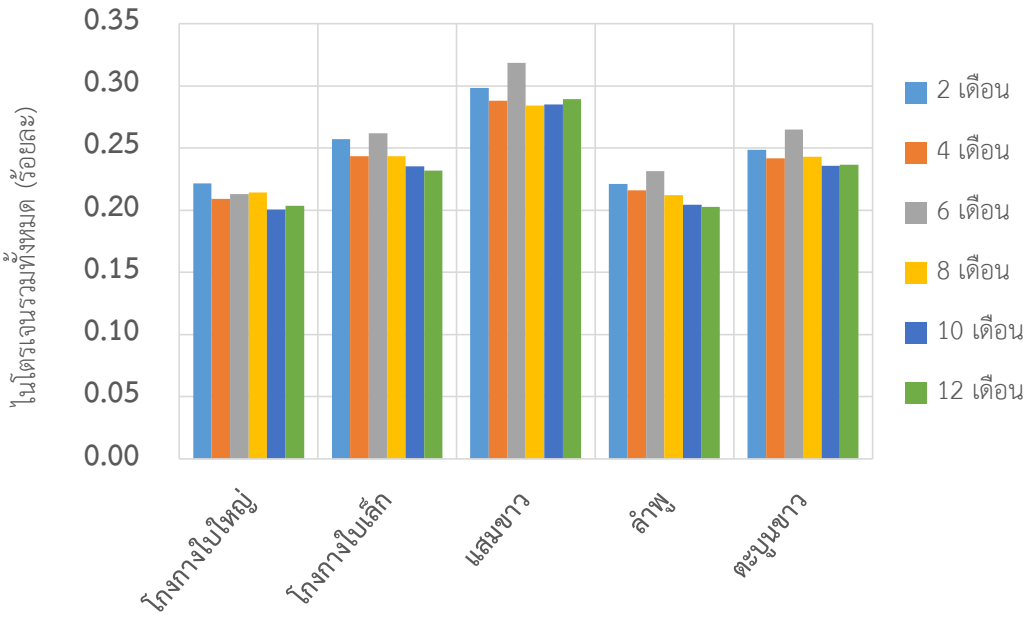
รูปที่ 17 อินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน



รูปที่ 18 อินทรียวัตถุในดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน

4.2.3.5 ไนโตรเจนรวมทั้งหมด

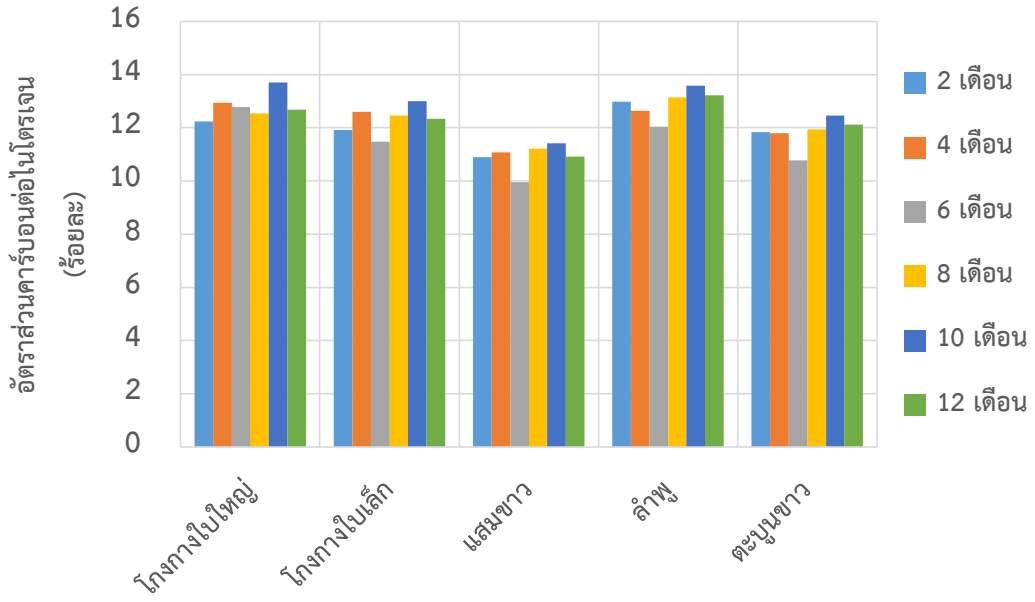
ไนโตรเจนทั้งหมดในดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนในดินชายเลนที่หมักกับใบพืช พบว่า พืชชายเลน 5 ชนิด มีระดับไนโตรเจนอยู่ในระหว่าง ร้อยละ 0.20 ถึงร้อยละ 0.32 ซึ่งพบว่าระดับไนโตรเจนอยู่ใน 2 ระดับ คือ ระดับปานกลาง (ร้อยละ 0.15-0.25) และระดับสูง (ร้อยละ 0.25-0.50) โดยพืชชายเลนทั้ง 5 ชนิด มีไนโตรเจนรวมทั้งหมดในดินแตกต่างกันในระยะเวลาทุก 2 เดือน (รูปที่ 19)



รูปที่ 19 ไนโตรเจนทั้งหมดในดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน

4.2.4 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน นำผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน มาคำนวณหาอัตราส่วนของอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจน พบว่า พืชชายเลน 5 ชนิด มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน อยู่ในระหว่าง ร้อยละ 9.96-13.58 ซึ่งพบว่าอยู่ในระดับอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนระดับต่ำมาก (น้อยกว่าร้อยละ 10) และระดับต่ำ (ร้อยละ10-15) โดยพืชป่าชายเลนทั้ง 5 ชนิด มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินแตกต่างกัน ในระยะเวลาทุก 2 เดือน (รูปที่ 20)



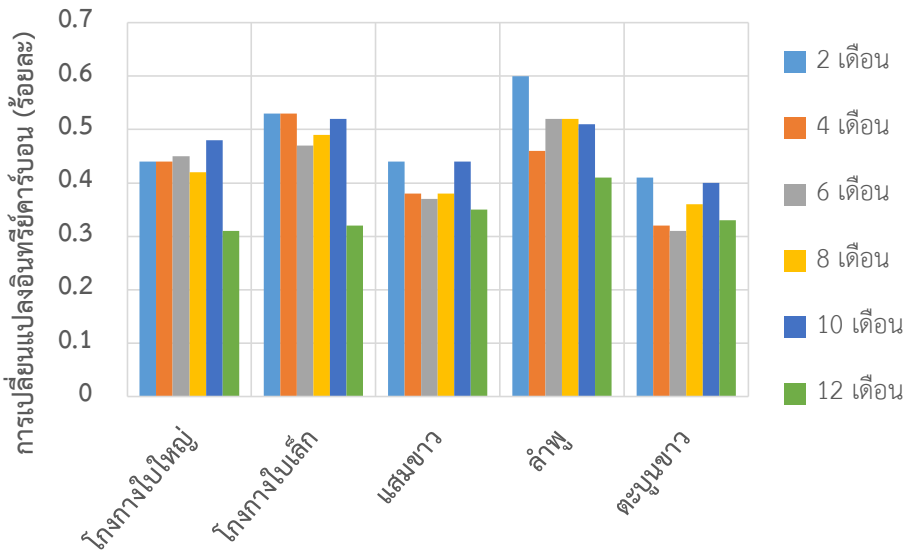
รูปที่ 20 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนทั้งหมดของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน

4.2.5 การเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลนที่หมักกับใบพืช

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลนที่หมักกับใบพืช 5 ชนิด ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมขาว ลำพู และตะบูนขาว ในระยะเวลาทุก 2 เดือนเป็นเวลา 1 ปี จากการศึกษาพบว่า พืชป่าชายเลนทั้ง 5 ชนิด ในระยะเวลาทุก ๆ 2 เดือน มีการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 9 และ รูปที่ 21)

ตารางที่ 9 การเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชแต่ละชนิด

ประเภทพืช	การเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอน (ร้อยละ) ในระยะเวลาต่างๆ (เดือน)					
	2	4	6	8	10	12
โกงกางใบใหญ่	0.44 ± 0.02	0.44 ± 0.02	0.45 ± 0.02	0.42 ± 0.05	0.48 ± 0.02	0.31 ± 0.02
โกงกางใบเล็ก	0.53 ± 0.02	0.53 ± 0.06	0.47 ± 0.06	0.50 ± 0.06	0.52 ± 0.01	0.32 ± 0.01
แสมขาว	0.44 ± 0.29	0.38 ± 0.35	0.36 ± 0.27	0.38 ± 0.27	0.44 ± 0.23	0.35 ± 0.18
ลำพู	0.60 ± 0.02	0.46 ± 0.02	0.52 ± 0.02	0.52 ± 0.00	0.51 ± 0.02	0.41 ± 0.00
ตะบูนขาว	0.41 ± 0.02	0.32 ± 0.05	0.32 ± 0.02	0.36 ± 0.05	0.40 ± 0.08	0.33 ± 0.00



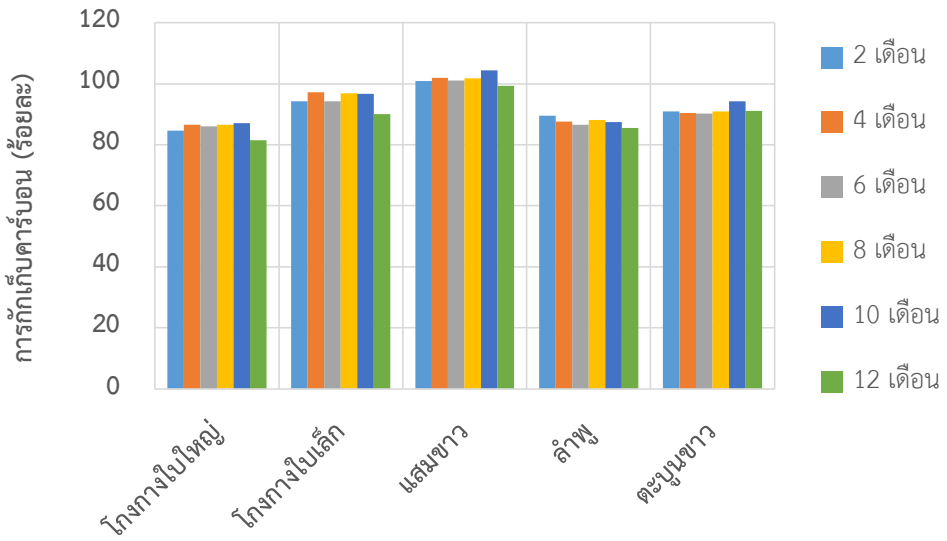
รูปที่ 21 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลนที่หมักกับใบพืช

4.2.6 การเก็บกักคาร์บอนของดินชายเลนที่หมักกับใบพืช

การเก็บกักคาร์บอนของใบพืชในดินชายเลน คำนวณจากวิธีการคำนวณหาอินทรีย์คาร์บอนที่สะสมในดิน การศึกษาการเก็บกักคาร์บอนของใบพืชที่หมักกับดินชายเลน โดยพืชที่ทำการศึกษามี 5 ชนิด ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมขาว ลำพู และตะบูนขาว ทำการวิเคราะห์ทุก 2 เดือน เป็นเวลา 1 ปี จากการศึกษาการเก็บกักคาร์บอนของพืชในดินชายเลน พบว่า พืชป่าชายเลนทั้ง 5 ชนิด ในระยะเวลาทุก ๆ 2 เดือน มีการเปลี่ยนแปลงการเก็บกักคาร์บอน ปริมาณการเก็บกักคาร์บอนอยู่ในช่วงระหว่าง 81.50-104.33 ตันต่อเฮกแตร์ (ตารางที่ 10 และรูปที่ 22)

ตารางที่ 10 การเก็บกักคาร์บอนของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชแต่ละชนิด

ประเภทพืช	การเก็บกักคาร์บอน (ตันต่อเฮกแตร์) ในระยะเวลาต่างๆ (เดือน)					
	2	4	6	8	10	12
โกงกางใบใหญ่	84.55±0.44	86.59±0.12	86.09±0.58	86.59±1.48	87.04±0.13	81.50±1.22
โกงกางใบเล็ก	94.21±11.31	97.12±14.12	94.16±13.77	96.78±9.30	96.65±11.67	90.09±12.47
แสมขาว	100.88±10.29	101.88±12.88	100.97±10.57	101.73±9.94	104.33±9.08	99.39±6.91
ลำพู	89.55±0.45	87.63±0.45	86.48±1.25	88.15±0.81	87.42±0.22	85.47±0.35
ตะบูนขาว	91.00±11.14	90.33±9.91	90.17±10.59	90.89±9.58	94.21±9.31	91.11±11.91



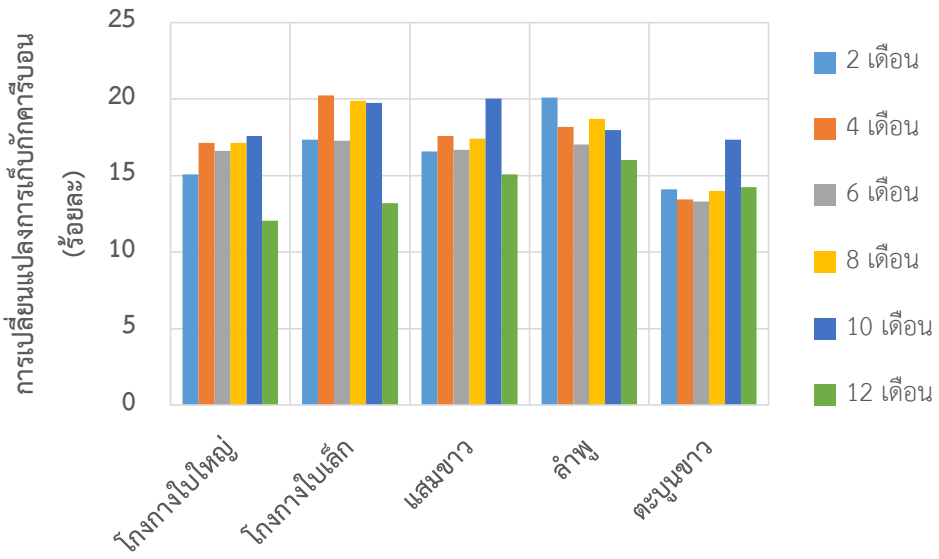
รูปที่ 22 การเก็บกักคาร์บอนของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน

4.2.7 การเปลี่ยนแปลงการเก็บกักคาร์บอนของพืชในดินชายเลน

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการเก็บกักคาร์บอนของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน โดยพืชที่ทำการศึกษามี 5 ชนิด ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมขาว ลำพู และตะบูนขาว ทำการวิเคราะห์ทุก 2 เดือน เป็นเวลา 1 ปี จากการศึกษาพบว่าพืชป่าชายเลนทั้ง 5 ชนิด มีการเปลี่ยนแปลงของการเก็บกักคาร์บอนที่แตกต่างกัน ในระยะเวลาทุก ๆ 2 เดือน (ตารางที่ 11 และรูปที่ 23)

ตารางที่ 11 การเปลี่ยนแปลงคาร์บอนสะสมของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชแต่ละชนิด

ประเภทพืช	การเปลี่ยนแปลงการเก็บกักคาร์บอน (ตันต่อเฮกแตร์) ในระยะเวลาต่างๆ (เดือน)					
	2	4	6	8	10	12
โกงกางใบใหญ่	15.09 ± 0.44	17.13 ± 0.70	16.63 ± 3.47	17.13 ± 1.48	17.58 ± 0.13	12.04 ± 1.76
โกงกางใบเล็ก	17.33 ± 0.81	20.24 ± 3.63	17.28 ± 2.57	19.90 ± 1.20	19.77 ± 0.47	13.21 ± 1.98
แสมขาว	16.58 ± 8.06	17.58 ± 11.65	16.67 ± 10.57	17.43 ± 9.21	20.03 ± 9.21	15.09 ± 6.91
ลำพู	20.09 ± 3.97	18.17 ± 0.45	17.02 ± 3.59	18.69 ± 0.81	17.96 ± 0.22	16.01 ± 1.48
ตะบูนขาว	14.12 ± 1.82	13.45 ± 0.58	13.29 ± 1.22	14.01 ± 1.58	17.33 ± 0.19	14.23 ± 1.42



รูปที่ 23 การเปลี่ยนแปลงการเก็บกักคาร์บอนของพืชในดินชายเลน

4.2.7 ค่าความสัมพันธ์ทางสถิติ

4.2.7.1 วิเคราะห์เปรียบเทียบความหนาแน่นรวมของดินและระยะเวลาการหมัก

วิเคราะห์เปรียบเทียบความหนาแน่นรวมของดินที่หมักด้วยพืชชายเลน 5 ชนิด ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมขาว ลำพู และตะบูนขาว โดยทำการทดลองแบ่งพืชแต่ละชนิดออกเป็น 2 บีกเกอร์ จะได้ทั้งหมด 10 ตัวอย่าง และทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ (n=6) นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์สถิติ โดยวิธี One-way Repeated Measure ANOVA (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ความหนาแน่นรวมของดินที่หมักด้วยพืชชายเลนแต่ละชนิด

ชนิดของพืช	ระยะเวลาต่างๆ						ค่าเฉลี่ยรวม
	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	
โกงกางใบใหญ่	1.0392	1.0682[a]	1.0522	1.0746[a]	1.0561[a]	1.0536[a]	1.0573[1]
โกงกางใบเล็ก	1.0248	1.0581[a]	1.0465	1.0672[a]	1.0552[a]	1.0498[a]	1.0502[1]
แสมขาว	1.0325	1.0643[a]	1.0593[a]	1.0643[a]	1.0702[a]	1.0502[a]	1.0568[1]
ลำพู	1.0396	1.0731[a]	1.0379	1.0543[a]	1.0505	1.0664[a]	1.0536[1]
ตะบูนขาว	1.0331	1.0545[a]	1.0536[a]	1.0464	1.0693[a]	1.0621[a]	1.0532[1]

*หมายเลขที่เหมือนกันในคอลัมน์สุดท้าย หมายถึงค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของดิน แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวแถว หมายถึงค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของดินที่มากที่สุดและแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เนื่องจากข้อมูลความหนาแน่นของดินถูกวัดค่าจากการวัดซ้ำบนหน่วยตัวอย่างเดิมตามเวลาที่วิเคราะห์ คือ 2 4 6 8 10 และ 12 เดือน ดังนั้นผลการวิเคราะห์จะใช้วิธีวิเคราะห์ทางสถิติที่เรียกว่า One-way Repeated Measure ANOVA โดยต้องมีการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Spherity Assumption) โดยใช้ Mauchly's test พบว่า ค่า p-value เท่ากับ 0.125 ดังนั้นไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน ($p > 0.05$) สรุปว่าข้อสมมติเบื้องต้นของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมเป็นจริง ดังนั้นการใช้ตัวสถิติ F ปกติ จึงเหมาะสม

จากตารางที่ 12 การทดสอบค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมของดินที่หมักด้วยพืชที่แตกต่างกันทั้ง 5 ชนิด พบว่าค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมของดินที่หมักด้วยพืชที่แตกต่างกันทั้ง 5 ชนิด แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาการมีอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของพืชและระยะเวลา พบว่า มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของพืชและระยะเวลา ($p < 0.05$) แสดงว่า พืชแต่ละชนิดมีระยะเวลาที่จะทำให้ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมของดินมีค่ามากที่สุดแตกต่างกัน จึงทำการทดสอบเปรียบเทียบทีละคู่ พบว่า ระยะเวลาที่จะทำให้ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมของดินมีค่ามากที่สุดของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวแถว ซึ่งหมายถึง ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมของดินที่มีค่ามากที่สุดและแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และพบว่าระยะเวลาที่น้อยที่สุดสำหรับทุกชนิดของพืชที่ทำให้ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมของดินมากที่สุด คือ 4 เดือน

4.2.7.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบความเป็นกรดด่างของดินและระยะเวลาการหมัก

วิเคราะห์เปรียบเทียบความเป็นกรดด่างของดินที่หมักด้วยพืชชายเลน 5 ชนิด ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมขาว ลำพู และตะบูนขาว ในการทดลองแบ่งพืชแต่ละชนิดออกเป็น 2 บีกเกอร์ จะได้ทั้งหมด 10 ตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ (n=6) นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์สถิติ โดยวิธี One-way Repeated Measure ANOVA (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ความเป็นกรดด่างของดินหมักด้วยพืชชายเลนแต่ละชนิด

ชนิดของพืช	ระยะเวลาต่าง ๆ						ค่าเฉลี่ยรวม
	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	
โกงกางใบใหญ่	7.8517	7.8495	7.8700	7.9594[a]	7.9333[a]	7.7639	7.8713[2,3]
โกงกางใบเล็ก	7.7534	7.7950	7.9367[a]	7.9022[a]	7.8450	7.6911	7.8206[1]
แสมขาว	7.8417	7.8411	7.9722[a]	7.9417[a]	7.8706	7.5944	7.8436[1,2]
ลำพู	7.8561	7.8372	7.8456	7.9000[a]	7.9289[a]	7.7272	7.8492[1,2]
ตะบูนขาว	7.9161[a]	7.9083[a]	7.9500[a]	7.9550[a]	7.9100	7.7050	7.8907[3]

* หมายเลขที่เหมือนกันในคอลัมน์สุดท้าย หมายถึงค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่างของดิน แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวแถว หมายถึงค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่างของดินที่มากที่สุดและแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เนื่องจากข้อมูลความเป็นกรดด่างของดินถูกวัดค่าจากการวัดซ้ำบนหน่วยตัวอย่างเดิมตามเวลาที่วิเคราะห์ คือ 2 4 6 8 10 และ 12 เดือน ดังนั้นผลการวิเคราะห์จะใช้วิธีวิเคราะห์ทางสถิติที่เรียกว่า One-way Repeated Measure ANOVA โดยต้องมีการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Spherity Assumption) โดยใช้ Mauchly's test พบว่า ค่า p-value เท่ากับ 0.553 ดังนั้นไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน ($p > 0.05$) สรุปว่าข้อสมมติเบื้องต้นของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมเป็นจริง ดังนั้นการใช้ตัวสถิติ F ปกติ จึงเหมาะสม

จากตารางที่ 13 การทดสอบค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่างของดินที่หมักด้วยพืชที่แตกต่างกันทั้ง 5 ชนิด พบว่าค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่างของดินที่หมักด้วยพืชที่แตกต่างกันทั้ง 5 ชนิด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จึงทำการเปรียบเทียบทีละคู่ ดังแสดงด้วยตัวเลขที่เหมือนกันในคอลัมน์สุดท้ายของตารางที่ 2 หมายถึงค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่างของดิน แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาการมีอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของพืชและระยะเวลาพบว่า มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของพืชและระยะเวลา ($p < 0.05$) แสดงว่า พืชแต่ละชนิดมีระยะเวลาที่ทำให้ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่างของดินมีค่ามากที่สุดแตกต่างกัน จึงทำการทดสอบเปรียบเทียบทีละคู่ พบว่า ระยะเวลาที่จะทำให้ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่างของดินมีค่ามากที่สุดของพืชแต่ละชนิด แสดงดังในตารางที่ 2 ด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวแถว ซึ่งหมายถึงค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่างของดินที่มีค่ามากที่สุดและแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และพบว่าระยะเวลาที่น้อยที่สุดที่ทำให้โกงกางใบเล็กและแสมขาวมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่างของดินมากที่สุด คือ 6 เดือน โกงกางใบใหญ่และลำพู คือ 8 เดือน และตะบูนขาว คือ 2 เดือน

4.2.7.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบความชื้นของดินและระยะเวลาการหมัก

วิเคราะห์เปรียบเทียบความชื้นของดินที่หมักด้วยพืชชายเลน 5 ชนิด ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมขาว ลำพู และตะบูนขาว ในการทดลองแบ่งพืชแต่ละชนิดออกเป็น 2 บีกเกอร์ จะได้ทั้งหมด 10 ตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ (n=6) นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์สถิติ โดยวิธี One-way Repeated Measure ANOVA (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ความชื้นของดิน

ชนิดของพืช	ระยะเวลาต่าง ๆ						ค่าเฉลี่ยรวม
	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	
โกงกางใบใหญ่	1.0459	1.0644[a]	1.0644[a]	1.0770[a]	1.0517	1.0486	1.0587[1,2]
โกงกางใบเล็ก	1.0497	1.0765[a]	1.0652	1.0776[a]	1.0541	1.0472	1.0617[2]
แสมขาว	1.0545	1.0787[a]	1.0695[a]	1.0750[a]	1.0563	1.0543	1.0647[2]
ลำพู	1.0454	1.0641[a]	1.0631[a]	1.0640[a]	1.0380	1.0469	1.0536[1]
ตะบูนขาว	1.0579[a]	1.0652[a]	1.06316[a]	1.0672[a]	1.046	1.0537	1.0589[1,2]

*หมายเลขที่เหมือนกันในคอลัมภ์สุดท้าย หมายถึงค่าเฉลี่ยความชื้นของดิน แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)
**ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวแถว หมายถึงค่าเฉลี่ยความชื้นของดินที่มากที่สุดและแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เนื่องจากข้อมูลความชื้นถูกวัดค่าจากการวัดซ้ำบนหน่วยตัวอย่างเดิมตามเวลาที่วิเคราะห์ คือ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน ดังนั้นผลการวิเคราะห์จะใช้วิธีวิเคราะห์ทางสถิติที่เรียกว่า One-way Repeated Measure ANOVA โดยต้องมีการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Spherity Assumption) โดยใช้ Mauchly's test พบว่า ค่า p-value เท่ากับ 0.000 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน ($p < 0.05$) สรุปว่าข้อสมมติเบื้องต้นของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมไม่เป็นจริง ดังนั้นการใช้ตัวสถิติ F ปกติ จึงไม่เหมาะสม ต้องใช้การปรับค่าโดยพิจารณาจาก ค่า Epsilon ซึ่งในที่นี้ คือ 0.588 มีค่าค่อนข้างน้อย ดังนั้นจะเลือกใช้ตัวสถิติ F ที่ปรับค่าโดย Greenhouse-Geisser correction

จากตารางที่ 14 การทดสอบค่าเฉลี่ยความชื้นของดินที่หมักด้วยพืชที่แตกต่างกันทั้ง 5 ชนิด พบว่าค่าเฉลี่ยความชื้นของดินที่หมักด้วยพืชที่แตกต่างกันทั้ง 5 ชนิด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จึงทำการเปรียบเทียบทีละคู่ ดังแสดงด้วยตัวเลขที่เหมือนกันในคอลัมน์สุดท้ายของตารางที่ 3 หมายถึง ค่าเฉลี่ยความชื้นของดิน แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาการมีอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของพืชและระยะเวลาพบว่า มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของพืชและระยะเวลา ($p < 0.05$) แสดงว่า ระยะเวลาที่ทำให้พืชแต่ละชนิดมีค่าเฉลี่ยความชื้นของดินมีค่ามากที่สุดแตกต่างกัน จึงทำการทดสอบเปรียบเทียบทีละคู่ พบว่า ระยะเวลาที่จะทำให้ความชื้นของดินมีค่ามากที่สุดของพืชแต่ละชนิด ด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวแถว ซึ่งหมายถึงค่าเฉลี่ยความชื้นของดินที่มีค่ามากที่สุดและแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และพบว่าระยะเวลาที่น้อยที่สุดที่ทำให้ค่าเฉลี่ยความชื้นของดินมีค่ามากที่สุดสำหรับพืชทุกชนิด คือ 4 เดือน ยกเว้นตะบูนขาว คือ 2 เดือน

4.2.7.4 วิเคราะห์เปรียบเทียบอินทรีย์คาร์บอนในดินและระยะเวลาการหมัก

วิเคราะห์เปรียบเทียบอินทรีย์คาร์บอนในดินที่หมักด้วยพืชชายเลน 5 ชนิด ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมขาว ลำพู และตะบูนขาว ในการทดลองแบ่งพืชแต่ละชนิดออกเป็น 2 ปีกเกอร์

ได้ทั้งหมด 10 ตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ (n=4) นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์สถิติ โดยวิธี One-way Repeated Measure ANOVA (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 อินทรีย์คาร์บอนในดิน

ชนิดของพืช	ระยะเวลาต่าง ๆ						ค่าเฉลี่ยรวม
	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	
โกงกางใบใหญ่	2.7089[a]	2.70725[a]	2.7192[a]	2.6859[a]	2.7505[a]	2.5773	2.6915[1]
โกงกางใบเล็ก	3.0635[a]	3.0648[a]	3.0034[a]	3.0321[a]	3.0584[a]	2.8604	3.0138[1,2]
แสมขาว	3.2488[a]	3.1863[a]	3.1720	3.1876[a]	3.2490[a]	3.1548	3.1997[2]
ลำพู	2.8685[a]	2.7274	2.7881	2.7868	2.7750	2.6763	2.7703[1]
ตะบูนขาว	2.9424[a]	2.8530	2.8518	2.8972[a]	2.9352[a]	2.8657[a]	2.8909[1,2]

*หมายเลขที่เหมือนกันในคอลัมน์สุดท้าย หมายถึงค่าเฉลี่ยอินทรีย์คาร์บอนในดิน แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวแถว หมายถึงค่าเฉลี่ยอินทรีย์คาร์บอนในดินที่มากที่สุดและแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เนื่องจากข้อมูลอินทรีย์คาร์บอนในดินถูกวัดค่าจากการวัดซ้ำบนหน่วยตัวอย่างเดิมตามเวลาที่วิเคราะห์ คือ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน ดังนั้นผลการวิเคราะห์จะใช้วิธีวิเคราะห์ทางสถิติที่เรียกว่า One-way Repeated Measure ANOVA โดยต้องมีการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Spherity Assumption) โดยใช้ Mauchly's test พบว่า ค่า p-value เท่ากับ 0.000 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน ($p < 0.05$) สรุปว่าข้อสมมติเบื้องต้นของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมไม่เป็นจริง ดังนั้นการใช้ตัวสถิติ F ปกติ จึงไม่เหมาะสม ต้องใช้การปรับค่าโดยพิจารณาจาก ค่า Epsilon ซึ่งในที่นี้คือ 0.490 มีค่าค่อนข้างน้อย ดังนั้นจะเลือกใช้ตัวสถิติ F ที่ปรับค่าโดย Greenhouse-Geisser correction

จากตารางที่ 15 การทดสอบค่าเฉลี่ยความชื้นของดินที่หมักด้วยพืชที่แตกต่างกันทั้ง 5 ชนิด พบว่าค่าเฉลี่ยอินทรีย์คาร์บอนในดินที่หมักด้วยพืชที่แตกต่างกันทั้ง 5 ชนิด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จึงทำการเปรียบเทียบทีละคู่ ดังแสดงด้วยตัวเลขที่เหมือนกันในคอลัมน์สุดท้ายของตารางที่ 3 หมายถึง ค่าเฉลี่ยอินทรีย์คาร์บอนในดิน แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาการมีอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของพืชและระยะเวลาพบว่า มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของพืชและระยะเวลา ($p < 0.05$) แสดงว่า พืชแต่ละชนิดมีระยะเวลาที่จะทำให้ค่าเฉลี่ยอินทรีย์คาร์บอนในดินมีค่ามากที่สุดแตกต่างกัน จึงทำการทดสอบเปรียบเทียบทีละคู่ พบว่า ระยะเวลาที่จะทำให้อินทรีย์คาร์บอนในดินมีค่ามากที่สุดของพืชแต่ละชนิด แสดงดังในตารางที่ 15 ด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวแถว ซึ่งหมายถึงค่าเฉลี่ยอินทรีย์คาร์บอนในดินที่มีค่ามากที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

และพบว่าระยะเวลาที่น้อยที่สุดที่ทำให้ค่าเฉลี่ยอินทรีย์คาร์บอนในดินมีค่ามากที่สุดสำหรับพืชทุกชนิด คือ ระยะเวลา 2 เดือน

4.2.7.5 วิเคราะห์เปรียบเทียบไนโตรเจนทั้งหมดในดินและระยะเวลาการหมัก

วิเคราะห์เปรียบเทียบไนโตรเจนรวมทั้งหมดในดินที่หมักด้วยพืชชายเลน 5 ชนิด ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมขาว ลำพู และตะบูนขาว ในการทดลองแบ่งพืชแต่ละชนิดออกเป็น 2 บีกเกอร์ จะได้ทั้งหมด 10 ตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ (n=4) นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์สถิติ โดยวิธี One-way Repeated Measure ANOVA (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 ไนโตรเจนรวมทั้งหมดในดิน

ชนิดของพืช	ระยะเวลาต่าง ๆ						ค่าเฉลี่ยรวม
	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน	
โกงกางใบใหญ่	0.2214[a]	0.2093	0.2128[a]	0.2141	0.2006	0.2033	0.2103[1]
โกงกางใบเล็ก	0.2572[a]	0.2434	0.2620[a]	0.2434	0.2354	0.2318	0.2455[1]
แสมขาว	0.2985	0.2880	0.3186[a]	0.2841	0.2849	0.2891	0.2938[2]
ลำพู	0.2210[a]	0.2159	0.2316[a]	0.2121	0.2044	0.2026	0.2146[1]
ตะบูนขาว	0.2487	0.2417	0.2647[a]	0.2429	0.2355	0.2364	0.2450[1]

*หมายเลขที่เหมือนกันในคอลัมน์สุดท้าย หมายถึงค่าเฉลี่ยไนโตรเจนรวมทั้งหมดในดิน แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)
**ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวแถว หมายถึงค่าเฉลี่ยไนโตรเจนรวมทั้งหมดในดินที่มากที่สุดและแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เนื่องจากข้อมูลไนโตรเจนรวมทั้งหมดในดินถูกวัดค่าจากการวัดซ้ำบนหน่วยตัวอย่างเดิมตามเวลาที่วิเคราะห์ คือ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน ดังนั้นผลการวิเคราะห์จะใช้วิธีวิเคราะห์ทางสถิติที่เรียกว่า One-way Repeated Measure ANOVA โดยต้องมีการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Spherity Assumption) โดยใช้ Mauchly's test พบว่า ค่า p-value เท่ากับ 0.000 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน ($p < 0.05$) สรุปว่าข้อสมมติเบื้องต้นของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมไม่เป็นจริง ดังนั้นการใช้ตัวสถิติ F ปกติ จึงไม่เหมาะสม ต้องใช้การปรับค่าโดยพิจารณาจาก ค่า Epsilon ซึ่งในที่นี้คือ 0.334 มีค่าค่อนข้างน้อย ดังนั้นจะเลือกใช้ตัวสถิติ F ที่ปรับค่าโดย Greenhouse-Geisser correction

จากตารางที่ 16 การทดสอบค่าเฉลี่ยไนโตรเจนรวมทั้งหมดในดินที่หมักด้วยพืชที่แตกต่างกันทั้ง 5 ชนิด พบว่าค่าเฉลี่ยไนโตรเจนรวมทั้งหมดในดินที่หมักด้วยพืชที่แตกต่างกันทั้ง 5 ชนิด แตกต่าง

อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จึงทำการเปรียบเทียบทีละคู่ ดังแสดงด้วยตัวเลขที่เหมือนกันในคอลัมน์สุดท้ายของตารางที่ 3 หมายถึง ค่าเฉลี่ยอินทรีย์คาร์บอนในดิน แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยพบว่าแสมขาวมีค่าเฉลี่ยไนโตรเจนรวมทั้งหมดในดินมีค่ามากที่สุดและแตกต่างจากพืชชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาการมีอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของพืชและระยะเวลาพบว่า มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของพืชและระยะเวลา ($p < 0.05$) แสดงว่า พืชแต่ละชนิดมีระยะเวลาที่จะทำให้ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนรวมทั้งหมดในดินมีค่ามากที่สุดแตกต่างกัน จึงทำการทดสอบเปรียบเทียบทีละคู่ พบว่า ระยะเวลาที่จะทำให้ไนโตรเจนรวมทั้งหมดในดินมีค่ามากที่สุดของพืชแต่ละชนิด แสดงดังในตารางที่ 5 ด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวแถว ซึ่งหมายถึงค่าเฉลี่ยอินทรีย์คาร์บอนในดินที่มีค่ามากที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และพบว่าระยะเวลาที่น้อยที่สุดที่ทำให้โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็กและลำพูมีค่าเฉลี่ยไนโตรเจนรวมทั้งหมดในดินมีค่ามากที่สุด คือ 2 เดือน สำหรับแสมขาวและตะบูนขาว คือ 6 เดือน

4.2.7.6 ค่าความสัมพันธ์ของระยะเวลาการหมักและการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลน

จากการวิเคราะห์ค่าการถดถอยเชิงเส้นพหุ (Multiple linear regression analysis) เลือกตัวแปรโดยวิธี Stepwise พบว่า อินทรีย์คาร์บอนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับไนโตรเจนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีรูปแบบความสัมพันธ์ดังสมการ

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเฉลี่ย = 1.619 + 5.352 ไนโตรเจนทั้งหมด

โดยที่ $R^2 = 0.807$ นั่นคือ ไนโตรเจนทั้งหมดสามารถอธิบายความผันแปรของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเฉลี่ยได้ร้อยละ 80.7 จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุด้วยโปรแกรม SPSS ผลการวิเคราะห์ (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ค่าการถดถอยเชิงเส้นพหุ

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	1.619	.121		13.403	.000
	ไนโตรเจน	5.352	.495	.898	10.808	.000

** แตกต่างอย่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

4.2.7.7 ค่าความสัมพันธ์ของประเภทพืชและปริมาณการเก็บกักคาร์บอน

จากการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนสะสมระหว่างประเภทของพืชชายเลน โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficients) ผลการศึกษาพบว่า โกงกางใบใหญ่และโกงกางใบเล็ก มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงที่สุด (r=0.951) และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) ส่วนลำพูและตะบูนขาวมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำที่สุด (r=0.029) และแตกต่างจากศูนย์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 ค่าความสัมพันธ์ทางสถิติ (Pearson Correlation) ของการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในช่วง 1 ปี ของใบพืชป่าชายเลน

ประเภทพืช	โกงกางใบใหญ่	โกงกางใบเล็ก	แสมขาว	ลำพู
โกงกางใบเล็ก	.951**	1		
แสมขาว	.805	.789	1	
ลำพู	.428	.560	.292	1
ตะบูนขาว	.216	.209	.740	.029

** แตกต่างอย่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนและการเก็บกักคาร์บอน กรณีศึกษา ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสังคมชีวิตพืชป่าชายเลนคลอนโคน และเพื่อศึกษาประเภทพืชป่าชายเลนที่มีผลต่อการเก็บคาร์บอนในดินชายเลน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม สามารถแยกประเด็นสรุปผลได้ ดังนี้

5.1 การศึกษาสังคมชีวิตพืชป่าชายเลนคลองโคน

ป่าชายเลนคลองโคน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม มีลักษณะและสภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นแบบสภาพพื้นที่เป็นที่ราบน้ำทะเลท่วมถึง มีอาณาเขตทางทิศใต้ติดกับอ่าวไทย แหล่งน้ำธรรมชาติเป็นลำคลองที่เชื่อมต่อกับทะเล มีลำคลอง 4 สายหลัก ได้แก่ คลองคด คลองโคนแพรกทะเล และคลองช่อง เพื่อใช้เป็นเส้นทางสำหรับการคมนาคมทางเรือของคนในชุมชน พื้นที่ป่าชายเลนในอดีตเคยมีประชาชนในพื้นที่บุกรุกลักลอบทำการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและใช้ประโยชน์อื่น ๆ ปัจจุบันได้มีการกำหนดขอบเขตพื้นที่ห้ามมิให้มีการบุกรุกลักลอบทำการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและใช้ประโยชน์อื่น ๆ และได้ทำการฟื้นฟูสภาพพื้นที่ป่าชายเลนโดยทำการปลูกป่าเพิ่มเติม สังคมพืชป่าชายเลนคลองโคน บริเวณพื้นที่ป่าชายเลนเขตอนุรักษ์ พบพืชป่าชายเลนจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ แสมขาว โกงกางใบเล็กและโกงกางใบใหญ่ บริเวณพื้นที่ป่าชายเลนใกล้เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พบพืชป่าชายเลนจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ แสมขาว โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ ตะบูนขาว และจาก โดยทั้งสองพื้นที่มีแสมขาวเป็นพรรณไม้ที่มีค่าเฉลี่ยความสูงและมีค่าเฉลี่ยผ่านเส้นศูนย์กลางเพียงอกสูงที่สุด และแสมขาวยังเป็นไม้เด่นที่พบในทุกแปลงตัวอย่างที่ศึกษาโดยมีค่าดัชนีความสำคัญของพืชชายเลน

5.2 การศึกษาประเภทพืชป่าชายเลนที่มีผลต่อการเก็บคาร์บอนในดินชายเลน

การศึกษาประเภทพืชป่าชายเลนที่มีผลต่อการเก็บคาร์บอนในดินชายเลน สามารถวิเคราะห์ผ่านปัจจัยดังนี้ ปริมาณคาร์บอนสะสมในใบพืชป่าชายเลน จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมขาว ลำพู และตะบูนขาว พบว่า ลำพู มีปริมาณคาร์บอนสะสมสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 40.52 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อพิจารณาคุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลน พบว่า ดินมีคุณสมบัติบางอย่างที่แตกต่างกัน คือ ความหนาแน่นของดิน ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ความชื้น อินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์วัตถุของดิน ปริมาณไนโตรเจน อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ความหนาแน่นรวมของดินมีค่าเท่ากับ 1.01±0.01 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความเป็นกรดด่างของดิน เท่ากับ 7.65±0.13 ความชื้นเท่ากับร้อยละ 1.07±0.01 อินทรีย์คาร์บอนเท่ากับร้อยละ 2.66±0.31 อินทรียวัตถุเท่ากับร้อยละ

4.59±0.53 ไนโตรเจนรวมทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 0.22±0.03 อินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับร้อยละ 12.24±1.59 และการเก็บกักคาร์บอน 80.54±8.77 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี

เมื่อวิเคราะห์อิทธิพลของใบพืชต่อคุณสมบัติดินชายเลน พบว่า ค่าความหนาแน่นรวมของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน 5 ชนิด พบว่า มีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 1.02 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ถึง 1.07 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 7.59-7.97 ความชื้นของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน 5 ชนิด มีค่าความชื้นอยู่ระหว่าง ร้อยละ 1.04 ถึง ร้อยละ 1.08 อินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน อยู่ในระหว่างร้อยละ 2.58-3.25 ไนโตรเจนทั้งหมดในดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน มีระดับไนโตรเจนอยู่ในระหว่างร้อยละ 0.20 ถึง ร้อยละ 0.32 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน อยู่ในระหว่าง ร้อยละ 9.96-13.58 ซึ่งอยู่ในระดับอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนระดับต่ำมาก (น้อยกว่าร้อยละ 10) และระดับต่ำ (ร้อยละ10-15)

สำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลนที่หมักกับใบพืช 5 ชนิด พบว่า ในระยะเวลาทุก ๆ 2 เดือน มีการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนที่แตกต่างกัน การเก็บกักคาร์บอนของใบพืชในดินชายเลน พบว่า พืชป่าชายเลนทั้ง 5 ชนิด ในระยะเวลาทุก ๆ 2 เดือน มีการเปลี่ยนแปลงการเก็บกักคาร์บอน ปริมาณการเก็บกักคาร์บอนอยู่ในช่วงระหว่าง 81.50-104.33 ตันต่อเฮกแตร์ ส่วนการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการเก็บกักคาร์บอนของดินชายเลนที่หมักกับใบพืชชายเลน พบว่า พืชป่าชายเลนทั้ง 5 ชนิด มีการเปลี่ยนแปลงของการเก็บกักคาร์บอนที่แตกต่างกัน ในระยะเวลาทุก ๆ 2 เดือน

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลของใบพืชต่อคุณสมบัติดินชายเลน สามารถสรุปผลการศึกษาได้ ดังนี้

1) การวิเคราะห์เปรียบเทียบความหนาแน่นรวมของดินและระยะเวลาการหมักการทดสอบค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมของดินที่หมักด้วยพืชที่แตกต่างกันทั้ง 5 ชนิด พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมของดินที่หมักด้วยพืชที่แตกต่างกันทั้ง 5 ชนิด แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

2) การวิเคราะห์เปรียบเทียบความเป็นกรดด่างของดินและระยะเวลาการหมัก เมื่อพิจารณาการมีอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของพืชและระยะเวลา พบว่า มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของพืชและระยะเวลา ($p < 0.05$) แสดงว่า พืชแต่ละชนิดมีระยะเวลาที่ทำให้ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่างของดินมีค่ามากที่สุดแตกต่างกัน

3) การวิเคราะห์เปรียบเทียบความชื้นของดินและระยะเวลาการหมัก เมื่อพิจารณาการมีอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของพืชและระยะเวลา พบว่า มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของพืชและระยะเวลา ($p < 0.05$) แสดงว่า ระยะเวลาที่ทำให้พืชแต่ละชนิดมีค่าเฉลี่ยความชื้นของดินมีค่ามากที่สุดแตกต่างกัน

4) การวิเคราะห์เปรียบเทียบอินทรีย์คาร์บอนในดินและระยะเวลาการหมัก เมื่อพิจารณาการมีอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของพืชและระยะเวลา พบว่า มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของพืชและระยะเวลา ($p < 0.05$) แสดงว่า พืชแต่ละชนิดมีระยะเวลาที่จะทำให้ค่าเฉลี่ยอินทรีย์คาร์บอนในดินมีค่ามากที่สุดแตกต่างกัน

5) วิเคราะห์เปรียบเทียบไนโตรเจนทั้งหมดในดินและระยะเวลาการหมัก แสมขาวมีค่าเฉลี่ยไนโตรเจนรวมทั้งหมดในดินมีค่ามากที่สุดและแตกต่างจากพืชชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาการมีอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของพืชและระยะเวลาพบว่า มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของพืชและระยะเวลา ($p < 0.05$) แสดงว่า พืชแต่ละชนิดมีระยะเวลาที่จะทำให้ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนรวมทั้งหมดในดินมีค่ามากที่สุดแตกต่างกัน

6) ค่าความสัมพันธ์ของระยะเวลาการหมักและการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลน จากการวิเคราะห์ค่าการถดถอยเชิงเส้นพหุ สามารถอธิบายความผันแปรของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเฉลี่ยได้ร้อยละ 80.7 โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficients) ผลการศึกษาพบว่า โกงกางใบใหญ่และโกงกางใบเล็ก มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงที่สุด ($r=0.951$) และแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) ส่วนลำพูและตะบูนขาวมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำที่สุด ($r=0.029$) และแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

5.3 ข้อเสนอแนะ

1) การศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนและการเก็บกักคาร์บอน กรณีศึกษา ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม มีผลการศึกษาที่เด่นชัดว่า พันธุ์ไม้แสมขาวมีลักษณะเฉพาะของต้นไม้ที่มีใบเล็กและบาง เมื่อมีการร่วงหล่นแล้วจะย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้ปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารถูกปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมในระยะเวลาที่สั้นกว่าไม้ชนิดอื่น และแสมขาวเป็นไม้เบิกนำที่มีความเหมาะสมที่จะปลูกในสภาพพื้นที่ของป่าชายเลนแห่งนี้ เพื่อประโยชน์ต่าง ๆ ได้แก่ เพื่อการเก็บกักคาร์บอน และเพื่อฟื้นฟูป่าชายเลนที่ต้องการการฟื้นฟูอย่างรวดเร็วเพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้กับระบบนิเวศและเพื่อต้องการรักษาพื้นที่ดินเลนอ่อนที่เกิดจากการทับถมของตะกอนให้เป็นแผ่นดินที่งอกใหม่เพิ่มขึ้น

2) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน ควรมีการศึกษาครั้งต่อไปว่าเมื่อเวลาผ่านไป 1-5 ปี ปริมาณคาร์บอนสะสมทั้งหมดของพรรณไม้ในป่าชายเลนจะมีการเพิ่มหรือลดลงและควรเพิ่มพื้นที่ในการศึกษาให้มากขึ้น

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐาน

ภาคผนวก ก
วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐาน

1. การวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) (Cully, 1993)

1.1 อุปกรณ์

- ขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร
- เครื่องชั่งความแม่นยำ 0.01 กรัม

1.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์

1) เตรียมขวดวัดปริมาตรที่ทราบปริมาตรที่แน่นอน (V_b)

2) นำดินร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่อง 2.0 มิลลิเมตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรที่ทราบปริมาณที่แน่นอน จากนั้นนำไปชั่งเพื่อหาน้ำหนัก (M_s)

1.3 วิธีการคำนวณ

$$D_b = \frac{M_s}{V_s}$$

โดยที่ D_b = ความหนาแน่นของดิน (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

M_s = มวลหรือน้ำหนักดินแห้ง (กรัม)

V_s = ปริมาตรของขวดวัดปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

2. การวิเคราะห์ความชื้นในดิน (Mehlich, 1984)

2.1 อุปกรณ์

- ถ้วยกระเบื้องขนาด 25 มิลลิลิตร
- เตาอบที่สามารถเพิ่มอุณหภูมิได้ถึง 110 องศาเซลเซียสและควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้
- เครื่องชั่งความแม่นยำ 0.01 กรัม
- โถแก้วดูดความชื้น

2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์

1) อบถ้วยกระเบื้องในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

2) นำถ้วยกระเบื้องเข้าโถแก้วดูดความชื้น เพื่อให้อุณหภูมิเย็นลงและน้ำหนักคงที่

3) นำถ้วยกระเบื้องไปชั่ง เพื่อหาน้ำหนัก พร้อมจดบันทึก (W_1)

4) ชั่งตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2.0 มิลลิเมตร หนัก 50 กรัม โดยประมาณ และชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของดิน พร้อมจดบันทึกน้ำหนัก (W_2)

5) นำดินไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง

6) จากนั้นทิ้งให้เย็นในโถแก้วดูดความชื้นอีกครั้ง

7) ชั่งน้ำหนักหลังอบ (W_3)

2.3 วิธีการคำนวณ

1) ความชื้นของดิน

$$\text{Moisture (\%)} = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_1)} \times 100$$

โดยที่ W_1 = น้ำหนักภาชนะ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักดิน + ภาชนะ ก่อนอบแห้ง (กรัม)

W_3 = น้ำหนักดิน + ภาชนะ หลังอบแห้ง (กรัม)

2) Moisture correction factor (mf)

$$mf = \frac{(100 + \text{\% moisture})}{100}$$

โดยที่ mf = Moisture correction factor

% moisture = ค่าความชื้น (ร้อยละ)

3. การวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) (Blakemore et al., 1987)

3.1 อุปกรณ์

- สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน (Standard buffer solution) ค่าความเป็นกรดด่าง 4 7 และ 10
- เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง
- เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- บีกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร
- แท่งแก้ว

3.2 สารเคมีและวิธีการเตรียมสาร

- สารละลาย 0.01 M $CaCl_2$

3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

1) สอบเทียบ (Calibration) เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานพีเอช 4 7 และ 10

2) ชั่งตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่อง 2.0 มิลลิเมตร จำนวน 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์

3) เติมละลายตัวกลางสารละลาย 0.01 M $CaCl_2$ 25 มิลลิลิตร

4) ใช้แท่งแก้วคนเป็นระยะๆให้บ่อยครั้งในระยะ 30 นาทีแรก หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้อีก 30 นาที

5) วัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างด้วยเครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง โดยวัดในส่วนที่เป็นน้ำใส

4. ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน

4.1 อุปกรณ์

- เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง และ 4 ตำแหน่ง
- ขวดชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
- บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร
- ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร
- บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร และ 250 มิลลิลิตร
- ขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร และ 2,000 มิลลิลิตร
- หลอดหยดสารละลาย

4.2 สารเคมีและวิธีการเตรียมสาร

- สารละลายโพแตสเซียมไดโครเมต (Potassium dichromate, $K_2Cr_2O_7$) 1.0 นอร์มัล
- กรดซัลฟุริกเข้มข้น (Conc.H_2SO_4) ความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 96 เปอร์เซ็นต์
- สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous ammonium sulfate, FAS) 0.5 นอร์มัล
- เฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์ (Ferroin indicator)

4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

1) ชั่งตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร จำนวน 0.5 กรัม โดยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร พร้อมระบุรายละเอียดของตัวอย่างไว้ข้างขวด

2) ปิเปตสารละลาย 1.0 นอร์มัล โพแตสเซียมไดโครเมตลงในขวดรูปชมพู่ จำนวน 10 มิลลิลิตร แกว่งขวดรูปชมพู่เบาๆให้ดินผสมกับสารละลาย

3) เติมกรดซัลฟุริกเข้มข้น ลงไป 20 มิลลิลิตร โดยเร็ว ให้ดินสัมผัสกับสารละลายโดยตรง

4) แกว่งขวดรูปชมพู่เบาๆ จนดินและสารละลายผสมกันเป็นเวลา 1 นาที

5) ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อทำปฏิกิริยา

6) เติมน้ำกลั่นลงไป 50 มิลลิลิตร

7) หยดเฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์ 3-4 หยด

8) ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต 0.5 นอร์มัล เมื่อใกล้ถึงจุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเขียวเข้มที่จุดนี้ค่อยๆเติมสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟตไปช้าๆทีละหยด จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวอมน้ำเงินเป็นสีน้ำตาลแกมแดง

9) จดบันทึกปริมาณ สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟตที่ใช้ เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณอินทรีย์คาร์บอน

10) ทำแบล้งค์ (Blank) ควบคู่ไปกับตัวอย่าง โดยไม่ต้องใส่ตัวอย่างดิน เพื่อใช้ในการเทียบมาตรฐานสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต

4.4 การคำนวณ

1) ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+}

$$N_f = \frac{10N_c}{T_1}$$

N_f = ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} (นอร์มัล)

N_c = ความเข้มข้นของสารละลายโพแตสเซียมไดโครเมต (นอร์มัล)

T_1 = ปริมาตรของสารละลาย Fe^{2+} ที่ใช้ไตเตรตกับแบล้งค์ (มิลลิลิตร)

2) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน

$$\text{Organic Carbon (\%)} = \frac{(T_1 - T_2 \times N_f \times 0.003 \times 100)}{W} \times mf$$

โดยที่ Organic Carbon (%) = ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (ร้อยละ)

T_1 = ปริมาตรของสารละลาย Fe^{2+} ที่ใช้ไตเตรตกับแบล้งค์ (มิลลิลิตร)

T_2 = ปริมาตรของสารละลาย Fe^{2+} ที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่างดิน (มิลลิลิตร)

N_f = ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} (นอร์มัล)

0.003 = น้ำหนักสมมูลย์ของคาร์บอน (กรัม)

O_f = Oxidation factor (ค่าโดยทั่วไปที่ใช้คือ 1.3 เนื่องมาจากสมมติฐานที่ว่า อินทรีย์คาร์บอนเพียงร้อยละ 77 เท่านั้นที่เกิดปฏิกิริยา)

W = น้ำหนักตัวอย่างดิน (กรัม)

mf = Moisture correction factor

3) ปริมาณอินทรียวัตถุ

Organic matter (%) = C_f x OC (%)

โดยที่ Organic matter (%) = ปริมาณอินทรียวัตถุ (ร้อยละ)

C_f = Conversion factor (ห้องปฏิบัติการในประเทศไทยนิยมใช้ค่า 1.724 หรือ 100/58 เนื่องจากสมมติฐานที่ว่า อินทรียวัตถุในดินประกอบด้วยอินทรีย์คาร์บอนร้อยละ 58)

OC (%) = ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (ร้อยละ)

5. การวิเคราะห์ไนโตรเจน (Nitrogen)

5.1 อุปกรณ์

- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- ตู้ดูดควัน (Hood)
- เครื่องย่อย (Digestor)
- เครื่องกลั่น (Distillator)
- ขวดเจลดาห์ (Kjeldahl)
- ขวดแก้วรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
- บิวเรต (Burette) ขนาด 50 มิลลิลิตร
- ปิเปต (Pipette)
- กระบอกตวง (Cylinder)
- หลอดหยด (Dropper)

5.2 สารเคมีและวิธีการเตรียมสาร

- กรดซัลฟุริกเข้มข้น (ร้อยละ 98)
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 12.5 นอร์มัล
- สารสำเร็จรูปอัดเม็ด (Kjeltabs)
- กรดซัลฟุริกมาตรฐาน 0.02 นอร์มัล
- สารละลายกรดบอริก
- อินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator)

5.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

1) การย่อยสลาย (Digestion)

1.1) ชั่งตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร จำนวน 1 กรัม โดยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ใส่ลงในขวดเจลดาห์

1.2) เติมสารสำเร็จรูปอัดเม็ดจำนวน 2 เม็ด

1.3) ใส่เม็ดแก้ว (Glass bead) หรือเม็ด zink จำนวน 5 เม็ด

1.4) เติมกรดซัลฟุริก 15 มิลลิลิตร

1.5) นำไปย่อยในเครื่องย่อย ใช้อุณหภูมิประมาณ 100-400 องศาเซลเซียส จนกระทั่งสีของตัวอย่างขาวหรือเทา โดยใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็น

1.6) เติมน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร

2) การกลั่น (Distillation)

2.1) เตรียมสารละลายกรดบอริก 50 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วหยดอินดิเคเตอร์ผสม 4-5 หยด นำไปวางรองรับจากเครื่องกลั่นโดยให้ปลายหลอดแก้วจุ่มอยู่ในสารละลายบอริก

2.2) เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 12.5 นอร์มัล 50 มิลลิลิตร ลงในขวดเจลดาห์ที่มีสารละลายตัวอย่าง

2.3) ทำการกลั่น จนได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปไตเตรตในขั้นตอนต่อไป

3) การไตเตรต

- ไตเตรตของเหลวที่กลั่นได้ด้วยกรดซัลฟุริกมาตรฐาน 0.02 นอร์มัล จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง

4) ทำแบล้งค์ควบคู่ไปกับตัวอย่าง โดยไม่ต้องใส่ตัวอย่างดิน

5.4 วิธีคำนวณ

1) เทียบความเข้มข้นกรดซัลฟุริก (นอร์มัล)

$$\text{ความเข้มข้นกรดซัลฟุริก (นอร์มัล)} = \frac{\text{น้ำหนักของ } Na_2CO_3 \text{ ที่ใช้ (g) x จำนวน } (Na_2CO_3\ 0.01\ mol/l)\ 20\ ml}{53.00 \times \text{จำนวน กรดซัลฟุริกมาตรฐาน } 0.02 \text{ นอร์มัล}}$$

2) ปริมาณไนโตรเจน

$$\text{ร้อยละไนโตรเจน (Total Nitrogen)} = \frac{N \times (V - B) \times 0.014 \times 100 \times mf}{W}$$

โดยที่ N = ความเข้มข้นเป็นนอร์มัลของกรดซัลฟุริกมาตรฐานที่ใช้ (นอร์มัล)

V = ปริมาตรของกรดซัลฟุริกมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรตกับตัวอย่างดิน (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรของกรดซัลฟุริกมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรตกับแบล้งค์ (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (กรัม)

mf = moisture correction factor

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในใบพืช

ภาคผนวก ข
วิธีการวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในใบพืช

1. การวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในใบพืช

การวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในบพืช (Ben-Dor and Banin, 1989) มีอุปกรณ์ ขั้นตอนการวิเคราะห์ และวิธีการคำนวณ ดังนี้

1.1 อุปกรณ์

- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
- ถ้วยกระเบื้องขนาด 25 มิลลิลิตร
- เตาอบที่สามารถเพิ่มอุณหภูมิได้ถึง 110 องศาเซลเซียสและควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้
- เตาเผาที่สามารถเพิ่มอุณหภูมิได้ถึง 1000 องศาเซลเซียสและควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้
- โถแก้วดูดความชื้น
- คีมคีบถ้วยกระเบื้อง

1.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์

1) นำถ้วยกระเบื้อง เผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถแก้วดูดความชื้น

2) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างใบไม้ (ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน) และบันทึกผล

3) นำตัวอย่างใบไม้ อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล ($Weight_{105}$)

4) นำตัวอย่างใบไม้ เผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถแก้วดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล ($Weight_{400}$)

1.3 วิธีการคำนวณ

$$LOI\ (\%) = \frac{Weight_{105} - Weight_{400}}{Weight_{105}} \times 100$$

โดยที่ LOI (%) = ค่าอินทรีย์คาร์บอน (ร้อยละ)

$Weight_{105}$ = น้ำหนักใบไม้ + ภาชนะ หลังอบแห้ง (กรัม)

$Weight_{400}$ = น้ำหนักใบไม้ + ภาชนะ หลังเผาแห้ง (กรัม)

ภาคผนวก ค

การคำนวณอัตราส่วนพืชต่อดิน

ภาคผนวก ค
การคำนวณอัตราส่วนพืชต่อดิน

การคำนวณอัตราส่วนพืชต่อดิน (วราพร, 2560)

1) แปลงข้อมูล จากหน่วย กิโลกรัม/ไร่ เป็น กรัม/ตารางเมตร (อัตราส่วนมากที่สุด)

น้ำหนักพืช 497 กิโลกรัม/ไร่ = $\frac{497 \text{ กิโลกรัม}}{1 \text{ ไร่}} \times \frac{1 \text{ ไร่}}{1,600 \text{ ตารางเมตร}} \times \frac{1,000 \text{ กรัม}}{1 \text{ กิโลกรัม}}$

= 310.63 กรัม/ตารางเมตร

2) คำนวณน้ำหนักพืชสดที่ต้องชั่งจากน้ำหนักพืชแห้ง (อัตราส่วนมากที่สุด)

พิจารณาน้ำหนักพืช 310.63 กรัม/ตารางเมตร

3.56 กรัม พืชแห้ง ต้องชั่งใบพืชสด = 10.07 กรัม พืชสด

310.63 กรัม พืชแห้ง ต้องชั่งใบพืชสด = $\frac{10.07 \times 310.63}{3.56}$ กรัมพืชสด

= 878.66 กรัม พืชสด

3) คำนวณหาน้ำหนักดินต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร

ดิน 40 x 40 ตารางเซนติเมตร มีน้ำหนัก

= $\frac{6.1 \text{ กิโลกรัม}}{1,600 \text{ ตารางเซนติเมตร}} \times \frac{10,000 \text{ ตารางเซนติเมตร}}{1 \text{ ตารางเมตร}}$ = 38.125 กิโลกรัม/ตารางเมตร

4) คำนวณต่อดิน 2 กิโลกรัม ให้เพียงพอสำหรับการทดลอง

อัตราส่วนมากที่สุด 878.66 กรัม พืชสด / 38.125 กิโลกรัมดิน

= $\frac{878.66 \text{ กรัม พืชสด}}{38.125 \text{ กิโลกรัมดิน}} \times 2 \text{ กิโลกรัม}$ = 46.09 กรัม พืชสด / 2 กิโลกรัมดิน

รูปที่ ค-1 แสดงวิธีการผสมใบพืชชายเลนกับดินชายเลน ในอัตราส่วนดิน 2 กิโลกรัมต่อใบพืชสด 46.09 กรัม

ภาคผนวก ง

พิกัดจุดเก็บตัวอย่างดินและจุดวางแปลงศึกษาสังคมพืช

ภาคผนวก ง

พิกัดจุดเก็บตัวอย่างดินและจุดวางแปลงศึกษาสังคมพืช

ตารางที่ ง-1 พิกัดจุดเก็บตัวอย่างดิน 3 ช่วงเวลา

ตัวอย่างดิน	พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง
11 มิ.ย. 2560	13.313227° 99.967551°
17 มิ.ย. 2560	13.319429° 99.969475°
25 มิ.ย. 2560	13.319429° 99.969475°

ตารางที่ ง-2 พิกัดจุดวางแปลงศึกษาสังคมพืชป่าชายเลน

แปลงที่	แนวที่	หมายเลข	X (Easting)	Y (Northing)
1	1	1_1	608144.41	1474187.62
1	2	1_2	608166.18	1474170.89
2	1	2_1	607285.85	1473716.44
2	2	2_2	607313.76	1473630.80
3	1	3_1	606502.69	1473522.74
3	2	3_2	606745.34	1473208.25
4	1	4_1	605765.99	1473426.52
4	2	4_2	606054.32	1473053.19
5	1	5_1	605484.22	1472926.03
5	2	5_2	605837.56	1472515.69
6	1	6_1	604994.56	1472675.02
6	2	6_2	605496.65	1472236.04
7	1	7_1	604120.05	1472309.58
7	2	7_2	604604.76	1472073.71
8	1	8_1	603942.72	1472001.23
8	2	8_2	604055.49	1471807.03
9	1	9_1	603664.39	1471707.85
9	2	9_2	603841.90	1471519.83
10	1	10_1	603336.63	1471504.34
10	2	10_2	603651.08	1471138.61

ภาคผนวก จ

ผลวางแปลงศึกษาสังคมพืช

ตาราง จ-1 ตารางบันทึกข้อมูลการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนคลองโคน

แนวที่/แปลงที่	จำนวนไม้ใหญ่			จำนวนลูกไม้			จำนวนกล้าไม้	
	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	จำนวน
1/1	แสมขาว	66.9	11.6	โกงกางใบเล็ก	12.1	3	โกงกางใบเล็ก	46
	แสมขาว	52.5	10.4	โกงกางใบเล็ก	12.2	3.5		
	แสมขาว	79.9	22	แสมขาว	46.3	2		
	แสมขาว	49.6	11.4					
	แสมขาว	99.2	18.4					
	โกงกางใบเล็ก	83	19.8					
1/2	แสมขาว	44.4	12.6	แสมขาว	26.9	1.5		
	แสมขาว	26.3	10.8	แสมขาว	27.8	1.75		
	แสมขาว	24.2	5.4					
	แสมขาว	126.3	14.4					
	แสมขาว	20	9					
	แสมขาว	26.3	9.9					
	แสมขาว	35.3	9					
	แสมขาว	30.5	6.3					
	แสมขาว	19.8	11.7					
	แสมขาว	40.3	13.5					
	แสมขาว	97	19.8					
	แสมขาว	22.1	8.7					

ตาราง จ-1 ตารางบันทึกข้อมูลการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนคลองโคน (ต่อ)

แนวที่/แปลงที่	จำนวนไม้ใหญ่			จำนวนลูกไม้			จำนวนกล้าไม้	
	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	จำนวน
1/2	แสมขาว	31	12.9					
2/1	แสมขาว	136.7	12	แสมขาว	52.2	4	โกงกางใบเล็ก	4
	แสมขาว	135.5	10	แสมขาว	47.7	2.5		
	แสมขาว	43.5	8	แสมขาว	48.3	2.7		
2/2	แสมขาว	85.5	15	แสมขาว	27.6	1.7		
	แสมขาว	34.3	7					
	แสมขาว	50.7	7					
	แสมขาว	84	10					
	แสมขาว	85.3	10					
	แสมขาว	66	9					
	แสมขาว	77.3	9.6					

ตาราง จ-1 ตารางบันทึกข้อมูลการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนคลองโคน (ต่อ)

แนวที่/แปลงที่	จำนวนไม้ใหญ่			จำนวนลูกไม้			จำนวนกล้าไม้	
	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	จำนวน
3/1	แสมขาว	41	19.5	โกงกางใบเล็ก	11.8	2	โกงกางใบเล็ก	20
	แสมขาว	88.2	4.2	โกงกางใบเล็ก	11.7	1.7	แสมขาว	10
	แสมขาว	94	21	โกงกางใบเล็ก	11.9	2.3	โกงกางใบใหญ่	3
	แสมขาว	48	16.2	โกงกางใบเล็ก	11.8	2		
	แสมขาว	89	16.5	โกงกางใบเล็ก	11.8	2		
	โกงกางใบเล็ก	7.2	3.5	โกงกางใบเล็ก	12.0	2.5		
	โกงกางใบเล็ก	7.5	3	โกงกางใบเล็ก	11.8	2		
	โกงกางใบเล็ก	8	1.8	โกงกางใบเล็ก	11.7	1.5		
	โกงกางใบเล็ก	6	2.5	โกงกางใบเล็ก	11.7	1.7		
	โกงกางใบใหญ่	15.2	5.5	โกงกางใบเล็ก	11.8	2		
				โกงกางใบใหญ่	12.0	2.5		
				โกงกางใบใหญ่	11.7	1.5		
				โกงกางใบใหญ่	11.7	1.6		
				โกงกางใบใหญ่	11.9	2.3		
				แสมขาว	49.2	3		

ตาราง จ-1 ตารางบันทึกข้อมูลการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนคลองโคน (ต่อ)

แนวที่/แปลงที่	จำนวนไม้ใหญ่			จำนวนลูกไม้			จำนวนกล้าไม้	
	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	จำนวน
3/2	แสมขาว	47	14.76	โกงกางใบเล็ก	6.5	1.8	โกงกางใบเล็ก	8
	แสมขาว	63	16.2	โกงกางใบเล็ก	6.2	1.4	โกงกางใบใหญ่	1
	แสมขาว	43.2	10.6	โกงกางใบเล็ก	6.6	2		
	แสมขาว	32.2	16.4	โกงกางใบเล็ก	6.3	1.6		
	แสมขาว	124.6	17.3	โกงกางใบเล็ก	6.4	1.7		
	แสมขาว	115.3	19.8	โกงกางใบเล็ก	6.3	1.6		
	โกงกางใบเล็ก	10.2	3.6	โกงกางใบเล็ก	6.2	1.4		
	โกงกางใบเล็ก	7	3.4	โกงกางใบเล็ก	6.3	1.6		
	โกงกางใบเล็ก	9	2.5	โกงกางใบเล็ก	6.2	1.4		
	โกงกางใบเล็ก	7.5	1.9	โกงกางใบเล็ก	6.3	1.5		
	โกงกางใบเล็ก	8	3.1	โกงกางใบเล็ก	6.2	1.4		
	โกงกางใบเล็ก	10	3.5	โกงกางใบเล็ก	6.5	1.8		
	โกงกางใบเล็ก	11.2	5.4	โกงกางใบเล็ก	6.5	1.8		
	โกงกางใบเล็ก	10.5	2.3	โกงกางใบใหญ่	6.2	1.4		
	โกงกางใบเล็ก	11	2					

ตาราง จ-1 ตารางบันทึกข้อมูลการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนคลองโคน (ต่อ)

แนวที่/แปลงที่	จำนวนไม้ใหญ่			จำนวนลูกไม้			จำนวนกล้าไม้	
	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	จำนวน
4/1	แสมขาว	94.4	11.1	แสมขาว	55.1	5	แสมขาว	3
	แสมขาว	77.2	14.4	แสมขาว	49.2	3		
	แสมขาว	108.3	10.5	แสมขาว	50.7	3.5		
	แสมขาว	67.9	18	โกงกางใบเล็ก	13.3	7.5		
	โกงกางใบใหญ่	19.5	5.2					
4/2	แสมขาว	69.2	12					
	โกงกางใบเล็ก	7.3	3					
	โกงกางใบเล็ก	7.2	4.2					
	โกงกางใบเล็ก	6.5	5.5					
	โกงกางใบเล็ก	6.2	3.5					
	โกงกางใบเล็ก	7.3	2.8					
	โกงกางใบเล็ก	5.5	3.2					
	โกงกางใบเล็ก	7.2	2.5					
	โกงกางใบเล็ก	6.4	1.5					
	โกงกางใบเล็ก	7.3	1.8					
	โกงกางใบเล็ก	7.2	2.4					
	โกงกางใบเล็ก	5.2	2.2					
	โกงกางใบเล็ก	5.1	2.5					

ตาราง จ-1 ตารางบันทึกข้อมูลการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนคลองโคน (ต่อ)

แนวที่/แปลงที่	จำนวนไม้ใหญ่			จำนวนลูกไม้			จำนวนกล้าไม้	
	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	จำนวน
4/2	โกงกางใบเล็ก	4.2	1.8					
	โกงกางใบเล็ก	4.5	1.9					
	โกงกางใบเล็ก	7.2	4.3					
	โกงกางใบเล็ก	7.8	4.2					
	โกงกางใบเล็ก	7.6	5.2					
	โกงกางใบเล็ก	7.5	5.1					
	โกงกางใบเล็ก	4.4	3.4					
	โกงกางใบเล็ก	4.7	3.2					
	โกงกางใบเล็ก	4.2	3.9					
	โกงกางใบเล็ก	4.2	1.2					
	โกงกางใบเล็ก	5.3	2.7					
	โกงกางใบเล็ก	7.2	4					
	โกงกางใบเล็ก	4.2	3.1					
	โกงกางใบเล็ก	5.2	1.9					
	โกงกางใบเล็ก	5.4	2.8					
	โกงกางใบเล็ก	4.3	3.5					
	โกงกางใบเล็ก	7.3	4.5					
	โกงกางใบเล็ก	3.8	2.6					

ตาราง จ-1 ตารางบันทึกข้อมูลการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนคลองโคน (ต่อ)

แนวที่/แปลงที่	จำนวนไม้ใหญ่			จำนวนลูกไม้			จำนวนกล้าไม้	
	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	จำนวน
4/2	โกงกางใบเล็ก	4.3	1.9					
	โกงกางใบเล็ก	4.5	1.8					
	โกงกางใบเล็ก	4.7	4.8					
	โกงกางใบเล็ก	5.6	3.2					
	โกงกางใบเล็ก	5.2	2.3					
	โกงกางใบเล็ก	5.7	4.5					
	โกงกางใบเล็ก	6.3	3.2					
	โกงกางใบเล็ก	6.2	3.3					
	โกงกางใบเล็ก	5	2.8					
	โกงกางใบเล็ก	5.4	2.5					
5/1	แสมขาว	73.5	7.5	แสมขาว	61.0	7	แสมขาว	11
	แสมขาว	129.7	10.8	แสมขาว	46.3	2		
	แสมขาว	160	19.5	แสมขาว	47.7	2.5		
	แสมขาว	94.6	18.7	แสมขาว	44.8	1.5		
	แสมขาว	87.4	14.4	แสมขาว	47.7	2.5		
	ตะบูนขาว	20.5	3.5	แสมขาว	47.7	2.5		
				แสมขาว	53.7	4.5		
				แสมขาว	45.4	1.7		

ตาราง จ-1 ตารางบันทึกข้อมูลการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนคลองโคน (ต่อ)

แนวที่/แปลงที่	จำนวนไม้ใหญ่			จำนวนลูกไม้			จำนวนกล้าไม้	
	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	จำนวน
5/1				แสมขาว	50.7	3.5		
				แสมขาว	55.1	5		
				แสมขาว	47.7	2.5		
				แสมขาว	47.7	2.5		
				แสมขาว	45.4	1.7		
				ตะบูนขาว	14.6	2.5		
				ตะบูนขาว	8.8	1.5		
5/2	แสมขาว	64.4	11.3	แสมขาว	42.5	6	แสมขาว	38
	แสมขาว	67.2	10.5	แสมขาว	29.7	2.3		
	แสมขาว	48.4	9.8					
	แสมขาว	67.6	20.3					
	แสมขาว	54.5	14.4					
	แสมขาว	66.9	17.6					
	แสมขาว	47	13.6					
6/1	แสมขาว	45	9.4	แสมขาว	49.2	3	แสมขาว	9
	แสมขาว	32.4	5.7	แสมขาว	49.2	3		

ตาราง จ-1 ตารางบันทึกข้อมูลการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนคลองโคน (ต่อ)

แนวที่/แปลงที่	จำนวนไม้ใหญ่			จำนวนลูกไม้			จำนวนกล้าไม้	
	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	จำนวน
6/1	แสมขาว	70.1	12.2	แสมขาว	53.7	4.5		
	แสมขาว	85.7	13.3	แสมขาว	61.0	7		
	แสมขาว	75.7	18	แสมขาว	58.1	6		
				แสมขาว	52.2	4		
				แสมขาว	44.2	1.3		
				แสมขาว	44.2	1.3		
				แสมขาว	47.7	2.5		
				แสมขาว	46.3	2		
				ตะบูนขาว	23.4	4		
6/2	แสมขาว	31.4	7.8	แสมขาว	26.9	1.5	โกงกางใบเล็ก	12
	แสมขาว	62.7	16.2	แสมขาว	27.6	1.7		
	โกงกางใบเล็ก	14	5.5	แสมขาว	29.7	2.3		
	โกงกางใบเล็ก	9.2	6.1	โกงกางใบเล็ก	6.2	1.4		
	โกงกางใบเล็ก	10.1	4.4	โกงกางใบเล็ก	6.3	1.5		
	โกงกางใบเล็ก	6.7	3.8	โกงกางใบเล็ก	6.7	2.2		
7/1	แสมขาว	58.3	8	แสมขาว	49.2	3	แสมขาว	3
	แสมขาว	38	7.5	แสมขาว	46.3	2		
	แสมขาว	68.7	12	แสมขาว	46.3	2		

ตาราง จ-1 ตารางบันทึกข้อมูลการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนคลองโคน (ต่อ)

แนวที่/แปลงที่	จำนวนไม้ใหญ่			จำนวนลูกไม้			จำนวนกล้าไม้	
	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	จำนวน
7/1	แสมขาว	44.5	6	แสมขาว	52.2	4		
	แสมขาว	47	5.4	แสมขาว	46.3	2		
				แสมขาว	48.6	2.8		
				แสมขาว	47.7	2.5		
				แสมขาว	44.2	1.3		
				แสมขาว	44.8	1.5		
				แสมขาว	46.3	2		
				แสมขาว	47.1	2.3		
7/2	แสมขาว	101	7.2	แสมขาว	27.9	1.8	แสมขาว	17
	แสมขาว	101	8	แสมขาว	26.9	1.5		
	แสมขาว	105	9	แสมขาว	28.6	2		
	แสมขาว	47	5	แสมขาว	29.7	2.3		
8/1	แสมขาว	79.1	4.5	แสมขาว	49.2	3	โกงกางใบเล็ก	8
	แสมขาว	54.3	3.2	แสมขาว	46.3	2		
	แสมขาว	52.1	3.4					
	แสมขาว	49.8	2.5					
	แสมขาว	48.7	4.2					
	แสมขาว	85.6	6.9					

ตาราง จ-1 ตารางบันทึกข้อมูลการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนคลองโคน (ต่อ)

แนวที่/แปลงที่	จำนวนไม้ใหญ่			จำนวนลูกไม้			จำนวนกล้าไม้	
	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	จำนวน
8/2	แสมขาว	45.7	10.8					
	แสมขาว	45.5	10.5					
	แสมขาว	80.7	11					
	แสมขาว	69.5	21.6					
9/1	แสมขาว	28.6	6.5	แสมขาว	55.1	5	แสมขาว	4
	แสมขาว	75.5	9.8	แสมขาว	47.7	2.5		
	แสมขาว	20.3	3.4	แสมขาว	49.2	3		
	แสมขาว	113.0	9.0					
	แสมขาว	38.7	5.7					
	แสมขาว	13.9	5.0					
	แสมขาว	24.3	4.1					
	แสมขาว	56.5	9.5					
9/2	แสมขาว	39.0	3.8	โกงกางใบเล็ก	6.4			
	แสมขาว	24.3	2.9	โกงกางใบเล็ก	6.9			
	แสมขาว	80.5	9.0	โกงกางใบเล็ก	6.6			
	แสมขาว	64.9	8.6	โกงกางใบเล็ก	6.3			
	แสมขาว	30.0	3.8	โกงกางใบเล็ก	6.3			
	แสมขาว	48.3	7.2	แสมขาว	37.3			

ตาราง จ-1 ตารางบันทึกข้อมูลการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนคลองโคน (ต่อ)

แนวที่/แปลงที่	จำนวนไม้ใหญ่			จำนวนลูกไม้			จำนวนกล้าไม้	
	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	จำนวน
9/2	แสมขาว	17.6	3.0					
	แสมขาว	37.4	7.3					
	แสมขาว	24.0	2.4					
	แสมขาว	27.5	3.2					
10/1	โกงกางใบเล็ก	11.2	3.7	แสมขาว	44.2	1.3	แสมขาว	17
	โกงกางใบเล็ก	13.1	1.6					
	โกงกางใบเล็ก	14.5	4.2					
	โกงกางใบเล็ก	16.1	3.1					
	โกงกางใบเล็ก	15.8	2.9					
	โกงกางใบเล็ก	14.9	1.4					
	โกงกางใบเล็ก	13.3	2.3					
	โกงกางใบเล็ก	12.6	4.4					
	โกงกางใบเล็ก	11.8	1.7					
	โกงกางใบเล็ก	12.3	1.9					
	โกงกางใบเล็ก	12.5	2.8					
	โกงกางใบเล็ก	13.2	3.2					
	โกงกางใบเล็ก	14.6	3.7					
	แสมขาว	115.9	19.8					

ตาราง จ-1 ตารางบันทึกข้อมูลการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนคลองโคน (ต่อ)

แนวที่/แปลงที่	จำนวนไม้ใหญ่			จำนวนลูกไม้			จำนวนกล้าไม้	
	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	เส้นรอบวง	ความสูง	ชนิด	จำนวน
10/1	แสมขาว	112.1	11.2					
10/2	โกงกางใบเล็ก	14.3	2.3	แสมขาว	26.9	1.5	โกงกางใบเล็ก	31
	โกงกางใบเล็ก	11.5	2.6	โกงกางใบเล็ก	6.2	1.3		
	โกงกางใบเล็ก	16.5	3.5	โกงกางใบเล็ก	6.3	1.5		
	โกงกางใบเล็ก	13.2	3.3	โกงกางใบเล็ก	6.5	1.9		
	โกงกางใบเล็ก	10.5	1.7	โกงกางใบเล็ก	6.3	1.5		
	แสมขาว	116.3	20.2	โกงกางใบเล็ก	6.2	1.4		
	แสมขาว	115	19.5	โกงกางใบเล็ก	6.5	1.8		
	แสมขาว	111.6	11.3	โกงกางใบเล็ก	6.5	1.8		
	แสมขาว	112.3	14.3	โกงกางใบเล็ก	6.3	1.5		
				โกงกางใบใหญ่	6.5	1.9		

ภาคผนวก ฉ

ผลการวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในใบพืช

ผลการวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในใบพืชแต่ละประเภท

ตารางที่ ฉ-1 อินทรีย์คาร์บอนในใบพืชแต่ละประเภท เดือนมิถุนายน 2560

ประเภทพืช	ซ้ำ	ก่อนอบ 105	หลังอบ 105	หลังเผา 400	%LOI	เฉลี่ย	%C	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่	1	16.09	5.24	0.66	87.40	87.22	39.16	39.09
	2	16.10	5.28	0.64	87.88		39.36	
	3	16.09	5.07	0.69	86.39		38.74	
โกงกางใบเล็ก	1	30.17	8.37	1.09	86.98	87.63	38.99	39.26
	2	30.17	9.45	1.16	87.72		39.30	
	3	30.17	8.98	1.06	88.20		39.49	
แสมขาว	1	16.09	6.95	0.89	87.19	87.21	39.08	39.08
	2	16.09	7.03	0.91	87.06		39.02	
	3	16.09	7.61	0.96	87.39		39.15	
ลำพู	1	17.34	4.82	0.43	91.08	90.64	40.69	40.51
	2	17.34	4.88	0.46	90.57		40.48	
	3	17.34	5.14	0.50	90.27		40.35	
ตะบูนขาว	1	15.15	5.18	0.96	81.47	81.19	36.70	36.58
	2	15.15	4.85	0.92	81.03		36.52	
	3	15.15	5.07	0.96	81.07		36.53	

ตารางที่ ฉ-2 อินทรีย์คาร์บอนในใบพืชแต่ละประเภท เดือนกุมภาพันธ์ 2561

ประเภทพืช	ซ้ำ	ก่อนอบ 105	หลังอบ 105	หลังเผา 400	%LOI	เฉลี่ย	%C	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่	1	2.48	1.70	0.18	89.20	88.52	39.91	39.63
	2	2.51	1.80	0.21	88.26		39.52	
	3	2.89	1.94	0.23	88.10		39.45	
โกงกางใบเล็ก	1	1.91	1.24	0.23	81.88	79.96	36.87	36.07
	2	4.21	1.56	0.37	76.44		34.61	
	3	2.12	1.31	0.24	81.56		36.74	
แสมขาว	1	0.93	0.71	0.14	79.94	80.57	36.07	36.32
	2	1.08	0.83	0.17	80.02		36.10	
	3	1.30	1.02	0.19	81.74		36.81	
ลำพู	1	0.72	0.62	0.06	90.87	90.67	40.60	40.52
	2	1.14	0.99	0.09	90.59		40.48	
	3	1.42	1.23	0.12	90.55		40.47	
ตะบูนขาว	1	0.97	0.77	0.14	82.16	83.99	36.99	37.75
	2	1.27	1.03	0.16	84.99		38.16	
	3	1.23	1.01	0.15	84.82		38.09	

ภาคผนวก ช

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินชายเลนและดินที่หมักกับพืชชายเลน

1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินชายเลนและดินที่หมักกับพืชชายเลน เดือนกุมภาพันธ์ 2561

1.1 ความหนาแน่นของดิน

ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน ดังตารางที่ ช-1

ตารางที่ ช-1 ความหนาแน่นรวมของดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักขวดปริมาตร	น้ำหนักขวดปริมาตร+น้ำหนักดิน	น้ำหนักดิน	ปริมาตรขวดปริมาตร	ความหนาแน่น	เฉลี่ย
ดินชายเลน 11/6/60	1	14.6079	24.6439	10.0360	10	1.0036	
	2	15.4962	25.6496	10.1534	10	1.0153	1.0081
	3	16.6941	26.7468	10.0527	10	1.0053	
ดินชายเลน 19/6/60	1	15.0821	25.0406	9.9585	10	0.9959	
	2	16.7701	26.7306	9.9605	10	0.9961	0.9986
	3	15.4242	25.4643	10.0401	10	1.0040	
ดินชายเลน 26/6/60	1	15.4776	25.7534	10.2758	10	1.0276	
	2	16.0225	26.2365	10.2140	10	1.0214	1.0214
	3	15.0073	25.1588	10.1515	10	1.0152	

1.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ดังตารางที่ ช-2

ตารางที่ ช-2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน	ความเป็นกรดเป็นด่าง			เฉลี่ย	ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย
			1	2	3		
ดินชายเลน 11/6/60	1	10.1520	7.82	7.82	7.80	7.81	7.82
	2	10.1536	7.83	7.80	7.80	7.81	
	3	10.1515	7.81	7.85	7.85	7.84	
ดินชายเลน 19/6/60	1	10.1421	7.58	7.57	7.58	7.58	7.53
	2	10.1436	7.54	7.56	7.49	7.53	
	3	10.1435	7.48	7.49	7.48	7.48	
ดินชายเลน 26/6/60	1	10.3339	7.62	7.58	7.60	7.60	7.61
	2	10.3350	7.63	7.62	7.63	7.63	
	3	10.3320	7.60	7.61	7.60	7.60	

1.3 ความชื้นในดิน

ผลการวิเคราะห์ความชื้นในดิน ดังตารางที่ ช-3

ตารางที่ ช-3 ความชื้นในดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน									%mois	mf	เฉลี่ย	
		W1			W2			W3					%mois	mf
		1	2	3	1	2	3	1	2	3				
11/6/60	1	68.7626	68.7625	68.7624	118.8233	118.8235	118.8234	115.0024	115.0023	115.0024	8.2635	1.0826		
	2	68.1224	68.1224	68.1224	118.1846	118.1845	118.1845	114.3663	114.3662	114.3663	8.2568	1.0826	8.2357	1.0824
	3	58.3523	58.3523	58.3523	108.4217	108.4217	118.4217	104.6328	104.6328	104.6328	8.1868	1.0819		
19/6/60	1	53.1607	53.1607	53.1606	63.2935	63.2935	63.2935	62.6225	62.6225	62.6226	7.0913	1.0709		
	2	47.5514	47.5514	47.5515	57.6837	57.6836	57.6837	57.0237	57.0238	57.0238	6.9666	1.0697	7.0196	1.0702
	3	48.6834	48.6832	48.6833	58.8114	58.8114	58.8115	58.1487	58.1488	58.1488	7.0009	1.0700		
26/6/60	1	89.9335	89.9336	89.9336	140.0921	140.0921	140.0921	136.8785	136.8786	136.8786	6.8453	1.0684		
	2	81.7342	81.7343	81.7343	131.8912	131.8913	131.8912	128.7235	128.7235	128.7235	6.7414	1.0674	6.7676	1.0677
	3	75.1776	75.1777	75.1778	125.3398	125.3399	125.3398	122.1829	122.1830	122.1830	6.7160	1.0672		

1.4 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและปริมาณอินทรียวัตถุ

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} ดังตาราง ช4 และผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ดังตาราง ช-5

ตาราง ช-4 ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+}

	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบล้งค์	1	0.00	19.40	19.40	19.40
	2	0.00	19.20	19.20	
	3	0.00	19.60	19.60	

$$N_f = 10N_c / T_1$$
$$= 10(1) / 19.4$$
$$= 0.5155$$

ตาราง ช-5 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%OC	%OM	เฉลี่ย
11/6/60	1	0.5411	0.00	11.90	11.90	7.50	3.02	5.20	
	2	0.5433	11.90	24.10	12.20	7.20	2.88	4.97	5.02
	3	0.5445	24.10	36.40	12.30	7.10	2.84	4.89	
19/6/60	1	0.5445	0.00	12.00	12.00	7.40	2.92	5.04	
	2	0.5427	12.00	24.50	12.50	6.90	2.74	4.71	4.84
	3	0.5454	24.50	36.90	12.40	7.00	2.76	4.76	
26/6/60	1	0.5452	0.00	13.50	13.50	5.90	2.32	4.01	
	2	0.5492	13.50	27.20	13.70	5.70	2.23	3.84	3.91
	3	0.5443	27.20	40.9	13.70	5.70	2.25	3.87	

1.5 ไนโตรเจน

ตาราง ช-6 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบล้งค์	1	0.00	0.40	0.40	0.40
	2	0.40	0.80	0.40	
	3	0.80	1.20	0.40	

$$\text{ความเข้มข้นกรดซัลฟุริก (นอร์มัล)} = \frac{\text{น้ำหนักของ } Na_2CO_3 \text{ ที่ใช้ (g) x จำนวน } (Na_2CO_3 \text{ 0.01 mol/l) 20 ml}}{53.00 \text{ x จำนวน กรดซัลฟุริกมาตรฐาน 0.02 นอร์มัล}}$$

$$= \frac{1.0632 \text{ g x 20 ml}}{53.00 \text{ x } 21.97}$$

$$= 0.0183$$

ตาราง ช-7 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%N	เฉลี่ย
11/6/60	1	1.0057	0.00	7.90	7.90	7.50	0.21	
	2	1.0057	7.90	15.70	7.80	7.40	0.20	0.20
	3	1.0058	15.70	23.50	7.80	7.40	0.20	
19/6/60	1	1.0056	0.00	9.90	9.90	9.50	0.26	
	2	1.0058	9.90	19.80	9.90	9.50	0.26	0.26
	3	1.0058	19.80	29.70	9.90	9.50	0.26	
26/6/60	1	1.0059	0.00	7.60	7.60	7.20	0.19	
	2	1.0060	7.60	15.30	7.70	7.30	0.19	0.20
	3	1.0060	15.30	23.00	7.70	7.30	0.20	

2. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินชายเลนและดินที่หมักกับพืชชายเลน เดือนสิงหาคม 2560

2.1 ความหนาแน่นของดิน

ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน ดังตารางที่ ช8

ตารางที่ ช-8 ความหนาแน่นรวมของดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักขวดปริมาตร	น้ำหนักขวดปริมาตร+น้ำหนักดิน	น้ำหนักดิน	ปริมาตรขวดปริมาตร	ความหนาแน่น	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่ 1	1	14.6077	24.9923	10.3846	10	1.0385	1.0421
	2	15.0827	25.4700	10.3873	10	1.0387	
	3	15.4243	25.9165	10.4922	10	1.0492	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	15.5357	25.9054	10.3697	10	1.0370	1.0363
	2	15.4961	25.8762	10.3801	10	1.0380	
	3	15.4774	25.8169	10.3395	10	1.0340	
โกงกางใบเล็ก 1	1	15.6944	25.7795	10.0851	10	1.0085	1.0167
	2	15.0071	25.1932	10.1861	10	1.0186	
	3	16.0222	26.2531	10.2309	10	1.0231	
โกงกางใบเล็ก 2	1	15.0818	25.5713	10.4895	10	1.0490	1.0328
	2	15.4240	25.7794	10.3554	10	1.0355	
	3	16.6942	26.8328	10.1386	10	1.0139	
แสมขาว 1	1	16.7698	27.1602	10.3904	10	1.03904	1.0267
	2	15.4775	25.8417	10.3642	10	1.03642	
	3	14.6076	24.6529	10.0453	10	1.00453	

ตารางที่ ช-8 ความหนาแน่นรวมของดิน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักขวดปริมาตร	น้ำหนักขวดปริมาตร+น้ำหนักดิน	น้ำหนักดิน	ปริมาตรขวดปริมาตร	ความหนาแน่น	เฉลี่ย
แสมขาว 2	1	16.0225	26.2428	10.2203	10	1.0220	1.0384
	2	15.4964	26.0456	10.5492	10	1.0549	
	3	15.5361	25.9185	10.3824	10	1.0382	
ลำพู 1	1	16.7698	27.1511	10.3813	10	1.0381	1.0440
	2	16.6941	27.1956	10.5015	10	1.0515	
	3	16.7716	27.2084	10.4368	10	1.0437	
ลำพู 2	1	16.7703	27.2454	10.4751	10	1.0475	1.0352
	2	14.6889	25.2403	10.5514	10	1.0551	
	3	16.6945	26.7239	10.0294	10	1.0029	
ตะบูนขาว 1	1	16.7699	27.1071	10.3372	10	1.03372	1.0342
	2	16.694	27.0486	10.3546	10	1.03546	
	3	16.7708	27.1056	10.3348	10	1.03348	
ตะบูนขาว 2	1	16.7701	27.1156	10.3455	10	1.03455	1.0319
	2	16.6941	27.0432	10.3491	10	1.03491	
	3	16.7719	27.0357	10.2638	10	1.02638	

2.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ดังตารางที่ ช-9

ตารางที่ ช-9 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน	ความเป็นกรดเป็นด่าง			เฉลี่ย	ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย
			1	2	3		
โกงกางใบใหญ่ 1	1	5.0024	7.86	7.85	7.86	7.86	7.86
	2	5.0025	7.85	7.86	7.87	7.86	
	3	5.0024	7.87	7.86	7.85	7.86	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	5.0029	7.83	7.85	7.86	7.85	7.84
	2	5.0030	7.86	7.85	7.83	7.85	
	3	5.0029	7.83	7.85	7.84	7.84	
โกงกางใบเล็ก 1	1	5.0030	7.73	7.74	7.74	7.74	7.73
	2	5.0030	7.76	7.70	7.75	7.74	
	3	5.0029	7.70	7.73	7.75	7.73	
โกงกางใบเล็ก 2	1	5.0030	7.71	7.85	7.88	7.81	7.77
	2	5.0029	7.60	7.72	7.81	7.71	
	3	5.0029	7.67	7.84	7.88	7.80	
แสมขาว 1	1	5.0030	7.87	7.85	7.83	7.85	7.85
	2	5.0029	7.85	7.82	7.88	7.85	
	3	5.0030	7.86	7.84	7.86	7.85	

ตารางที่ ช-9 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน	ความเป็นกรดเป็นด่าง			เฉลี่ย	ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย
			1	2	3		
แสมขาว 2	1	5.0029	7.85	7.78	7.83	7.82	7.83
	2	5.0030	7.81	7.85	7.88	7.85	
	3	5.0030	7.77	7.85	7.87	7.83	
ลำพู 1	1	5.0027	7.83	7.84	7.85	7.84	7.85
	2	5.0026	7.86	7.87	7.85	7.86	
	3	5.0027	7.87	7.86	7.85	7.86	
ลำพู 2	1	5.0029	7.86	7.91	7.92	7.90	7.86
	2	5.0028	7.72	7.89	7.92	7.84	
	3	5.0028	7.78	7.85	7.88	7.84	
ตะบูนขาว 1	1	5.0029	7.81	7.90	7.92	7.88	7.87
	2	5.0030	7.81	7.90	7.91	7.87	
	3	5.0030	7.82	7.88	7.90	7.87	
ตะบูนขาว 2	1	5.0030	7.80	8.00	8.02	7.94	7.96
	2	5.0031	7.90	7.98	7.99	7.96	
	3	5.0031	7.86	8.03	8.06	7.98	

2.3 ความชื้นในดิน

ตารางที่ ช-10 ความชื้นในดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน									%mois	mf	เฉลี่ย	
		W1			W2			W3					%mois	mf
		1	2	3	1	2	3	1	2	3				
โกงกางใบใหญ่ 1	1	50.3154	50.3154	50.3154	55.8427	55.8426	55.8426	55.6018	55.6018	55.6017	4.5564	1.0456	4.6641	1.0466
	2	50.2468	50.2468	50.2468	55.7723	55.7723	55.7723	55.5238	55.5238	55.5238	4.7091	1.0471		
	3	50.7646	50.7645	50.7646	56.2927	56.2926	56.2926	56.0431	56.0431	56.0432	4.7267	1.0473		
โกงกางใบใหญ่ 2	1	68.7623	68.7622	68.7624	74.0835	74.0835	74.0836	73.8412	73.8412	73.8412	4.7714	1.0477	4.5154	1.0452
	2	70.6742	70.6743	70.6742	75.9911	75.9911	75.9912	75.7740	75.7741	75.7740	4.2570	1.0426		
	3	58.2425	58.2425	58.2425	63.5627	63.5628	63.5628	63.3328	63.3328	63.3328	4.5177	1.0452		
โกงกางใบเล็ก 1	1	77.2437	77.2436	77.2437	82.7723	82.7724	82.7724	82.4746	82.4746	82.4746	5.6924	1.0569	5.7008	1.0570
	2	66.8149	66.8149	66.8149	72.3531	72.3531	72.3532	72.0548	72.0549	72.0548	5.6928	1.0569		
	3	75.5621	75.5621	75.5621	81.0917	81.0917	81.0916	80.7926	80.7926	80.7927	5.7171	1.0572		
โกงกางใบเล็ก 2	1	72.9243	72.9244	72.9244	78.3347	78.3348	78.3348	78.1125	78.1125	78.1126	4.2835	1.0428	4.2449	1.0424
	2	47.5649	47.5648	47.5648	52.9788	52.9789	52.9788	52.7587	52.7587	52.7587	4.2383	1.0424		
	3	50.3673	50.3673	50.3673	55.7862	55.7863	55.7863	55.5672	55.5672	55.5672	4.2129	1.0421		
แสมขาว 1	1	70.1038	70.1039	70.1038	75.2843	75.2844	75.2843	74.9573	74.9573	74.9573	6.7381	1.0674	5.5522	1.0555
	2	70.4263	70.4263	70.4263	75.6134	75.6134	75.6134	75.3032	75.3033	75.3032	6.3599	1.0636		
	3	68.3593	68.3593	68.3593	73.5423	73.5423	73.5423	73.3642	73.3642	73.3642	3.5585	1.0356		

ตารางที่ ช-10 ความชื้นในดิน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน									%mois	mf	เฉลี่ย	
		W1			W2			W3					%mois	mf
		1	2	3	1	2	3	1	2	3				
แสมขาว 2	1	52.3579	52.3579	52.3579	55.9088	55.9088	55.9088	55.7347	55.7348	55.7348	5.1537	1.0515	5.3403	1.0534
	2	53.1587	53.1587	53.1587	56.7125	56.7126	56.7125	56.5283	56.5283	56.5283	5.4675	1.0547		
	3	55.4796	55.4796	55.4796	59.0307	59.0308	59.0308	58.8488	58.8488	58.8489	5.3998	1.0540		
ลำพู 1	1	48.6768	48.6768	48.6768	53.8332	53.8332	53.8332	53.5879	53.5879	53.5879	4.9948	1.0499	4.6677	1.0467
	2	45.5872	45.5872	45.5873	50.7384	50.7385	50.7384	50.5243	50.5243	50.5243	4.3373	1.0434		
	3	49.5338	49.5338	49.5339	54.6832	54.6832	54.6831	54.4534	54.4534	54.4533	4.6712	1.0467		
ลำพู 2	1	67.6147	67.6147	67.6147	73.0342	73.0344	73.0343	72.8017	72.8016	72.8017	4.4850	1.0448	4.4217	1.0442
	2	71.3929	71.3929	71.3929	76.8116	76.8116	76.8116	76.5835	76.5835	76.5835	4.3945	1.0439		
	3	69.5247	69.5247	69.5247	74.9413	74.9413	74.9413	74.7137	74.7138	74.7137	4.3855	1.0439		
ตะบูนขาว 1	1	68.1426	68.1426	68.1426	70.7224	70.7224	70.7224	70.5896	70.5896	70.5896	5.4271	1.0543	5.7475	1.0575
	2	68.0574	68.0574	68.0574	70.6433	70.6434	70.6433	70.4988	70.4989	70.4989	5.9172	1.0592		
	3	67.4558	67.4558	67.4558	70.0448	70.0448	70.0448	69.9005	69.9007	69.9006	5.8982	1.0590		
ตะบูนขาว 2	1	74.6589	74.6589	74.6589	79.8136	79.8137	79.8137	79.5278	79.5278	79.5278	5.8713	1.0587	5.7090	1.0571
	2	70.5622	70.5622	70.5622	75.7236	75.7237	75.7237	75.4463	75.4463	75.4463	5.6790	1.0568		
	3	72.2683	72.2683	72.2683	77.4321	77.4321	77.4321	77.1593	77.1594	77.1593	5.5769	1.0558		

2.4 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและปริมาณอินทรียวัตถุ

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} ดังตาราง ช11 และผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ดังตาราง ช-12

ตาราง ช-11 ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+}

	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบล้งค์	1	0.00	20.10	20.10	20.10
	2	0.00	20.10	20.10	

$N_f = 10N_c / T_1$

$= 10(1) / 20.10$

$= 0.4975$

ตาราง ช-12 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%OC	%OM	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่ 1	1	0.5038	0.00	13.30	13.30	6.80	2.74	4.73	2.72
	2	0.5037	0.00	13.40	13.40	6.70	2.70	4.66	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	0.5038	0.00	13.40	13.40	6.70	2.70	4.65	2.70
	2	0.5039	0.00	13.40	13.40	6.70	2.70	4.65	
โกงกางใบเล็ก 1	1	0.5039	0.00	11.90	11.90	8.20	3.34	5.75	3.34
	2	0.5039	0.00	11.80	11.80	8.30	3.34	5.75	
โกงกางใบเล็ก 2	1	0.5039	0.00	13.10	13.10	7.00	2.81	4.84	2.79
	2	0.5039	0.00	13.20	13.20	6.90	2.77	4.77	
แสมขาว 1	1	0.5038	0.00	11.50	11.50	8.60	3.50	6.03	3.50
	2	0.5039	0.00	11.50	11.50	8.60	3.50	6.03	
แสมขาว 2	1	0.5039	0.00	12.70	12.70	7.40	3.00	5.17	3.00
	2	0.5038	0.00	12.70	12.70	7.40	3.00	5.18	

ตาราง ช-12 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%OC	%OM	เฉลี่ย
ลำพู 1	1	0.5038	0.00	13.40	13.40	6.70	2.70	4.66	2.70
	2	0.5039	0.00	13.40	13.40	6.70	2.70	4.66	
ลำพู 2	1	0.5039	0.00	12.90	12.90	7.20	2.89	4.99	2.88
	2	0.5038	0.00	13.00	13.00	7.10	2.86	4.92	
ตะบูนขาว 1	1	0.5037	0.00	12.20	12.20	7.90	3.22	5.55	3.20
	2	0.5038	0.00	12.30	12.30	7.80	3.18	5.48	
ตะบูนขาว 2	1	0.5037	0.00	13.50	13.50	6.60	2.69	4.63	2.69
	2	0.5038	0.00	13.50	13.50	6.60	2.69	4.63	

2.5 ไนโตรเจน

ตารางที่ ช-13 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบล้งค์	1	0.00	0.40	0.40	0.40
	2	0.40	0.80	0.40	

ความเข้มข้นกรดซัลฟุริก (นอร์มัล) = $\frac{\text{น้ำหนักของ } Na_2CO_3 \text{ ที่ใช้ (g) x จำนวน } (Na_2CO_3 \text{ 0.01 mol/l) 20 ml}}{\text{53.00 x จำนวน กรดซัลฟุริกมาตรฐาน 0.02 นอร์มัล}}$

$= \frac{1.0632 \text{ g x 20 ml}}{53.00 \times 21.90}$

$= 0.0183$

ตาราง ช-14 การวิเคราะห์นโตรเจน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%N	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่ 1	1	1.0052	0.00	8.70	8.70	8.30	0.22	0.22
	2	1.0053	8.70	17.40	8.70	8.30	0.22	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	1.0056	0.00	8.70	8.70	8.30	0.22	0.22
	2	1.0057	8.70	17.40	8.70	8.30	0.22	
โกงกางใบเล็ก 1	1	1.0054	0.00	11.20	11.20	10.80	0.29	0.29
	2	1.0056	11.20	22.40	11.20	10.80	0.29	
โกงกางใบเล็ก 2	1	1.0058	0.00	8.80	8.80	8.40	0.22	0.22
	2	1.0060	8.80	17.60	8.80	8.40	0.22	
แสมขาว 1	1	1.0059	0.00	11.70	11.70	11.30	0.30	0.30
	2	1.0060	11.70	23.40	11.70	11.30	0.30	
แสมขาว 2	1	1.0054	0.00	11.50	11.50	11.10	0.30	0.29
	2	1.0056	11.50	22.90	11.40	11.00	0.29	

ตาราง ช-14 การวิเคราะห์ไนโตรเจน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%N	เฉลี่ย
ลำพู 1	1	1.0056	0.00	8.80	8.80	8.40	0.22	0.22
	2	1.0053	8.80	17.60	8.80	8.40	0.22	
ลำพู 2	1	1.0056	0.00	8.70	8.70	8.30	0.22	0.22
	2	1.0056	8.70	17.60	8.90	8.50	0.22	
ตะบูนขาว 1	1	1.0055	0.00	10.80	10.80	10.40	0.28	0.28
	2	1.0058	10.80	21.80	10.80	10.40	0.28	
ตะบูนขาว 2	1	1.0060	0.00	8.70	8.70	8.30	0.22	0.22
	2	1.0058	8.70	17.40	8.70	8.30	0.22	

3. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินชายเลนและดินที่หมักกับพืชชายเลน เดือนตุลาคม 2560

3.1 ความหนาแน่นของดิน

ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน ดังตารางที่ ช15

ตารางที่ ช-15 ความหนาแน่นรวมของดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักขวดปริมาตร	น้ำหนักขวดปริมาตร+น้ำหนักดิน	น้ำหนักดิน	ปริมาตรขวดปริมาตร	ความหนาแน่น	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่ 1	1	15.6946	26.3556	10.661	10	1.0661	1.0644
	2	15.4962	26.1803	10.6841	10	1.0684	
	3	16.6939	27.2806	10.5867	10	1.0587	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	14.6076	25.4016	10.794	10	1.0794	1.0720
	2	15.4241	26.1212	10.6971	10	1.0697	
	3	15.0821	25.7519	10.6698	10	1.0670	
โกงกางใบเล็ก 1	1	15.5356	26.0015	10.4659	10	1.0466	1.0520
	2	16.7698	27.2360	10.4662	10	1.0466	
	3	15.4775	26.1062	10.6287	10	1.0629	
โกงกางใบเล็ก 2	1	15.0071	25.5578	10.5507	10	1.0551	1.0641
	2	14.6887	25.3886	10.6999	10	1.0700	
	3	16.0223	26.6940	10.6717	10	1.0672	
แสมขาว 1	1	16.6942	27.3205	10.6263	10	1.0626	1.0620
	2	15.4961	26.0017	10.5056	10	1.0506	
	3	15.4242	26.1522	10.7280	10	1.0728	

ตารางที่ ช-15 ความหนาแน่นรวมของดิน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักขวดปริมาตร	น้ำหนักขวดปริมาตร+น้ำหนักดิน	น้ำหนักดิน	ปริมาตรขวดปริมาตร	ความหนาแน่น	เฉลี่ย
แสมขาว 2	1	15.081	25.6982	10.6172	10	1.0617	1.0665
	2	14.6066	25.2843	10.6777	10	1.0678	
	3	14.6876	25.3871	10.6995	10	1.0700	
ลำพู 1	1	16.0211	26.7322	10.7111	10	1.0711	1.0738
	2	16.7686	27.4123	10.6437	10	1.0644	
	3	15.4762	26.3344	10.8582	10	1.0858	
ลำพู 2	1	15.0058	25.8068	10.8010	10	1.0801	1.0725
	2	15.5343	26.3625	10.8282	10	1.0828	
	3	15.6929	26.2378	10.5449	10	1.0545	
ตะบูนขาว 1	1	14.6072	25.0827	10.4755	10	1.0476	1.0501
	2	15.4956	26.0413	10.5457	10	1.0546	
	3	15.0817	25.5645	10.4828	10	1.0483	
ตะบูนขาว 2	1	16.0221	26.5590	10.5369	10	1.0537	1.0588
	2	15.0070	25.6196	10.6126	10	1.0613	
	3	15.5354	26.1493	10.6139	10	1.0614	

3.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ดังตารางที่ ช16

ตารางที่ ช-16 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน	ความเป็นกรดเป็นด่าง			เฉลี่ย	ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย
			1	2	3		
โกงกางใบใหญ่ 1	1	5.0047	7.77	7.87	7.9	7.85	7.85
	2	5.0048	7.76	7.86	7.89	7.84	
	3	5.0048	7.84	7.88	7.91	7.88	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	5.0047	7.79	7.86	7.88	7.84	7.85
	2	5.0047	7.83	7.88	7.91	7.87	
	3	5.0048	7.76	7.83	7.87	7.82	
โกงกางใบเล็ก 1	1	5.0053	7.67	7.74	7.77	7.73	7.75
	2	5.0054	7.6	7.78	7.8	7.73	
	3	5.0053	7.74	7.81	7.81	7.79	
โกงกางใบเล็ก 2	1	5.0052	7.81	7.79	7.85	7.82	7.84
	2	5.0053	7.83	7.88	7.92	7.88	
	3	5.0054	7.76	7.85	7.90	7.84	
แสมขาว 1	1	5.0052	7.8	7.85	7.87	7.84	7.86
	2	5.0052	7.82	7.86	7.92	7.87	
	3	5.0053	7.85	7.88	7.85	7.86	

ตารางที่ ช-16 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน	ความเป็นกรดเป็นด่าง			เฉลี่ย	ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย
			1	2	3		
แสมขาว 2	1	5.0053	7.79	7.81	7.81	7.80	7.83
	2	5.0052	7.80	7.83	7.86	7.83	
	3	5.0053	7.82	7.86	7.86	7.85	
ลำพู 1	1	5.0054	7.71	7.79	7.84	7.78	7.83
	2	5.0055	7.81	7.85	7.87	7.84	
	3	5.0055	7.83	7.87	7.90	7.87	
ลำพู 2	1	5.0054	7.84	7.85	7.85	7.85	7.84
	2	5.0054	7.83	7.85	7.86	7.85	
	3	5.0055	7.83	7.84	7.85	7.84	
ตะบูนขาว 1	1	5.0054	7.82	7.84	7.85	7.84	7.84
	2	5.0053	7.81	7.85	7.87	7.84	
	3	5.0054	7.81	7.84	7.86	7.84	
ตะบูนขาว 2	1	5.0053	7.94	8.01	8.05	8.00	7.98
	2	5.0054	7.87	7.99	8.03	7.96	
	3	5.0053	7.83	8.03	8.05	7.97	

3.3 ความชื้นในดิน

ตารางที่ ช-17 ความชื้นในดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน									%mois	mf	เฉลี่ย	
		W1			W2			W3					%mois	mf
		1	2	3	1	2	3	1	2	3				
โกงกางใบใหญ่ 1	1	66.8232	66.8232	66.8232	72.1247	72.1248	72.1248	71.7895	71.7895	71.7896	6.7501	1.0675	6.4501	1.0645
	2	74.6637	74.6637	74.6638	79.9614	79.9614	79.9614	79.6543	79.6543	79.6543	6.1536	1.0615		
	3	68.4721	68.4721	68.4721	73.7693	73.7693	73.7693	73.4485	73.4485	73.4485	6.4464	1.0645		
โกงกางใบใหญ่ 2	1	77.2381	77.2381	77.2381	82.5392	82.5392	82.5391	82.2233	82.2233	82.2233	6.3361	1.0634	6.4296	1.0643
	2	71.3867	71.3867	71.3867	76.6892	76.6893	76.6893	76.3674	76.3674	76.3675	6.4616	1.0646		
	3	75.3236	75.3236	75.3236	80.6248	80.6248	80.6248	80.3016	80.3017	80.3017	6.4911	1.0649		
โกงกางใบเล็ก 1	1	72.8992	72.8992	72.8992	78.2127	78.2126	78.2127	77.7564	77.7565	77.7566	9.3914	1.0939	9.4005	1.0940
	2	68.7691	68.7691	68.7692	74.0718	74.0718	74.0718	73.6093	73.6094	73.6093	9.5547	1.0955		
	3	71.4788	71.4788	71.4789	76.7829	76.7829	76.783	76.3336	76.3336	76.3336	9.2555	1.0926		
โกงกางใบเล็ก 2	1	70.0872	70.0872	70.0872	75.3864	75.3863	75.3864	75.0944	75.0944	75.0944	5.8309	1.0583	5.8954	1.0590
	2	50.3113	50.3113	50.3113	55.6083	55.6083	55.6083	55.3139	55.3139	55.3139	5.8849	1.0588		
	3	66.2286	66.2286	66.2286	71.5268	71.5267	71.5267	71.2282	71.2283	71.2282	5.9704	1.0597		
แสมขาว 1	1	52.3729	52.3729	52.3729	55.5214	55.5215	55.5215	55.2927	55.2927	55.2927	7.8350	1.0784	7.9252	1.0793
	2	45.6018	45.6018	45.6018	48.7497	48.7498	48.7498	48.5093	48.5093	48.5094	8.2693	1.0827		
	3	49.8228	49.8228	49.8228	52.9682	52.9682	52.9682	52.7441	52.7441	52.7441	7.6712	1.0767		

ตารางที่ ช-17 ความชื้นในดิน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน									%mois	mf	เฉลี่ย	
		W1			W2			W3					%mois	mf
		1	2	3	1	2	3	1	2	3				
แสมขาว 2	1	50.2376	50.2376	50.2376	53.3884	53.3884	53.3884	53.1579	53.1579	53.1579	7.8930	1.0789	7.8115	1.0781
	2	48.6836	48.6836	48.6836	51.8267	51.8267	51.8267	51.6007	51.6008	51.6008	7.7450	1.0774		
	3	50.2748	50.2748	50.2748	53.4263	53.4263	53.4263	53.1983	53.1984	53.1984	7.7964	1.0780		
ลำพู 1	1	70.6726	70.6725	70.6725	75.9659	75.9659	75.9659	75.6482	75.6482	75.6482	6.3851	1.0639	6.4180	1.0642
	2	53.1678	53.1678	53.1678	58.4672	58.4672	58.4672	58.1453	58.1453	58.1454	6.4664	1.0647		
	3	64.8695	64.8695	64.8695	70.1659	70.1659	70.1659	69.8472	69.8472	69.8472	6.4026	1.0640		
ลำพู 2	1	67.6221	67.6221	67.6221	72.9247	72.9247	72.9247	72.6098	72.6099	72.6098	6.3128	1.0631	6.4106	1.0641
	2	70.4179	70.4179	70.4179	75.7163	75.7163	75.7163	75.3862	75.3862	75.3862	6.6441	1.0664		
	3	78.3861	78.386	78.386	83.6872	83.6872	83.6872	83.3742	83.3742	83.3742	6.2749	1.0627		
ตะบูนขาว 1	1	68.0476	68.0476	68.0476	71.3512	71.3512	71.3512	71.1096	71.1096	71.1096	7.8903	1.0789	8.0474	1.0805
	2	47.5485	47.5485	47.5485	50.8461	50.8461	50.8461	50.5998	50.5997	50.5998	8.0731	1.0807		
	3	58.3237	58.3237	58.3237	61.6238	61.6238	61.6238	61.3743	61.3743	61.3743	8.1787	1.0818		
ตะบูนขาว 2	1	70.5584	70.5584	70.5584	73.8563	73.8564	73.8564	73.6931	73.6931	73.6931	5.2084	1.0521	5.4489	1.0545
	2	68.1366	68.1366	68.1366	71.4393	71.4393	71.4394	71.2684	71.2684	71.2684	5.4580	1.0546		
	3	69.2685	69.2685	69.2685	72.5641	72.5641	72.564	72.3869	72.3869	72.387	5.6802	1.0568		

3.4 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและปริมาณอินทรียวัตถุ

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} ดังตาราง ช-18 และผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ดังตาราง ช-19

ตารางที่ ช-18 ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+}

	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบล้งค์	1	0.00	19.60	19.60	19.60
	2	19.60	39.20	19.60	

$$N_f = 10N_c / T_1$$

$$= 10(1) / 19.60$$

$$= 0.5102$$

ตารางที่ ช-19 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%OC	%OM	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่ 1	1	0.5063	0.00	13.10	13.10	6.50	2.72	4.69	2.72
	2	0.5065	13.10	26.20	13.10	6.50	2.72	4.69	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	0.5065	0.00	13.10	13.10	6.50	2.72	4.69	2.70
	2	0.5069	13.10	26.30	13.20	6.40	2.67	4.61	
โกงกางใบเล็ก 1	1	0.5072	0.00	11.70	11.70	7.90	3.39	5.85	3.39
	2	0.5073	11.70	23.40	11.70	7.90	3.39	5.84	
โกงกางใบเล็ก 2	1	0.5075	0.00	13.00	13.00	6.60	2.74	4.72	2.74
	2	0.5079	13.00	26.00	13.00	6.60	2.74	4.72	
แสมขาว 1	1	0.5083	0.00	11.40	11.40	8.20	3.46	5.97	3.49
	2	0.5084	11.40	22.70	11.30	8.30	3.51	6.04	
แสมขาว 2	1	0.5090	0.00	12.80	12.80	6.80	2.87	4.94	2.89
	2	0.5089	12.80	25.50	12.70	6.90	2.91	5.01	

ตารางที่ ช-19 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%OC	%OM	เฉลี่ย
ลำพู 1	1	0.5063	0.00	13.10	13.10	6.50	2.72	4.69	2.72
	2	0.5064	13.10	26.20	13.10	6.50	2.72	4.69	
ลำพู 2	1	0.5067	0.00	13.00	13.00	6.60	2.76	4.75	2.74
	2	0.5069	13.00	26.10	13.10	6.50	2.72	4.68	
ตะบูนขาว 1	1	0.5085	0.00	12.30	12.30	7.30	3.09	5.32	3.09
	2	0.5087	12.30	24.60	12.30	7.30	3.09	5.32	
ตะบูนขาว 2	1	0.5084	0.00	13.20	13.20	6.40	2.64	4.55	2.62
	2	0.5087	13.20	26.50	13.30	6.30	2.60	4.48	

3.5 ไนโตรเจน

ตารางที่ ช-20 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบล้งค์	1	0.00	0.40	0.40	0.40
	2	0.40	0.80	0.40	

ความเข้มข้นกรดซัลฟุริก (นอร์มัล) = $\frac{\text{น้ำหนักของ } Na_2CO_3 \text{ ที่ใช้ (g) x จำนวน } (Na_2CO_3 \text{ 0.01 mol/l) 20 ml}}{\text{53.00 x จำนวน กรดซัลฟุริกมาตรฐาน 0.02 นอร์มัล}}$

$= \frac{1.0632 \text{ g x } 20 \text{ ml}}{53.00 \text{ x } 22.17}$

$= 0.0181$

ตารางที่ ช-21 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบล้งค์	1	0.00	0.40	0.40	0.40
	2	0.40	0.80	0.40	

ความเข้มข้นกรดซัลฟุริก (นอร์มัล) = $\frac{\text{น้ำหนักของ } Na_2CO_3 \text{ ที่ใช้ (g) x จำนวน } (Na_2CO_3 \text{ 0.01 mol/l) 20 ml}}{\text{53.00 x จำนวน กรดซัลฟุริกมาตรฐาน 0.02 นอร์มัล}}$

$= \frac{1.0632 \text{ g x } 20 \text{ ml}}{53.00 \text{ x } 21.87}$

= 0.0183

ตารางที่ ช-22 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%N	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่ 1	1	1.0053	0.00	8.20	8.20	7.8	0.21	0.21
	2	1.0052	8.20	16.40	8.20	7.8	0.21	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	1.0055	0.00	8.20	8.20	7.8	0.21	0.21
	2	1.0055	8.20	16.40	8.20	7.8	0.21	
โกงกางใบเล็ก 1	1	1.0053	0.00	10.30	10.30	9.90	0.27	0.27
	2	1.0052	10.30	20.60	10.30	9.90	0.27	
โกงกางใบเล็ก 2	1	1.0052	0.00	8.30	8.30	7.90	0.21	0.21
	2	1.0054	8.30	16.60	8.30	7.90	0.21	
แสมขาว 1	1	1.0054	0.00	11.40	11.40	11.00	0.30	0.30
	2	1.0053	11.40	22.80	11.40	11.00	0.30	
แสมขาว 2	1	1.0055	0.00	10.30	10.30	9.90	0.27	0.27
	2	1.0055	10.30	20.60	10.30	9.90	0.27	

ตารางที่ ช-22 การวิเคราะห์ไนโตรเจน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%N	เฉลี่ย
ลำพู 1	1	1.0052	0.00	8.30	8.30	7.90	0.21	0.21
	2	1.0055	8.30	16.60	8.30	7.90	0.21	
ลำพู 2	1	1.0053	0.00	8.60	8.60	8.20	0.21	0.22
	2	1.0052	8.60	17.20	8.60	8.20	0.22	
ตะบูนขาว 1	1	1.0052	0.00	10.30	10.30	9.90	0.27	0.27
	2	1.0055	10.30	20.60	10.30	9.90	0.27	
ตะบูนขาว 2	1	1.0054	0.00	8.20	8.20	7.80	0.21	0.21
	2	1.0052	8.20	16.40	8.20	7.80	0.21	

4. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินชายเลนและดินที่หมักกับพืชชายเลน เดือนธันวาคม 2560

4.1 ความหนาแน่นของดิน

ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน ดังตารางที่ ช-23

ตารางที่ ช-23 ความหนาแน่นรวมของดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักขวดปริมาตร	น้ำหนักขวดปริมาตร+น้ำหนักดิน	น้ำหนักดิน	ปริมาตรขวดปริมาตร	ความหนาแน่น	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่ 1	1	15.0821	25.6146	10.5325	10	1.0533	1.0493
	2	16.0223	26.4644	10.4421	10	1.0442	
	3	15.5355	26.0387	10.5032	10	1.0503	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	15.4224	25.9399	10.5175	10	1.0518	1.0552
	2	14.606	25.1895	10.5835	10	1.0584	
	3	15.0054	25.5591	10.5537	10	1.0554	
โกงกางใบเล็ก 1	1	14.6867	25.1265	10.4398	10	1.0440	1.0424
	2	15.4756	25.8056	10.3300	10	1.0330	
	3	16.7679	27.2709	10.5030	10	1.0503	
โกงกางใบเล็ก 2	1	16.6939	27.0923	10.3984	10	1.0398	1.0505
	2	15.6941	26.2652	10.5711	10	1.0571	
	3	15.4959	26.0428	10.5469	10	1.0547	
แสมขาว 1	1	16.0222	26.5109	10.4887	10	1.0489	1.0560
	2	15.0074	25.5624	10.5550	10	1.0555	

	3	14.6074	25.2424	10.6350	10	1.0635	

ตารางที่ ช-23 ความหนาแน่นรวมของดิน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักขวดปริมาตร	น้ำหนักขวดปริมาตร+น้ำหนักดิน	น้ำหนักดิน	ปริมาตรขวดปริมาตร	ความหนาแน่น	เฉลี่ย
แสมขาว 2	1	15.4240	26.0382	10.6142	10	1.0614	1.0627
	2	14.6885	25.3469	10.6584	10	1.0658	
	3	15.4959	26.1048	10.6089	10	1.0609	
ลำพู 1	1	15.6941	26.0346	10.3405	10	1.0341	1.0421
	2	15.0820	25.5032	10.4212	10	1.0421	
	3	16.7697	27.2701	10.5004	10	1.0500	
ลำพู 2	1	16.6940	26.9622	10.2682	10	1.0268	1.0337
	2	15.4240	25.7763	10.3523	10	1.0352	
	3	15.0846	25.4748	10.3902	10	1.0390	
ตะบูนขาว 1	1	16.0221	26.5069	10.4848	10	1.0485	1.0451
	2	15.4774	25.9152	10.4378	10	1.0438	
	3	15.5356	25.9649	10.4293	10	1.0429	
ตะบูนขาว 2	1	14.6076	25.0968	10.4892	10	1.04892	1.0622
	2	15.0071	25.7154	10.7083	10	1.07083	
	3	15.5376	26.2048	10.6672	10	1.06672	

4.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ดังตารางที่ ช-24

ตารางที่ ช-24 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน	ความเป็นกรดเป็นด่าง			เฉลี่ย	ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย
			1	2	3		
โกงกางใบใหญ่ 1	1	5.0050	7.86	7.85	7.89	7.87	7.88
	2	5.0051	7.90	7.89	7.86	7.88	
	3	5.0051	7.88	7.86	7.89	7.88	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	5.0052	7.88	7.86	7.83	7.86	7.86
	2	5.0051	7.85	7.88	7.88	7.87	
	3	5.0052	7.89	7.87	7.84	7.87	
โกงกางใบเล็ก 1	1	5.0053	7.96	7.98	7.80	7.91	7.95
	2	5.0052	7.99	7.97	7.98	7.98	
	3	5.0053	7.94	7.95	7.97	7.95	
โกงกางใบเล็ก 2	1	5.0051	7.89	7.93	7.94	7.92	7.92
	2	5.0052	7.92	7.94	7.95	7.94	
	3	5.0052	7.90	7.92	7.93	7.92	
แสมขาว 1	1	5.0050	7.93	7.95	7.93	7.94	7.99
	2	5.0051	7.94	7.99	7.96	7.96	
	3	5.0051	8.09	8.13	7.98	8.07	

ตารางที่ ช-24 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน	ความเป็นกรดเป็นด่าง			เฉลี่ย	ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย
			1	2	3		
แสมขาว 2	1	5.0053	7.89	7.99	7.95	7.94	7.96
	2	5.0052	7.92	7.96	7.96	7.95	
	3	5.0052	7.98	7.99	7.96	7.98	
ลำพู 1	1	5.0056	7.78	7.80	7.80	7.79	7.84
	2	5.0057	7.79	7.83	7.84	7.82	
	3	5.0057	7.87	7.92	7.90	7.90	
ลำพู 2	1	5.0057	7.83	7.85	7.86	7.85	7.85
	2	5.0058	7.85	7.86	7.87	7.86	
	3	5.0058	7.84	7.86	7.87	7.86	
ตะบูนขาว 1	1	5.0062	7.87	7.92	7.89	7.89	7.92
	2	5.0061	7.84	7.92	7.95	7.90	
	3	5.0061	7.93	7.96	8.01	7.97	
ตะบูนขาว 2	1	5.0060	7.89	7.95	8.04	7.96	7.98
	2	5.0061	7.89	8.00	8.03	7.97	
	3	5.0060	7.95	8.02	8.04	8.00	

4.3 ความชื้นในดิน

ตารางที่ ช-25 ความชื้นในดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน									%mois	mf	เฉลี่ย	
		W1			W2			W3					%mois	mf
		1	2	3	1	2	3	1	2	3				
โกงกางใบใหญ่ 1	1	66.8154	66.8154	66.8154	72.1563	72.1563	72.1563	71.8476	71.8476	71.8476	6.1345	1.0613	5.8706	1.0587
	2	74.6572	74.6573	74.6572	80.0138	80.0138	80.0139	79.7346	79.7346	79.7346	5.4996	1.0550		
	3	68.4791	68.4791	68.4791	73.8261	73.8262	73.8261	73.5246	73.5245	73.5245	5.9777	1.0598		
โกงกางใบใหญ่ 2	1	77.2038	77.2038	77.2038	82.5467	82.5467	82.5468	82.2279	82.2279	82.2280	6.3454	1.0635	7.0030	1.0700
	2	71.3927	71.3927	71.3927	76.7382	76.7383	76.7383	76.3691	76.3691	76.3692	7.4176	1.0742		
	3	75.3282	75.3282	75.3282	80.6758	80.6758	80.6758	80.3145	80.3145	80.3145	7.2459	1.0725		
โกงกางใบเล็ก 1	1	72.8764	72.8764	72.8764	78.2286	78.2286	78.2287	77.8849	77.8848	77.8848	6.8644	1.0686	6.9029	1.0690
	2	68.7347	68.7347	68.7347	74.0794	74.0794	74.0794	73.7369	73.7369	73.7369	6.8470	1.0685		
	3	71.4934	71.4934	71.4934	76.8437	76.8437	76.8437	76.4938	76.4938	76.4938	6.9974	1.0700		
โกงกางใบเล็ก 2	1	70.0531	70.0531	70.0531	75.4026	75.4027	75.4027	75.0934	75.0934	75.0934	6.1359	1.0614	6.1336	1.0613
	2	50.2947	50.2947	50.2947	55.6388	55.6388	55.6389	55.3367	55.3367	55.3368	5.9916	1.0599		
	3	66.2434	66.2434	66.2434	71.5926	71.5926	71.5926	71.2768	71.2768	71.2769	6.2734	1.0627		
แสมขาว 1	1	52.3793	52.3793	52.3793	57.7342	57.7343	57.7342	57.3689	57.3689	57.3689	7.3219	1.0732	7.3990	1.0740
	2	45.5574	45.5574	45.5574	50.9087	50.9088	50.9088	50.5376	50.5376	50.5377	7.4521	1.0745		
	3	49.8286	49.8286	49.8286	55.1764	55.1765	55.1765	54.8069	54.8069	54.807	7.4228	1.0742		

ตารางที่ ช-25 ความชื้นในดิน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน									%mois	mf	เฉลี่ย	
		W1			W2			W3					%mois	mf
		1	2	3	1	2	3	1	2	3				
แสมขาว 2	1	50.2476	50.2476	50.2476	55.6022	55.6023	55.6022	55.2683	55.2684	55.2684	6.6497	1.0665	6.4918	1.0649
	2	48.6734	48.6734	48.6734	54.0248	54.0249	54.0248	53.6992	53.6993	53.6992	6.4785	1.0648		
	3	50.2763	50.2763	50.2763	55.6278	55.6278	55.6278	55.3084	55.3084	55.3084	6.3473	1.0635		
ลำพู 1	1	70.6577	70.6577	70.6577	76.0139	76.0140	76.0139	75.7086	75.7086	75.7086	6.0451	1.0605	6.1123	1.0611
	2	53.1482	53.1482	53.1482	58.5033	58.5033	58.5033	58.1946	58.1947	58.1947	6.1158	1.0612		
	3	64.8824	64.8824	64.8824	70.2347	70.2347	70.2348	69.9234	69.9234	69.9234	6.1760	1.0618		
ลำพู 2	1	67.6094	67.6094	67.6094	72.9587	72.9587	72.9587	72.6133	72.6134	72.6134	6.9012	1.0690	6.4927	1.0649
	2	70.3785	70.3785	70.3785	75.7344	75.7344	75.7344	75.4138	75.4139	75.4139	6.3656	1.0637		
	3	78.3936	78.3936	78.3936	83.7361	83.7361	83.7362	83.4237	83.4237	83.4237	6.2113	1.0621		
ตะบูนขาว 1	1	68.0386	68.0386	68.0386	73.3875	73.3875	73.3875	73.0575	73.0575	73.0575	6.5751	1.0658	6.4401	1.0644
	2	47.5282	47.5282	47.5282	52.8764	52.8764	52.8764	52.5581	52.5581	52.5582	6.3275	1.0633		
	3	58.3365	58.3365	58.3365	63.6924	63.6924	63.6925	63.3694	63.3694	63.3695	6.4177	1.0642		
ตะบูนขาว 2	1	70.5482	70.5482	70.5482	75.9048	75.9049	75.9049	75.5786	75.5786	75.5787	6.4852	1.0649	6.2755	1.0628
	2	68.1187	68.1187	68.1187	73.4685	73.4685	73.4685	73.1625	73.1625	73.1625	6.0669	1.0607		
	3	69.2693	69.2693	69.2693	74.6186	74.6187	74.6187	74.3028	74.3028	74.3029	6.2746	1.0627		

4.4 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและปริมาณอินทรียวัตถุ

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} ดังตาราง ช26 และผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ดังตาราง ช27

ตารางที่ ช-26 ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+}

	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบล้งค์	1	0.00	19.70	19.70	19.75
	2	0.00	19.80	19.80	

$$N_f = 10N_c / T_1$$

$$= 10(1) / 19.75$$

$$= 0.5063$$

ตารางที่ ช-27 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%OC	%OM	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่ 1	1	0.5043	0.00	13.50	13.50	6.25	2.59	4.47	2.59
	2	0.5043	13.50	27.00	13.50	6.25	2.59	4.47	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	0.5044	0.00	13.20	13.20	6.55	2.74	4.73	2.72
	2	0.5043	13.20	26.50	13.30	6.45	2.70	4.66	
โกงกางใบเล็ก 1	1	0.5044	0.00	11.80	11.80	7.95	3.33	5.74	3.33
	2	0.5045	11.80	23.60	11.80	7.95	3.33	5.73	
โกงกางใบเล็ก 2	1	0.5044	0.00	13.30	13.30	6.45	2.68	4.62	2.68
	2	0.5044	13.30	26.60	13.30	6.45	2.68	4.62	
แสมขาว 1	1	0.5045	0.00	11.70	11.70	8.05	3.38	5.83	3.41
	2	0.5045	11.70	23.30	11.60	8.15	3.43	5.91	
แสมขาว 2	1	0.5045	0.00	12.70	12.70	7.05	2.94	5.07	2.94
	2	0.5044	12.70	25.40	12.70	7.05	2.94	5.07	

ตารางที่ ช-27 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%OC	%OM	เฉลี่ย
ลำพู 1	1	0.5045	0.00	13.00	13.00	6.75	2.80	4.83	2.80
	2	0.5044	13.00	26.00	13.00	6.75	2.80	4.83	
ลำพู 2	1	0.5044	0.00	13.30	13.30	6.45	2.69	4.64	2.69
	2	0.5044	13.30	26.60	13.30	6.45	2.69	4.64	
ตะบูนขาว 1	1	0.5044	0.00	12.30	12.30	7.45	3.10	5.35	3.10
	2	0.5045	12.30	24.60	12.30	7.45	3.10	5.35	
ตะบูนขาว 2	1	0.5046	0.00	13.50	13.50	6.25	2.60	4.48	2.60
	2	0.5046	13.50	27.00	13.50	6.25	2.60	4.48	

4.5 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

ตารางที่ ช-28 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบล้งค์	1	0.00	0.40	0.40	0.40
	2	0.40	0.80	0.40	

ความเข้มข้นกรดซัลฟุริก (นอร์มัล) = $\frac{\text{น้ำหนักของ } Na_2CO_3 \text{ ที่ใช้ (g) x จำนวน } (Na_2CO_3 \text{ 0.01 mol/l) 20 ml}}{\text{53.00 x จำนวน กรดซัลฟุริกมาตรฐาน 0.02 นอร์มัล}}$

$= \frac{1.0686 \text{ g x 20 ml}}{53.00 \text{ x } 22.07}$

$= 0.0183$

ตารางที่ ช-29 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบล้งค์	1	0.00	0.40	0.40	0.45
	2	0.40	0.90	0.50	

ความเข้มข้นกรดซัลฟุริก (นอร์มัล) = $\frac{\text{น้ำหนักของ } Na_2CO_3 \text{ ที่ใช้ (g) x จำนวน } (Na_2CO_3 \text{ 0.01 mol/l) 20 ml}}{\text{53.00 x จำนวน กรดซัลฟุริกมาตรฐาน 0.02 นอร์มัล}}$

$= \frac{1.0686 \text{ g x 20 ml}}{53.00 \text{ x } 21.80}$

$= 0.0185$

ตารางที่ ช-30 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%N	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่ 1	1	1.0041	0.00	8.30	8.30	7.90	0.21	0.21
	2	1.0042	8.30	16.60	8.30	7.90	0.21	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	1.0043	0.00	8.20	8.20	7.80	0.21	0.21
	2	1.0042	8.20	16.40	8.20	7.80	0.21	
โกงกางใบเล็ก 1	1	1.0042	0.00	11.20	11.20	10.80	0.29	0.29
	2	1.0041	11.20	22.40	11.20	10.80	0.29	
โกงกางใบเล็ก 2	1	1.0041	0.00	8.90	8.90	8.50	0.23	0.23
	2	1.0041	8.90	17.80	8.90	8.50	0.23	
แสมขาว 1	1	1.0042	0.00	12.80	12.80	12.40	0.34	0.34
	2	1.0043	12.80	25.60	12.80	12.40	0.34	
แสมขาว 2	1	1.0042	0.00	11.30	11.30	10.85	0.30	0.30
	2	1.0043	11.30	22.60	11.30	10.85	0.30	

ตารางที่ ช-30 การวิเคราะห์ไนโตรเจน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%N	เฉลี่ย
ลำพู 1	1	1.0044	0.00	8.90	8.90	8.45	0.23	0.23
	2	1.0044	8.90	17.80	8.90	8.45	0.23	
ลำพู 2	1	1.0045	0.00	8.90	8.90	8.45	0.23	0.23
	2	1.0045	8.90	17.80	8.90	8.45	0.23	
ตะบูนขาว 1	1	1.0044	0.00	11.30	11.30	10.85	0.30	0.30
	2	1.0044	11.30	22.60	11.30	10.85	0.30	
ตะบูนขาว 2	1	1.0043	0.00	8.90	8.90	8.45	0.23	0.23
	2	1.0043	8.90	17.80	8.90	8.45	0.23	

5. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินชายเลนและดินที่หมักกับพืชชายเลน เดือนกุมภาพันธ์ 2561

5.1 ความหนาแน่นของดิน

ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน ดังตารางที่ ช-31

ตารางที่ ช-31 ความหนาแน่นรวมของดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักขวดปริมาตร	น้ำหนักขวดปริมาตร+น้ำหนักดิน	น้ำหนักดิน	ปริมาตรขวดปริมาตร	ความหนาแน่น	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่ 1	1	15.4776	26.3291	10.8515	10	1.0852	1.0804
	2	14.6078	25.3402	10.7324	10	1.0732	
	3	15.0823	25.9118	10.8295	10	1.0830	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	15.5349	26.1226	10.5877	10	1.0588	1.0688
	2	14.6878	25.5736	10.8858	10	1.0886	
	3	16.6932	27.2835	10.5903	10	1.0590	
โกงกางใบเล็ก 1	1	16.7690	27.2964	10.5274	10	1.0527	1.0605
	2	15.4232	26.1241	10.7009	10	1.0701	
	3	15.6933	26.2811	10.5878	10	1.0588	
โกงกางใบเล็ก 2	1	15.4236	26.2955	10.8719	10	1.0872	1.0739
	2	14.6881	25.3598	10.6717	10	1.0672	
	3	14.6072	25.2795	10.6723	10	1.0672	
แสมขาว 1	1	15.6932	26.3388	10.6456	10	1.0646	1.0590
	2	15.0811	25.6582	10.5771	10	1.0577	
	3	15.4767	26.0242	10.5475	10	1.0548	

ตารางที่ ช-31 ความหนาแน่นรวมของดิน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักขวดปริมาตร	น้ำหนักขวดปริมาตร+น้ำหนักดิน	น้ำหนักดิน	ปริมาตรขวดปริมาตร	ความหนาแน่น	เฉลี่ย
แสมขาว 2	1	15.4951	26.1074	10.6123	10	1.0612	1.0696
	2	16.7689	27.4082	10.6393	10	1.0639	
	3	15.5346	26.3704	10.8358	10	1.0836	
ลำพู 1	1	15.0062	25.5424	10.5362	10	1.0536	1.0627
	2	15.4959	26.1355	10.6396	10	1.0640	
	3	15.4775	26.1818	10.7043	10	1.0704	
ลำพู 2	1	15.5357	26.1231	10.5874	10	1.0587	1.0459
	2	15.6943	26.0128	10.3185	10	1.0319	
	3	15.4800	25.9519	10.4719	10	1.0472	
ตะบูนขาว 1	1	16.7699	27.1837	10.4138	10	1.0414	1.0391
	2	15.0071	25.4145	10.4074	10	1.0407	
	3	15.4241	25.7747	10.3506	10	1.0351	
ตะบูนขาว 2	1	14.6076	24.9841	10.3765	10	1.0377	1.0536
	2	15.0821	25.7861	10.7040	10	1.0704	
	3	16.6940	27.2221	10.5281	10	1.0528	

5.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ดังตารางที่ ช-32

ตารางที่ ช-32 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน	ความเป็นกรดเป็นด่าง			เฉลี่ย	ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย
			1	2	3		
โกงกางใบใหญ่ 1	1	5.0035	7.99	7.98	7.96	7.98	7.97
	2	5.0034	7.98	7.99	7.97	7.98	
	3	5.0033	7.95	7.93	7.95	7.94	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	5.0041	7.94	7.96	7.93	7.94	7.95
	2	5.0042	7.94	7.96	7.95	7.95	
	3	5.0039	7.98	7.97	7.94	7.96	
โกงกางใบเล็ก 1	1	5.0036	7.89	7.88	7.87	7.88	7.89
	2	5.0035	7.88	7.89	7.91	7.89	
	3	5.0037	7.88	7.89	7.90	7.89	
โกงกางใบเล็ก 2	1	5.0041	7.92	7.91	7.93	7.92	7.92
	2	5.0042	7.89	7.90	7.93	7.91	
	3	5.0039	7.90	7.92	7.95	7.92	
แสมขาว 1	1	5.0043	7.99	7.96	7.95	7.97	7.96
	2	5.0045	7.95	7.95	7.93	7.94	
	3	5.0044	7.96	7.99	7.96	7.97	

ตารางที่ ช-32 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน	ความเป็นกรดเป็นด่าง			เฉลี่ย	ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย
			1	2	3		
แสมขาว 2	1	5.0039	7.92	7.93	7.95	7.93	7.92
	2	5.0043	7.91	7.89	7.93	7.91	
	3	5.0043	7.93	7.91	7.94	7.93	
ลำพู 1	1	5.0050	7.89	7.9	7.91	7.90	7.89
	2	5.0050	7.88	7.89	7.90	7.89	
	3	5.0050	7.90	7.88	7.90	7.89	
ลำพู 2	1	5.0050	7.92	7.92	7.94	7.93	7.91
	2	5.0050	7.89	7.90	7.92	7.90	
	3	5.0050	7.92	7.88	7.86	7.89	
ตะบูนขาว 1	1	5.0040	7.98	7.96	7.94	7.96	7.95
	2	5.0042	7.93	7.95	7.96	7.95	
	3	5.0042	7.96	7.96	7.95	7.96	
ตะบูนขาว 2	1	5.0040	7.98	7.96	7.93	7.96	7.96
	2	5.0040	7.93	7.96	7.97	7.95	
	3	5.0040	7.94	7.95	7.98	7.96	

5.3 ความชื้นในดิน

ตารางที่ ช-33 การวิเคราะห์ความชื้นในดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน									%mois	mf	เฉลี่ย	
		W1			W2			W3					%mois	mf
		1	2	3	1	2	3	1	2	3				
โกงกางใบใหญ่ 1	1	66.8231	66.8231	66.8231	72.1695	72.1695	72.1696	71.7862	71.7863	71.7862	7.7229	1.0772		
	2	74.6567	74.6567	74.6567	80.0139	80.0139	80.0140	79.6624	79.6624	79.6624	7.0227	1.0702	7.2502	1.0725
	3	68.4765	68.4765	68.4765	73.8336	73.8336	73.8336	73.4829	73.4829	73.4829	7.0050	1.0701		
โกงกางใบใหญ่ 2	1	77.2387	77.2387	77.2387	82.5864	82.5864	82.5865	82.2232	82.2232	82.2232	7.2873	1.0729		
	2	71.3872	71.3872	71.3872	76.7449	76.7449	76.7449	76.3184	76.3185	76.3185	8.6475	1.0865	8.1419	1.0814
	3	75.3328	75.3328	75.3328	80.6763	80.6763	80.6763	80.2581	80.2581	80.2581	8.4909	1.0849		
โกงกางใบเล็ก 1	1	72.9089	72.9089	72.9089	78.2595	78.2595	78.2595	77.8654	77.8654	77.8654	7.9512	1.0795		
	2	68.7592	68.7592	68.7592	74.1136	74.1135	74.1136	73.7009	73.7009	73.7008	8.3514	1.0835	8.2503	1.0825
	3	71.4237	71.4237	71.4237	76.7728	76.7728	76.7728	76.3561	76.3561	76.3561	8.4482	1.0845		
โกงกางใบเล็ก 2	1	70.0894	70.0894	70.0894	75.4385	75.4385	75.4385	75.0853	75.0853	75.0854	7.0691	1.0707		
	2	50.3147	50.3146	50.3147	55.6631	55.6631	55.6632	55.3357	55.3357	55.3358	6.5205	1.0652	7.2588	1.0726
	3	66.2698	66.2698	66.2698	71.7164	71.7164	71.7165	71.3042	71.3043	71.3043	8.1869	1.0819		
แสมขาว 1	1	52.3148	52.3148	52.3148	57.6562	57.6563	57.6562	57.2784	57.2784	57.2784	7.6121	1.0761		
	2	45.5765	45.5765	45.5765	50.9257	50.9258	50.9257	50.5863	50.5864	50.5863	6.7747	1.0677	7.1059	1.0711
	3	49.3167	49.3168	49.3167	54.6749	54.6749	54.6749	54.3276	54.3276	54.3276	6.9309	1.0693		

ตารางที่ ช-33 การวิเคราะห์ความชื้นในดิน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน									%mois	mf	เฉลี่ย	
		W1			W2			W3					%mois	mf
		1	2	3	1	2	3	1	2	3				
แสมขาว 2	1	50.3092	50.3092	50.3092	55.6481	55.6482	55.6481	55.2347	55.2347	55.2347	8.3937	1.0839	7.8984	1.0790
	2	48.6231	48.6231	48.6231	53.9675	53.9675	53.9675	53.5856	53.5857	53.5856	7.6950	1.0769		
	3	50.3784	50.3784	50.3784	55.7268	55.7267	55.7268	55.3487	55.3487	55.3487	7.6065	1.0761		
ลำพู 1	1	70.7083	70.7082	70.7083	76.0468	76.0468	76.0468	75.7082	75.7082	75.7082	6.7721	1.0677	6.4556	1.0646
	2	53.1437	53.1438	53.1437	58.4867	58.4867	58.4868	58.1675	58.1676	58.1675	6.3538	1.0635		
	3	64.7046	64.7046	64.7046	70.0487	70.0488	70.0488	69.7349	69.7348	69.7348	6.2409	1.0624		
ลำพู 2	1	67.5531	67.5531	67.5531	72.9018	72.9017	72.9018	72.5684	72.5684	72.5684	6.6470	1.0665	6.3381	1.0634
	2	70.3876	70.3876	70.3876	75.7436	75.7436	75.7436	75.4287	75.4287	75.4287	6.2467	1.0625		
	3	78.4328	78.4328	78.4328	83.7764	83.7765	83.7765	83.4682	83.4683	83.4683	6.1206	1.0612		
ตะบูนขาว 1	1	68.0073	68.0073	68.0073	73.3476	73.3476	73.3477	73.0248	73.0249	73.0248	6.4334	1.0643	6.7957	1.0680
	2	47.5434	47.5434	47.5434	52.8874	52.8875	52.8874	52.5396	52.5396	52.5396	6.9620	1.0696		
	3	58.3459	58.3459	58.3459	63.7024	63.7024	63.7024	63.3524	63.3523	63.3524	6.9916	1.0699		
ตะบูนขาว 2	1	70.5482	70.5482	70.5483	75.9041	75.9042	75.9041	75.5493	75.5494	75.5494	7.0937	1.0709	6.5501	1.0655
	2	68.1835	68.1835	68.1835	73.5274	73.5275	73.5274	73.2136	73.2136	73.2136	6.2391	1.0624		
	3	69.2437	69.2437	69.2437	74.5863	74.5864	74.5863	74.2689	74.2688	74.2689	6.3175	1.0632		

5.4 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและปริมาณอินทรียวัตถุ

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} ดังตาราง ช34 และผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ดังตาราง ช-35

ตารางที่ ช-34 ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+}

	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบล้งค์	1	0.00	20.10	20.10	20.10
	2	0.00	20.10	20.10	

$$N_f = 10N_c / T_1$$

$$= 10(1) / 20.10$$

$$= 0.4975$$

ตารางที่ ช-35 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%OC	%OM	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่ 1	1	0.5038	0.00	13.70	13.70	6.40	2.64	4.56	2.64
	2	0.5039	13.70	27.40	13.70	6.40	2.64	4.56	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	0.5037	0.00	13.60	13.60	6.50	2.71	4.67	2.73
	2	0.5037	13.60	27.10	13.50	6.60	2.75	4.74	
โกงกางใบเล็ก 1	1	0.5035	0.00	12.30	12.30	7.80	3.25	5.61	3.25
	2	0.5035	12.30	24.60	12.30	7.80	3.25	5.61	
โกงกางใบเล็ก 2	1	0.5035	0.00	13.30	13.30	6.80	2.81	4.85	2.81
	2	0.5036	13.30	26.60	13.30	6.80	2.81	4.85	
แสมขาว 1	1	0.5036	0.00	11.80	11.80	8.30	3.43	5.91	3.43
	2	0.5037	11.80	23.60	11.80	8.30	3.43	5.90	
แสมขาว 2	1	0.5038	0.00	13.00	13.00	7.10	2.95	5.09	2.95
	2	0.5039	13.00	26.00	13.00	7.10	2.95	5.09	

ตารางที่ ช-35 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%OC	%OM	เฉลี่ย
ลำพู 1	1	0.5037	0.00	13.30	13.30	6.80	2.79	4.81	2.79
	2	0.5037	13.30	26.60	13.30	6.80	2.79	4.81	
ลำพู 2	1	0.5038	0.00	13.30	13.30	6.80	2.78	4.80	2.78
	2	0.5038	13.30	26.60	13.30	6.80	2.78	4.80	
ตะบูนขาว 1	1	0.5037	0.00	12.50	12.50	7.60	3.13	5.39	3.13
	2	0.5037	12.50	25.00	12.50	7.60	3.13	5.39	
ตะบูนขาว 2	1	0.5038	0.00	13.60	13.60	6.50	2.67	4.60	2.67
	2	0.5037	13.60	27.20	13.60	6.50	2.67	4.60	

5.5 ไนโตรเจน

ตารางที่ ช-36 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบล้งค์	1	0.00	0.40	0.40	0.40
	2	0.40	0.80	0.40	

ความเข้มข้นกรดซัลฟุริก (นอร์มัล) = $\frac{\text{น้ำหนักของ } Na_2CO_3 \text{ ที่ใช้ (g) x จำนวน } (Na_2CO_3 \text{ 0.01 mol/l) 20 ml}}{\text{53.00 x จำนวน กรดซัลฟุริกมาตรฐาน 0.02 นอร์มัล}}$

$= \frac{1.0608 \text{ g x 20 ml}}{53.00 \text{ x } 20.77}$

$= 0.0193$

ตารางที่ ช-37 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบล้งค์	1	0.00	0.30	0.30	0.35
	2	0.30	0.70	0.40	

ความเข้มข้นกรดซัลฟุริก (นอร์มัล) = $\frac{\text{น้ำหนักของ } Na_2CO_3 \text{ ที่ใช้ (g) x จำนวน } (Na_2CO_3 \text{ 0.01 mol/l) 20 ml}}{\text{53.00 x จำนวน กรดซัลฟุริกมาตรฐาน 0.02 นอร์มัล}}$

$= \frac{1.0608 \text{ g x 20 ml}}{53.00 \text{ x } 20.87}$

$= 0.0193$

ตารางที่ ช-38 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%N	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่ 1	1	1.0042	0.00	7.80	7.80	7.40	0.21	0.21
	2	1.0043	7.80	15.60	7.80	7.40	0.21	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	1.0043	15.60	23.40	7.80	7.40	0.21	0.22
	2	1.0042	23.40	31.20	7.80	7.40	0.22	
โกงกางใบเล็ก 1	1	1.0042	0.00	9.80	9.80	9.40	0.27	0.27
	2	1.0042	9.80	19.60	9.80	9.40	0.27	
โกงกางใบเล็ก 2	1	1.0042	0.00	7.80	7.80	7.40	0.21	0.21
	2	1.0041	7.80	15.60	7.80	7.40	0.21	
แสมขาว 1	1	1.0042	0.00	10.60	10.60	10.20	0.29	0.29
	2	1.0043	10.60	21.20	10.60	10.20	0.29	
แสมขาว 2	1	1.0043	0.00	9.80	9.80	9.45	0.27	0.27
	2	1.0042	9.80	19.60	9.80	9.45	0.27	

ตารางที่ ช-38 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%N	เฉลี่ย
ลำพู 1	1	1.0042	0.00	7.70	7.70	7.35	0.21	0.21
	2	1.0041	7.70	15.40	7.70	7.35	0.21	
ลำพู 2	1	1.0043	0.00	7.80	7.80	7.45	0.21	0.21
	2	1.0042	7.80	15.60	7.80	7.45	0.21	
ตะบูนขาว 1	1	1.0041	0.00	9.90	9.90	9.55	0.27	0.27
	2	1.0041	9.90	19.80	9.90	9.55	0.27	
ตะบูนขาว 2	1	1.0042	0.00	7.70	7.70	7.35	0.21	0.21
	2	1.0041	7.70	15.40	7.70	7.35	0.21	

6. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินชายเลนและดินที่หมักกับพืชชายเลน เดือนเมษายน 2561

6.1 ความหนาแน่นของดิน

ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน ดังตารางที่ ช-39

ตารางที่ ช-39 ความหนาแน่นรวมของดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักขวดปริมาตร	น้ำหนักขวดปริมาตร+น้ำหนักดิน	น้ำหนักดิน	ปริมาตรขวดปริมาตร	ความหนาแน่น	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่ 1	1	15.6942	26.345	10.6508	10	1.0651	1.0631
	2	14.6077	25.2244	10.6167	10	1.0617	
	3	15.0072	25.6313	10.6241	10	1.0624	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	14.6889	25.0701	10.3812	10	1.0381	1.0492
	2	15.5357	26.0741	10.5384	10	1.0538	
	3	15.4775	26.0348	10.5573	10	1.0557	
โกงกางใบเล็ก 1	1	15.0821	25.5987	10.5166	10	1.0517	1.0534
	2	16.6940	27.2432	10.5492	10	1.0549	
	3	16.7699	27.3055	10.5356	10	1.0536	
โกงกางใบเล็ก 2	1	15.5355	26.0407	10.5052	10	1.0505	1.0569
	2	14.6884	25.3253	10.6369	10	1.0637	
	3	16.7697	27.3342	10.5645	10	1.0565	
แสมขาว 1	1	15.0070	25.8120	10.8050	10	1.0805	1.0672
	2	15.6942	26.3086	10.6144	10	1.0614	
	3	15.0821	25.6782	10.5961	10	1.0596	

ตารางที่ ช-39 ความหนาแน่นรวมของดิน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักขวดปริมาตร	น้ำหนักขวดปริมาตร+น้ำหนักดิน	น้ำหนักดิน	ปริมาตรขวดปริมาตร	ความหนาแน่น	เฉลี่ย
แสมขาว 2	1	15.4241	26.3559	10.9318	10	1.09318	1.0732
	2	15.4775	26.1406	10.6631	10	1.06631	
	3	14.6077	25.2079	10.6002	10	1.06002	
ลำพู 1	1	16.6940	27.3410	10.647	10	1.0647	1.0495
	2	15.4960	25.9578	10.4618	10	1.0462	
	3	15.4773	25.8528	10.3755	10	1.0376	
ลำพู 2	1	14.6075	25.2360	10.6285	10	1.0629	1.0514
	2	15.0911	25.5231	10.4320	10	1.0432	
	3	15.4991	25.9804	10.4813	10	1.0481	
ตะบูนขาว 1	1	15.6941	26.3998	10.7057	10	1.0706	1.0729
	2	15.4240	26.1693	10.7453	10	1.0745	
	3	14.6885	25.4251	10.7366	10	1.0737	
ตะบูนขาว 2	1	16.6940	27.5293	10.8353	10	1.0835	1.0658
	2	15.5356	26.2017	10.6661	10	1.0666	
	3	16.7699	27.2410	10.4711	10	1.0471	

6.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ดังตารางที่ ช-40

ตารางที่ ช-40 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน	ความเป็นกรดเป็นด่าง			เฉลี่ย	ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย
			1	2	3		
โกงกางใบใหญ่ 1	1	5.0050	8.05	8.05	8.00	8.03	7.95
	2	5.0051	7.89	7.91	7.92	7.91	
	3	5.0050	7.90	7.89	7.92	7.90	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	5.0050	7.90	7.91	7.93	7.91	7.92
	2	5.0051	7.95	7.98	7.92	7.95	
	3	5.0050	7.89	7.90	7.89	7.89	
โกงกางใบเล็ก 1	1	5.0052	7.86	7.88	7.79	7.84	7.83
	2	5.0053	7.87	7.84	7.81	7.84	
	3	5.0052	7.78	7.82	7.79	7.80	
โกงกางใบเล็ก 2	1	5.0053	7.96	7.93	7.90	7.93	7.86
	2	5.0052	7.86	7.85	7.88	7.86	
	3	5.0052	7.77	7.80	7.82	7.80	
แสมขาว 1	1	5.0052	7.99	7.91	7.87	7.92	7.91
	2	5.0053	7.91	7.91	7.87	7.90	
	3	5.0053	7.88	7.92	7.93	7.91	

ตารางที่ ช-40 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน	ความเป็นกรดเป็นด่าง			เฉลี่ย	ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย
			1	2	3		
แสมขาว 2	1	5.0054	7.85	7.88	7.92	7.88	7.83
	2	5.0054	7.84	7.77	7.82	7.81	
	3	5.0055	7.80	7.78	7.82	7.80	
ลำพู 1	1	5.0058	7.86	7.84	7.83	7.84	7.92
	2	5.0058	7.96	7.92	7.93	7.94	
	3	5.0059	7.98	7.97	7.95	7.97	
ลำพู 2	1	5.0059	7.92	7.95	7.93	7.93	7.94
	2	5.0059	7.94	7.95	7.95	7.95	
	3	5.0058	7.96	7.95	7.93	7.95	
ตะบูนขาว 1	1	5.0057	7.87	7.83	7.80	7.83	7.87
	2	5.0058	7.89	7.85	7.88	7.87	
	3	5.0058	7.90	7.91	7.92	7.91	
ตะบูนขาว 2	1	5.0056	7.93	7.95	7.94	7.94	7.95
	2	5.0057	7.99	7.94	7.92	7.95	
	3	5.0057	7.97	7.94	7.95	7.95	

6.3 ความชื้นในดิน

ตารางที่ ช-41 การวิเคราะห์ความชื้นในดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน									%mois	mf	เฉลี่ย	
		W1			W2			W3					%mois	mf
		1	2	3	1	2	3	1	2	3				
โกงกางใบใหญ่ 1	1	66.8137	66.8137	66.8137	71.9563	71.9564	71.9564	71.7086	71.7086	71.7086	5.0617	1.0506		
	2	74.6642	74.6642	74.6642	79.8076	79.8077	79.8076	79.5468	79.5468	79.5467	5.3428	1.0534	5.2586	1.0526
	3	68.4739	68.4739	68.4739	73.6248	73.6248	73.6248	73.3622	73.3622	73.3623	5.3713	1.0537		
โกงกางใบใหญ่ 2	1	77.2438	77.2438	77.2438	82.3875	82.3875	82.3876	82.1319	82.1319	82.1320	5.2290	1.0523		
	2	71.3864	71.3864	71.3864	76.5369	76.5369	76.5369	76.2893	76.2893	76.2893	5.0501	1.0505	5.0799	1.0508
	3	75.3585	75.3585	75.3585	80.5064	80.5065	80.5064	80.2631	80.2631	80.2632	4.9606	1.0496		
โกงกางใบเล็ก 1	1	72.9127	72.9127	72.9128	78.0647	78.0647	78.0647	77.7683	77.7683	77.7683	6.1043	1.0610		
	2	68.7592	68.7593	68.7592	73.9136	73.9136	73.9136	73.5987	73.5988	73.5987	6.5062	1.0651	6.3693	1.0637
	3	71.4285	71.4286	71.4285	76.5834	76.5833	76.5834	76.2689	76.2689	76.2688	6.4975	1.0650		
โกงกางใบเล็ก 2	1	70.0863	70.0863	70.0863	75.2381	75.2382	75.2381	75.0194	75.0195	75.0195	4.4326	1.0443		
	2	50.3148	50.3147	50.3147	55.4588	55.4588	55.4588	55.2384	55.2384	55.2384	4.4763	1.0448	4.4551	1.0446
	3	66.2795	66.2795	66.2795	71.4348	71.4348	71.4348	71.2149	71.2149	71.2148	4.4563	1.0446		
แสมขาว 1	1	52.3673	52.3673	52.3673	57.5236	57.5236	57.5237	57.2338	57.2339	57.2338	5.9550	1.0595		
	2	45.6017	45.6018	45.6017	50.7538	50.7538	50.7538	50.4629	50.4629	50.4629	5.9842	1.0598	5.9650	1.0596
	3	49.3278	49.3278	49.3278	54.4835	54.4835	54.4835	54.1937	54.1937	54.1937	5.9557	1.0596		

ตารางที่ ช-41 การวิเคราะห์ความชื้นในดิน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน									%mois	mf	เฉลี่ย	
		W1			W2			W3					%mois	mf
		1	2	3	1	2	3	1	2	3				
แสมขาว 2	1	50.2347	50.2347	50.2347	55.3872	55.3872	55.3872	55.1286	55.1286	55.1286	5.2841	1.0528	5.3012	1.0530
	2	48.6832	48.6832	48.6832	53.8291	53.8291	53.8291	53.5678	53.5678	53.5678	5.3495	1.0535		
	3	50.3864	50.3864	50.3864	55.5359	55.5359	55.5360	55.2781	55.2781	55.2782	5.2701	1.0527		
ลำพู 1	1	70.6682	70.6682	70.6682	75.8163	75.8163	75.8163	75.6179	75.6179	75.6179	4.0083	1.0401	3.7147	1.0371
	2	53.1584	53.1585	53.1584	58.3126	58.3126	58.3127	58.1329	58.133	58.1329	3.6124	1.0361		
	3	64.6759	64.6759	64.6759	69.8267	69.8267	69.8268	69.6481	69.6581	69.6481	3.5232	1.0352		
ลำพู 2	1	67.6247	67.6247	67.6247	72.7731	72.7732	72.7732	72.5743	72.5743	72.5743	4.0178	1.0402	3.8902	1.0389
	2	70.4128	70.4128	70.4128	75.5589	75.5589	75.5589	75.3728	75.3728	75.3729	3.7513	1.0375		
	3	78.4472	78.4472	78.4473	83.5961	83.5962	83.5962	83.4029	83.4028	83.4028	3.9013	1.0390		
ตะบูนขาว 1	1	68.0537	68.0537	68.0537	73.2086	73.2086	73.2086	72.9437	72.9438	72.9437	5.4165	1.0542	5.4313	1.0543
	2	47.5463	47.5463	47.5463	52.7039	52.7038	52.7039	52.4296	52.4296	52.4297	5.6157	1.0562		
	3	58.3562	58.3562	58.3562	63.5062	63.5063	63.5062	63.2488	63.2488	63.2488	5.2617	1.0526		
ตะบูนขาว 2	1	70.5573	70.5573	70.5573	75.7081	75.7081	75.7082	75.5126	75.5126	75.5127	3.9452	1.0395	4.0387	1.0404
	2	68.1439	68.1439	68.1439	73.2945	73.2945	73.2944	73.0876	73.0876	73.0876	4.1845	1.0418		
	3	69.2167	69.2167	69.2167	74.3659	74.366	74.3659	74.1685	74.1686	74.1685	3.9864	1.0399		

6.4 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและปริมาณอินทรียวัตถุ

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} ดังตาราง ช42 และผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ดังตาราง ช-43

ตารางที่ ช-42 ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+}

	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบล้งค์	1	0.00	19.80	19.80	19.80
	2	0.00	19.80	19.80	

$$N_f = 10N_c / T_1$$

$$= 10(1) / 19.80$$

$$= 0.5051$$

ตารางที่ ช-43 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%OC	%OM	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่ 1	1	0.5026	0.00	13.10	13.10	6.70	2.76	4.76	2.74
	2	0.5027	13.10	26.30	13.20	6.60	2.72	4.69	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	0.5028	0.00	13.10	13.10	6.70	2.76	4.75	2.76
	2	0.5028	13.10	26.20	13.10	6.70	2.76	4.75	
โกงกางใบเล็ก 1	1	0.5028	0.00	11.80	11.80	8.00	3.33	5.75	3.33
	2	0.5028	11.80	23.60	11.80	8.00	3.33	5.75	
โกงกางใบเล็ก 2	1	0.5027	0.00	13.00	13.00	6.80	2.78	4.80	2.78
	2	0.5027	13.00	26.00	13.00	6.80	2.78	4.80	
แสมขาว 1	1	0.5028	0.00	11.50	11.50	8.30	3.45	5.94	3.45
	2	0.5027	11.50	23.00	11.50	8.30	3.45	5.94	
แสมขาว 2	1	0.5028	0.00	12.40	12.40	7.40	3.05	5.26	3.05
	2	0.5029	12.40	24.80	12.40	7.40	3.05	5.26	

ตารางที่ ช-43 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%OC	%OM	เฉลี่ย
ลำพู 1	1	0.5029	0.00	12.90	12.90	6.90	2.80	4.83	2.78
	2	0.5029	12.90	25.90	13.00	6.80	2.76	4.76	
ลำพู 2	1	0.5028	0.00	13.00	13.00	6.80	2.77	4.77	2.77
	2	0.5028	13.00	26.00	13.00	6.80	2.77	4.77	
ตะบูนขาว 1	1	0.5027	0.00	12.20	12.20	7.60	3.14	5.41	3.14
	2	0.5027	12.20	24.40	12.20	7.60	3.14	5.41	
ตะบูนขาว 2	1	0.5028	0.00	13.10	13.10	6.70	2.73	4.71	2.73
	2	0.5028	13.10	26.20	13.10	6.70	2.73	4.71	

6.5 ไนโตรเจน

ตารางที่ ช-44 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบล้งค์	1	0.00	0.40	0.40	0.40
	2	0.40	0.80	0.40	

ความเข้มข้นกรดซัลฟุริก (นอร์มัล) = $\frac{\text{น้ำหนักของ } Na_2CO_3 \text{ ที่ใช้ (g) x จำนวน } (Na_2CO_3 \text{ 0.01 mol/l) 20 ml}}{\text{53.00 x จำนวน กรดซัลฟุริกมาตรฐาน 0.02 นอร์มัล}}$

$= \frac{1.0608 \text{ g x 20 ml}}{53.00 \text{ x } 20.80}$

$= 0.0192$

ตารางที่ ช-45 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบล้งค์	1	0.00	0.40	0.40	0.40
	2	0.40	0.80	0.40	

ความเข้มข้นกรดซัลฟุริก (นอร์มัล) = $\frac{\text{น้ำหนักของ } Na_2CO_3 \text{ ที่ใช้ (g) x จำนวน } (Na_2CO_3 \text{ 0.01 mol/l) 20 ml}}{\text{53.00 x จำนวน กรดซัลฟุริกมาตรฐาน 0.02 นอร์มัล}}$

$= \frac{1.0608 \text{ g x 20 ml}}{53.00 \text{ x } 20.80}$

$= 0.0194$

ตารางที่ ช-46 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%N	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่ 1	1	1.0026	0.00	7.50	7.50	7.10	0.20	0.20
	2	1.0027	7.50	15.00	7.50	7.10	0.20	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	1.0028	0.00	7.50	7.50	7.10	0.20	0.20
	2	1.0029	7.50	15.00	7.50	7.10	0.20	
โกงกางใบเล็ก 1	1	1.0029	0.00	9.80	9.80	9.40	0.27	0.27
	2	1.0029	9.80	19.60	9.80	9.40	0.27	
โกงกางใบเล็ก 2	1	1.0029	0.00	7.60	7.60	7.20	0.20	0.20
	2	1.0028	7.60	15.20	7.60	7.20	0.20	
แสมขาว 1	1	1.0027	0.00	10.80	10.80	10.40	0.30	0.30
	2	1.0028	10.80	21.60	10.80	10.40	0.30	
แสมขาว 2	1	1.0027	0.00	10.00	10.00	9.60	0.27	0.27
	2	1.0028	10.00	20.00	10.00	9.60	0.27	

ตารางที่ ช-46 การวิเคราะห์ไนโตรเจน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%N	เฉลี่ย
ลำพู 1	1	1.0027	0.00	7.70	7.70	7.30	0.20	0.20
	2	1.0028	7.70	15.40	7.70	7.30	0.20	
ลำพู 2	1	1.0026	0.00	7.60	7.60	7.20	0.20	0.20
	2	1.0027	7.60	15.30	7.70	7.30	0.20	
ตะบูนขาว 1	1	1.0028	0.00	9.80	9.80	9.40	0.27	0.27
	2	1.0027	9.80	19.60	9.80	9.40	0.27	
ตะบูนขาว 2	1	1.0027	0.00	7.60	7.60	7.20	0.20	0.20
	2	1.0028	7.60	15.20	7.60	7.20	0.20	

7. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินชายเลนและดินที่หมักกับพืชชายเลน เดือนมิถุนายน 2561

7.1 ความหนาแน่นของดิน

ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน ดังตารางที่ ช-47

ตารางที่ ช-47 ความหนาแน่นรวมของดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักขวดปริมาตร	น้ำหนักขวดปริมาตร+น้ำหนักดิน	น้ำหนักดิน	ปริมาตรขวดปริมาตร	ความหนาแน่น	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่ 1	1	14.6887	25.1897	10.5010	10	1.0501	1.0488
	2	16.7700	27.2458	10.4758	10	1.0476	
	3	15.4777	25.9656	10.4879	10	1.0488	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	15.6942	26.3481	10.6539	10	1.06539	1.0583
	2	15.0071	25.6353	10.6282	10	1.06282	
	3	15.0821	25.5496	10.4675	10	1.04675	
โกงกางใบเล็ก 1	1	15.5356	26.0893	10.5537	10	1.0554	1.0503
	2	15.4961	25.9541	10.4580	10	1.0458	
	3	15.4241	25.9221	10.4980	10	1.0498	
โกงกางใบเล็ก 2	1	14.6077	25.0162	10.4085	10	1.0409	1.0493
	2	16.6940	27.0804	10.3864	10	1.0386	
	3	15.5356	26.2192	10.6836	10	1.0684	
แสมขาว 1	1	15.0071	25.7470	10.7399	10	1.0740	1.0532
	2	14.6886	25.2010	10.5124	10	1.0512	
	3	16.6941	27.0370	10.3429	10	1.0343	

ตารางที่ ช-47 ความหนาแน่นรวมของดิน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักขวดปริมาตร	น้ำหนักขวดปริมาตร+น้ำหนักดิน	น้ำหนักดิน	ปริมาตรขวดปริมาตร	ความหนาแน่น	เฉลี่ย
แสมขาว 2	1	14.6077	25.0266	10.4189	10	1.0419	1.0473
	2	15.0821	25.4895	10.4074	10	1.0407	
	3	15.4776	26.0691	10.5915	10	1.0592	
ลำพู 1	1	15.5363	26.1849	10.6486	10	1.0649	1.0581
	2	14.6081	25.1522	10.5441	10	1.0544	
	3	16.6944	27.2443	10.5499	10	1.0550	
ลำพู 2	1	15.4238	26.1737	10.7499	10	1.0750	1.0747
	2	15.5355	26.2605	10.7250	10	1.0725	
	3	15.0071	25.7745	10.7674	10	1.0767	
ตะบูนขาว 1	1	15.6941	26.4281	10.7340	10	1.0734	1.0604
	2	14.6884	25.1444	10.4560	10	1.0456	
	3	15.4960	26.1181	10.6221	10	1.0622	
ตะบูนขาว 2	1	15.4775	26.0521	10.5746	10	1.0575	1.0639
	2	15.0821	25.7364	10.6543	10	1.0654	
	3	16.7699	27.4571	10.6872	10	1.0687	

7.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ดังตารางที่ ช-48

ตารางที่ ช-48 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน	ความเป็นกรดเป็นด่าง			เฉลี่ย	ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย
			1	2	3		
โกงกางใบใหญ่ 1	1	5.0054	7.83	7.85	7.76	7.81	7.80
	2	5.0055	7.82	7.78	7.74	7.78	
	3	5.0053	7.85	7.78	7.76	7.80	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	5.0051	7.77	7.79	7.71	7.76	7.73
	2	5.0052	7.72	7.71	7.74	7.72	
	3	5.0052	7.73	7.70	7.71	7.71	
โกงกางใบเล็ก 1	1	5.0051	7.71	7.63	7.61	7.65	7.65
	2	5.0051	7.66	7.65	7.63	7.65	
	3	5.0052	7.66	7.65	7.62	7.64	
โกงกางใบเล็ก 2	1	5.0053	7.75	7.73	7.71	7.73	7.74
	2	5.0054	7.73	7.73	7.70	7.72	
	3	5.0054	7.80	7.74	7.73	7.76	
แสมขาว 1	1	5.0055	7.67	7.63	7.62	7.64	7.67
	2	5.0056	7.68	7.63	7.65	7.65	
	3	5.0056	7.75	7.69	7.67	7.70	

ตารางที่ ช-48 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน	ความเป็นกรดเป็นด่าง			เฉลี่ย	ความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย
			1	2	3		
แสมขาว 2	1	5.0053	7.49	7.50	7.49	7.49	7.52
	2	5.0052	7.54	7.49	7.52	7.52	
	3	5.0052	7.58	7.55	7.55	7.56	
ลำพู 1	1	5.0051	7.68	7.69	7.71	7.69	7.72
	2	5.0050	7.72	7.71	7.72	7.72	
	3	5.0051	7.78	7.75	7.73	7.75	
ลำพู 2	1	5.0052	7.73	7.72	7.72	7.72	7.73
	2	5.0053	7.73	7.72	7.72	7.72	
	3	5.0053	7.78	7.74	7.74	7.75	
ตะบูนขาว 1	1	5.0053	7.70	7.63	7.64	7.66	7.67
	2	5.0052	7.71	7.64	7.66	7.67	
	3	5.0051	7.72	7.66	7.66	7.68	
ตะบูนขาว 2	1	5.0055	7.70	7.73	7.73	7.72	7.74
	2	5.0055	7.77	7.74	7.73	7.75	
	3	5.0055	7.78	7.75	7.74	7.76	

7.3 ความชื้นในดิน

ตารางที่ ช-49 การวิเคราะห์ความชื้นในดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน									%mois	mf	เฉลี่ย	
		W1			W2			W3					%mois	mf
		1	2	3	1	2	3	1	2	3				
โกงกางใบใหญ่ 1	1	66.8143	66.8143	66.8143	71.9582	71.9583	71.9582	71.7064	71.7064	71.7064	5.1478	1.0515		
	2	74.6458	74.6458	74.6459	79.8065	79.8065	79.8065	79.5638	79.5638	79.5638	4.9350	1.0493	5.0179	1.0502
	3	68.4594	68.4594	68.4593	73.6139	73.6138	73.6138	73.3697	73.3698	73.3697	4.9711	1.0497		
โกงกางใบใหญ่ 2	1	77.2376	77.2376	77.2376	82.3857	82.3857	82.3858	82.1598	82.1599	82.1598	4.5894	1.0459		
	2	71.3864	71.3864	71.3864	76.5372	76.5373	76.5373	76.3097	76.3097	76.3098	4.6215	1.0462	4.7065	1.0471
	3	75.3647	75.3647	75.3647	80.5126	80.5127	80.5127	80.2718	80.2718	80.2718	4.9085	1.0491		
โกงกางใบเล็ก 1	1	72.9126	72.9126	72.9126	78.0647	78.0647	78.0647	77.8034	77.8034	77.8034	5.3427	1.0534		
	2	68.7563	68.7563	68.7563	73.9087	73.9087	73.9087	73.6532	73.6532	73.6532	5.2176	1.0522	5.3403	1.0534
	3	71.4428	71.4428	71.4428	76.5935	76.5936	76.5935	76.3268	76.3268	76.3269	5.4607	1.0546		
โกงกางใบเล็ก 2	1	70.0934	70.0934	70.0934	75.2438	75.2439	75.2438	75.0267	75.0267	75.0268	4.4007	1.0440		
	2	50.3148	50.3148	50.3148	55.4592	55.4593	55.4593	55.2685	55.2686	55.2686	3.8496	1.0385	4.1058	1.0411
	3	66.2937	66.2937	66.2937	71.4395	71.4395	71.4395	71.2384	71.2384	71.2384	4.0670	1.0407		
แสมขาว 1	1	52.3649	52.3649	52.3649	57.5128	57.5128	57.5129	57.2748	57.2748	57.2748	4.8480	1.0485		
	2	45.5964	45.5964	45.5964	50.7536	50.7535	50.7536	50.4958	50.4958	50.4958	5.2612	1.0526	5.1108	1.0511
	3	49.3166	49.3166	49.3166	54.4739	54.4739	54.4739	54.2179	54.2179	54.2179	5.2231	1.0522		

ตารางที่ ช-49 การวิเคราะห์ความชื้นในดิน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน									%mois	mf	เฉลี่ย	
		W1			W2			W3					%mois	mf
		1	2	3	1	2	3	1	2	3				
แสมขาว 2	1	50.2367	50.2367	50.2367	55.3924	55.3925	55.3925	55.1192	55.1192	55.1192	5.5969	1.0560	5.7525	1.0575
	2	48.6832	48.6832	48.6832	53.8346	53.8346	53.8346	53.5463	53.5463	53.5463	5.9283	1.0593		
	3	50.3769	50.3769	50.3769	55.5267	55.5268	55.5267	55.2475	55.2476	55.2475	5.7323	1.0573		
ลำพู 1	1	70.6693	70.6693	70.6693	75.8247	75.8247	75.8248	75.5864	75.5863	75.5863	4.8485	1.0485	4.7609	1.0476
	2	70.3959	70.3959	70.3959	75.5543	75.5543	75.5543	75.3237	75.3238	75.3237	4.6789	1.0468		
	3	64.6742	64.6742	64.6742	69.8246	69.8246	69.8246	69.5908	69.5908	69.5908	4.7553	1.0476		
ลำพู 2	1	67.6121	67.6121	67.6121	72.7635	72.7635	72.7636	72.5416	72.5416	72.5417	4.5014	1.0450	4.6136	1.0461
	2	53.1605	53.1605	53.1605	58.3148	58.3148	58.3148	58.0814	58.0815	58.0814	4.7423	1.0474		
	3	78.4172	78.4172	78.4172	83.5684	83.5685	83.5685	83.3421	83.3421	83.3420	4.5971	1.0460		
ตะบูนขาว 1	1	68.0578	68.0578	68.0578	73.2086	73.2086	73.2087	72.9135	72.9136	72.9136	6.0766	1.0608	6.0629	1.0606
	2	47.5596	47.5596	47.5596	52.7063	52.7063	52.7063	52.4138	52.4139	52.4138	6.0250	1.0602		
	3	58.3843	58.3843	58.3843	63.5307	63.5308	63.5307	63.2354	63.2355	63.2354	6.0872	1.0609		
ตะบูนขาว 2	1	70.5472	70.5472	70.5472	75.7064	75.7065	75.7064	75.4669	75.4669	75.4669	4.8689	1.0487	4.9119	1.0491
	2	68.1438	68.1438	68.1438	73.2859	73.2859	73.2859	73.0382	73.0382	73.0382	5.0609	1.0506		
	3	69.2596	69.2596	69.2596	74.4128	74.4128	74.4128	74.1765	74.1765	74.1765	4.8059	1.0481		

7.4 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและปริมาณอินทรียวัตถุ

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} ดังตาราง ช-50 และผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ดังตาราง ช-51

ตาราง ช-50 ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+}

	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบล้งค์	1	0.00	19.40	19.40	19.45
	2	0.00	19.50	19.50	

$$N_f = 10N_c / T_1$$

$$= 10(1) / 19.45$$

$$= 0.5141$$

ตารางที่ ช-51ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%OC	%OM	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่ 1	1	0.5058	0.00	13.30	13.30	6.15	2.56	4.41	2.56
	2	0.5058	13.30	26.60	13.30	6.15	2.56	4.41	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	0.5058	0.00	13.20	13.20	6.25	2.59	4.47	2.59
	2	0.5059	13.20	26.40	13.20	6.25	2.59	4.47	
โกงกางใบเล็ก 1	1	0.5058	0.00	11.80	11.80	7.65	3.14	5.42	3.14
	2	0.5058	11.80	23.60	11.80	7.65	3.14	5.42	
โกงกางใบเล็ก 2	1	0.5058	0.00	13.20	13.20	6.25	2.58	4.45	2.58
	2	0.5059	13.20	26.40	13.20	6.25	2.58	4.45	
แสมขาว 1	1	0.5059	0.00	11.50	11.50	7.95	3.31	5.71	3.31
	2	0.5058	11.50	23.00	11.50	7.95	3.31	5.71	
แสมขาว 2	1	0.5058	0.00	12.30	12.30	7.15	3.00	5.17	3.00
	2	0.5059	12.30	24.60	12.30	7.15	3.00	7.17	

ตารางที่ ช-51 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%OC	%OM	เฉลี่ย
ลำพู 1	1	0.5059	0.00	13.00	13.00	6.45	2.68	4.62	2.68
	2	0.5059	13.00	26.00	13.00	6.45	2.68	4.62	
ลำพู 2	1	0.5058	0.00	13.00	13.00	6.45	2.67	4.61	2.67
	2	0.5059	13.00	26.00	13.00	6.45	2.67	4.61	
ตะบูนขาว 1	1	0.5059	0.00	12.00	12.00	7.45	3.13	5.40	3.13
	2	0.5058	12.00	24.00	12.00	7.45	3.13	5.40	
ตะบูนขาว 2	1	0.5058	0.00	13.20	13.20	6.25	2.60	4.48	2.60
	2	0.5058	13.20	26.40	13.20	6.25	2.60	4.48	

7.5 ไนโตรเจน

ตารางที่ ช-52 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบล้งค์	1	0.00	0.40	0.40	0.40
	2	0.40	0.80	0.40	

ความเข้มข้นกรดซัลฟุริก (นอร์มัล) = $\frac{\text{น้ำหนักของ } Na_2CO_3 \text{ ที่ใช้ (g) x จำนวน } (Na_2CO_3 \text{ 0.01 mol/l) 20 ml}}{\text{53.00 x จำนวน กรดซัลฟุริกมาตรฐาน 0.02 นอร์มัล}}$

$= \frac{1.0608 \text{ g x 20 ml}}{53.00 \text{ x } 20.13}$

$= 0.0199$

ตารางที่ ช-53 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบล้งค์	1	0.00	0.40	0.40	0.40
	2	0.40	0.80	0.40	

ความเข้มข้นกรดซัลฟุริก (นอร์มัล) = $\frac{\text{น้ำหนักของ } Na_2CO_3 \text{ ที่ใช้ (g) x จำนวน } (Na_2CO_3 \text{ 0.01 mol/l) 20 ml}}{\text{53.00 x จำนวน กรดซัลฟุริกมาตรฐาน 0.02 นอร์มัล}}$

$= \frac{1.0608 \text{ g x 20 ml}}{53.00 \text{ x } 20.20}$

$= 0.0198$

ตารางที่ ช-54 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%N	เฉลี่ย
โกงกางใบใหญ่ 1	1	1.0033	0.00	7.40	7.40	7.00	0.20	0.20
	2	1.0033	7.40	14.80	7.40	7.00	0.20	
โกงกางใบใหญ่ 2	1	1.0034	0.00	7.40	7.40	7.00	0.20	0.20
	2	1.0035	0.00	7.40	7.40	7.00	0.20	
โกงกางใบเล็ก 1	1	1.0035	0.00	9.60	9.60	9.20	0.26	0.26
	2	1.0035	0.00	9.60	9.60	9.20	0.26	
โกงกางใบเล็ก 2	1	1.0035	0.00	7.30	7.30	6.90	0.20	0.20
	2	1.0036	0.00	7.30	7.30	6.90	0.20	
แสมขาว 1	1	1.0033	0.00	10.80	10.80	10.40	0.30	0.30
	2	1.0032	0.00	10.80	10.80	10.40	0.30	
แสมขาว 2	1	1.0034	0.00	9.80	9.80	9.40	0.27	0.27
	2	1.0035	0.00	9.80	9.80	9.40	0.27	

ตารางที่ ช-54 การวิเคราะห์ไนโตรเจน (ต่อ)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FASที่ใช้	ปริมาตร FAS แบล้งค์	%N	เฉลี่ย
ลำพู 1	1	1.0035	0.00	7.40	7.40	7.00	0.20	0.20
	2	1.0035	0.00	7.40	7.40	7.00	0.20	
ลำพู 2	1	1.0036	0.00	7.40	7.40	7.00	0.20	0.20
	2	1.0036	0.00	7.40	7.40	7.00	0.20	
ตะบูนขาว 1	1	1.0038	0.00	9.70	9.70	9.30	0.27	0.27
	2	1.0039	0.00	9.70	9.70	9.30	0.27	
ตะบูนขาว 2	1	1.0035	0.00	7.30	7.30	6.90	0.20	0.20
	2	1.0035	0.00	7.30	7.30	6.90	0.20	

ภาคผนวก ซ

วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ ซ-1 Multiple linear regresstion เลือกตัวแปรโดยวิธี Stepwise

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.898[a]	.807	.800	.0855405	.807	116.815	1	28	.000

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1	(Constant)	1.619	.121		13.403	.000					
	ไนโตรเจน	5.352	.495	.898	10.808	.000	.898	.898	.898	1.000	1.000

a. Dependent Variable: อินทรีย์คาร์บอน

ตารางที่ ซ-2 Pearson’s correlation coefficients

Correlations						
		โกงกางใบใหญ่	**โกงกางใบเล็ก**	**แสมขาว**	**ลำพู**	**ตะบูนขาว**
โกงกางใบใหญ่	Pearson Correlation	1	.951**	.805	.428	.216
	Sig. (2-tailed)		.004	.053	.397	.681
	N	6	6	6	6	6
โกงกางใบเล็ก	Pearson Correlation	.951**	1	.790	.560	.209
	Sig. (2-tailed)	.004		.061	.248	.690
	N	6	6	6	6	6
แสมขาว	Pearson Correlation	.805	.790	1	.310	.742
	Sig. (2-tailed)	.053	.061		.551	.091
	N	6	6	6	6	6
ลำพู	Pearson Correlation	.428	.560	.310	1	.029
	Sig. (2-tailed)	.397	.248	.551		.957
	N	6	6	6	6	6
ตะบูนขาว	Pearson Correlation	.216	.209	.742	.029	1
	Sig. (2-tailed)	.681	.690	.091	.957	
	N	6	6	6	6	6

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ภาคผนวก ด

ภาพประกอบ

(ก)

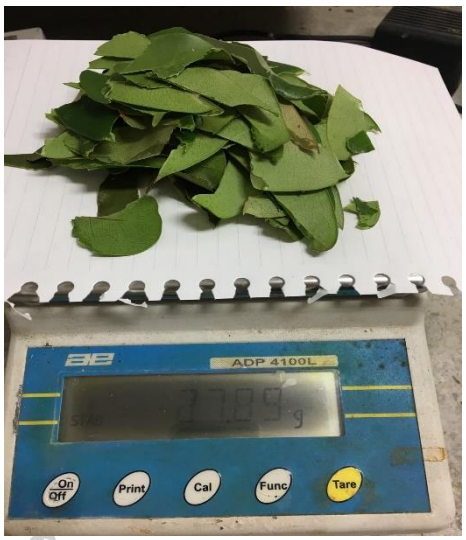
(ข)

(ค)

(ง)

รูปที่ 24 การวางแปลงป่าชายเลนใกล้เขตเพาะพันธ์สัตว์น้ำ (ก-ง)

(ง)

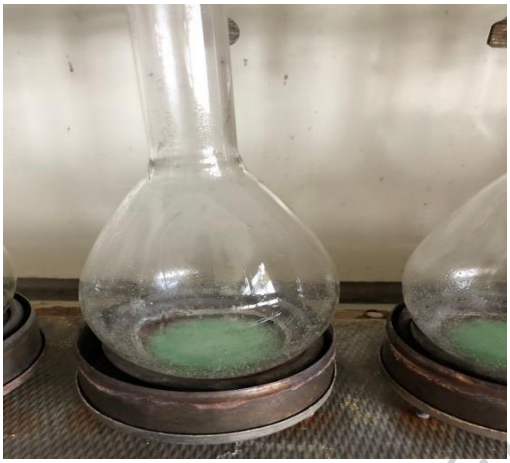


(จ)

(ฉ)

(ช)

รูปที่ 25 ตัวอย่างการหมักดินกับใบพืชชายเลน (ง-ช)



(ซ)

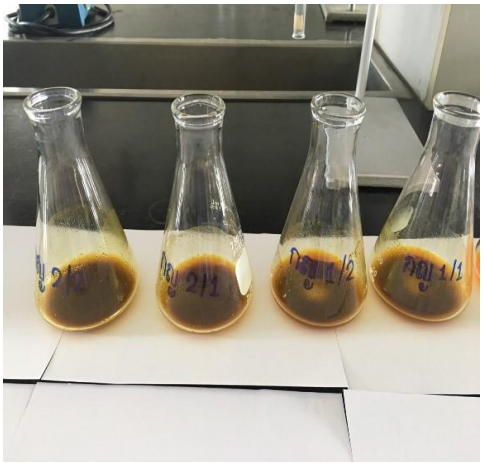
(ด)

(ต)

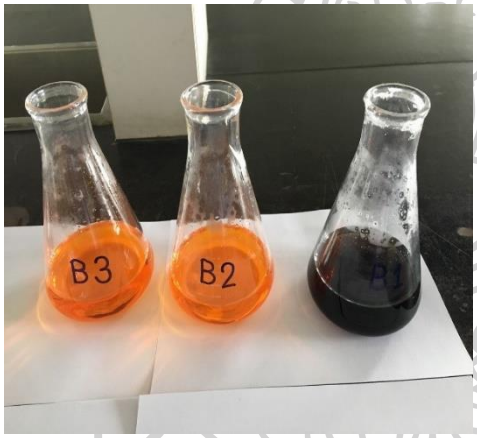
(ถ)

รูปที่ 26 การวิเคราะห์ไนโตรเจน (ซ-ถ)

(ท)



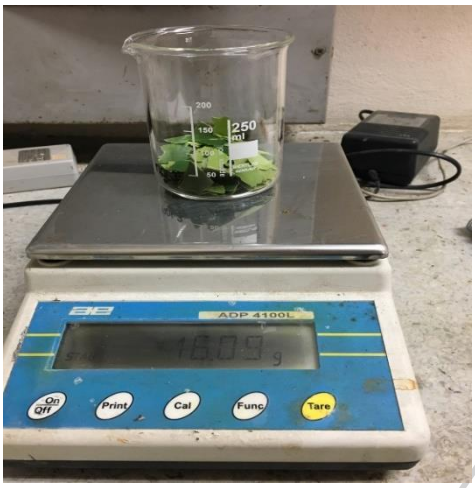
(ธ)



(น)

(บ)

รูปที่ 27การวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลน (ท-บ)



(ป)

(ผ)

(พ)

(ฟ)

รูปที่ 28 การวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในใบพืชชายเลน (ป-ฟ)

รายการอ้างอิง

Ben-Dor, E., & Banin, A. (1989). Determination of organic matter content in arid-zone soils using a simple "loss-on-ignition" method. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 20*(15-16), 1675-1695.

Blakemore, L. C., Searle, P. L., & Daly, B. K. (1977). *Methods for chemical analysis of soils*: Department of Scientific and Industrial Research, New Zealand.

Chen, L., Zeng, X., Tam, N. F., Lu, W., Luo, Z., Du, X., & Wang, J. (2012). Comparing carbon sequestration and stand structure of monoculture and mixed mangrove plantations of Sonneratia caseolaris and S. apetala in Southern China. *Forest Ecology and Management, 284*, 222-229.

Culley, J. L. B. (1993). Density and compressibility. In: M.R. Carter (ed), Soil Sampling and Methods of Analysis. *Lewis Publishers, Boca Raton, FL, U.S.A.*, 529-549.

Das, S. K., Samantaray, D., &Thatoi, H. (2014). Ethnomedicinal, antimicrobial and antidiarrhoeal studies on the mangrove plants of the genus *Xylocarpus*: A mini review. *J Bioanal Biomed*.

Duke, N. C. (1992). Mangrove floristics and biogeography. *Tropical mangrove ecosystems*.

Gifford, R. M. (2000). *Carbon contents of above-ground tissues of forest and woodland trees*: Australian Greenhouse Office.

Kauffman, J. B., & Donato, D. C. (2012). *Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass, and carbon stocks in mangrove forests*: Citeseer.

Kjerfve, B. (1990). *Manual for investigation of hydrological processes in mangrove ecosystems*: Baruch Institute for Marine Biology and Coastal Research, University of ....

Kongsangchai, J. (1988). *Forest ecological study of mangrove silviculture.* **京都大学**,

Kusumaningtyas, M. A., Hutahaean, A. A., Fischer, H. W., Pérez-Mayo, M., Ransby, D., & Jennerjahn, T. C. (2019). Variability in the organic carbon stocks, sources, and

accumulation rates of Indonesian mangrove ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 218*, 310-323.

Lunstrum, A., & Chen, L. (2014). Soil carbon stocks and accumulation in young mangrove forests. *Soil Biology and biochemistry, 75*, 223-232.

Mangkay, S. D., Harahab, N., & Polii, B. (2013). Soemarno, 2013. Economic Valuation of Mangrove Forest Ecosystem in Tatapaan, South Minahasa Indonesia. *IOSR Journal Of Environmental Science, Toxicology And Food Technology (IOSR-JESTFT) e-ISSN*, 2319-2402.

Mehlich, A. (1984). Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 15*(12), 1409-1416.

Naskar, S., & Palit, P. K. (2015). Anatomical and physiological adaptations of mangroves. *Wetlands ecology and management, 23*(3), 357-370.

Pearson, T. R., Brown, S. L., & Birdsey, R. A. (2007). Measurement guidelines for the sequestration of forest carbon. *Gen. Tech. Rep. NRS-18. Newtown Square, PA: US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 42 p., 18*.

Ren, H., Chen, H., Li, Z. a., & Han, W. (2010). Biomass accumulation and carbon storage of four different aged Sonneratia apetala plantations in Southern China. *Plant and soil, 327*(1-2), 279-291.

Sahu, S. K., & Kathiresan, K. (2019). The age and species composition of mangrove forest directly influence the net primary productivity and carbon sequestration potential. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 101235.

Saranraj, P., & Sujitha, D. (2015). Mangrove medicinal plants: a review. *American–Eurasian Journal of Toxicological Sciences, 7*(3), 146-156.

Selvam, M. M., & Kathiresan, K. (2010). Beneficial bacteria from soil of a tropical mangroves. *Asian J Microbiol Biotechnol Environ Sci, 12*, 1-2.

Spalding, M., Kainuma, M., & Collins, L. (2010). World Atlas of Mangroves: Earthscan. *London, UK*, 47-52.

Sparks, D., Page, A., Helmke, P., Loeppert, R., Soltanpour, P., Tabatabai, M., . . . Sumner, M. (1996). Methods of Soil Analysis-Part3-Chemical Methods, SSSA Book Series. *Soil Science Society of America, Madison*, 1085-1121.

Tran Thi, V., Tien Thi Xuan, A., Phan Nguyen, H., Dahdouh-Guebas, F., & Koedam, N. (2014). Application of remote sensing and GIS for detection of long-term mangrove shoreline changes in Mui Ca Mau, Vietnam. *Biogeosciences, 11*(14), 3781-3795.

Van Lavieren, H., Spalding, M., Alongi, D. M., Kainuma, M., Clüsener-Godt, M., & Adeel, Z. (2012). *Securing the future of mangroveS*: United Nations University, Institute for Water, Environment and Health.

Vannucci, M. (2001). What is so special about mangroves? *Brazilian Journal of Biology, 61*(4), 599-603.

Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science, 37*(1), 29-38.

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2561a). Retrieved from https://www.dmcr.go.th /detailLib/3763

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2561b). ข้อมูลทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งจังหวัดสมุทรสงคราม. Retrieved from https://www.dmcr.go.th

/detailLib/3763

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2551). รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการประเมินมูลค่าและการพึ่งพิงทรัพยากรป่าชายเลน. Retrieved from http://www.fio.co.th/institution/woodeconomy/main

ดรุณี เจียมจำรัสศิลปะ, & กฤษฎา สุทธินุ่น. (2554). ระบบนิเวศป่าชายเลนปากแม่น้ำตาปี จังหวัดสุราษฎร์ธานี. Paper presented at the การสัมมนาป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 14.

นรารัตน์ พัฒนสิงห์, ลดาวัลย์ พวงจิตร, & มณฑล จำเริญพฤกษ์. (2555). ผลผลิตมวลชีวภาพ และปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชในป่าชายเลนชุมชนบ้านเปร็ดในจังหวัดตราด วารสารวนศาสตร์, ก.ย.-ธ.ค. *2555*(31 ฉบับที่ 3), 15-24.

นันทวรรณ ประเสริฐ. (2544). ลักษณะโครงสร้างและการหมุนเวียนสารอาหารในป่าชายเลนบริเวณ โครงการจัดการน้ำเสีย จังหวัดสมุทรปราการ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

ประนอม ชุมเรียง. (2554). ระบบนิเวศป่าชายเลนพื้นที่เกาะจังหวัดสตูล. Paper presented at the การสัมนาป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 14, ณ โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชัน.

ปัทมา วิตยากร, & อรรณพ พุทธโส. (2552). การเปลี่ยนแปลงและการสะสมอินทรียวัตถุในดินทรายเนื่องจากการสลายตัวของสารอินทรีย์ต่างคุณภาพที่ใส่อย่างต่อเนื่องในระยะยาว. Retrieved from

ภานุ เนื่องจำนง, กาญจนา นาคะภากร, & สิริกร กาญจนสุนทร. (2558). การประเมินการสะสมคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าชายเลนด้วยข้อมูลดาวเทียม *WORLDVIE-2* ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี. Paper presented at the การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ “สร้างสรรค์และพัฒนา เพื่อก้าวหน้าสู่ประชาคมอาเซียน" ครั้งที่ 2 18-19 มิถุนายน 2558 ณ วิทยาลัยนครราชสีมา.

รสริน มังกะโรทัย, ศิรประภา เปรมเจริญ, ศศิธร หาสิน, & ฝอยฝา ชุติดำรง. (2561). สภาพป่าและการกักเก็บคาร์บอนในดินบริเวณป่าชายเลนคลองโคลน จังหวัดสมุทรสงคราม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, *3(3)*, 39-49.

วราพร บุญประเสริฐ. (2560). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน กรณีศึกษา ตำบลคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศิลปากร,

วิจารณ์ มีผล. (2553). การเก็บกักคาร์บอนของป่าชายเลนบริเวณพื้นที่สงวนชีวมณฑลระนอง. วารสารการจัดการป่าไม้, *4(7)*, 33-47.

วิลานี สุชีวบริพนธ์. (2553). พลวัตของซากใบไม้ในป่าชายเลนรุ่นสอง จังหวัดตราด. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

สนิท อักษรแก้ว. (2541). ป่าชายเลน นิเวศวิทยาและการจัดการ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะวนศาสตร์ ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้.

สนิท อักษรแก้ว. (2542). ป่าชายเลน นิเวศวิทยาและการจัดการ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมานใจ มั่นศิลป์, & พรทิพย์ ฝอยวารี. (2552). สังคมพืชและความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ไม้ป่าชายเลน เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญเพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการทรัพยากรป่าชายเลน ในการสำรวจทรัพยากรป่าชายเลนครั้งนี้ อาศัยการวางแปลงตัวอย่างสำหรับประเมินหาชนิดพันธุ์ ความหนาแน่น ความเติบโต ค่าดัชนีความสำคัญของพันธ์ไม้ป่าชายเลน ในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณส่วนจัดการทรัพยกรป่าชายเลนที่ *1* (จ.ชลบุรี) ซึ่งมีพื้นที่ ประมาณ *100* ไร่

สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน, & รุ่งสุริยา บัวสาลี. (2554). ป่าชายเลน: นิเวศวิทยาและพรรณไม้. กรุงเทพฯ: กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

สิทธิโชค จันทร์ย่อง. (2554). โครงสร้างและความหลากหลายของป่าชายเลนบริเวณคลองสิเกา อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง. Paper presented at the การสัมมนาป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 14, ณ โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น.

สุพรรษา เครือจันทร์. (2554). ปริมาณและคุณภาพของสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในสังคมพืชป่าชายเลนที่มีแสมขาวเป็นพันธุ์ไม้เด่น. วารสาริทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 19(1)*(ม.ค.-มี.ค.54), 27-37.

แสงจันทร์ วายทุกข์, นภวรรณ ฐานะกาญจน์ พงษ์เขียว, & ลดาวัลย์ พวงจิตร. (2561). ความหลากหลายและโครงสร้างของสังคมพืชป่าชายเลนของชุมชนตำบลคลองตำหรุ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*, 10*(2), 307-323.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นิตรา ต่อมคำ
วัน เดือน ปี เกิด	26 ตุลาคม 2531
สถานที่เกิด	ปราจีนบุรี
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2556 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พ.ศ.2557 ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ที่อยู่ปัจจุบัน	376/3 ม.2 ต.ประจันตคาม อ.ประจันตคาม จ.ปราจีนบุรี 25130
ผลงานตีพิมพ์	ในการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 4 "การยกระดับงานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมอย่างยั่งยืน" ระหว่างวันที่ 26-28 มิถุนายน 2562 ณ โรงแรม เดอะ รอยัล ริเวอร์ กรุงเทพมหานคร การนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย เรื่อง "การเก็บกักคาร์บอนของป่าชายเลนคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม"

มหาวิทยาลัยศิลปากร