



ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน กรณีศึกษา ตำบลคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม



โดย
นางสาววราพร บุญประเสริฐ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน กรณีศึกษา ตำบลคลองโคน จังหวัด
สมุทรสงคราม



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

INFLUENTIAL FACTORS ON CARBON STORAGE IN MANGROVE SOIL. CASE
STUDY: KLONG KHONE, SAMUT SONGKHRAM



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 2017
Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน กรณีศึกษา ตำบลคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม
โดย	วราพร บุญประเสริฐ
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผนก ก แบบ ก 2 ระดับปริญญา มหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. กนกพร สว่างแจ้ง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

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

พิจารณาเห็นชอบโดย

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

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

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

58311304 : วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต

คำสำคัญ : ดินชายเลน, การกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน, อินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลน, การทับถมของพีช, ระดับความเค็มของน้ำทะเล, อุณหภูมิ, อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน, คลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

นางสาว วราพร บุญประเสริฐ: ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน กรณีศึกษา ตำบลคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รองศาสตราจารย์ ดร. กนกพร สว่างแจ้ง

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลน บริเวณชายฝั่งทะเล ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม ที่แตกต่างกันตามระยะห่างจากชายฝั่งทะเล และเพื่อศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน ที่เปลี่ยนแปลงตามสภาพสิ่งแวดล้อมที่สนใจ ได้แก่ การทับถมของพีช ระดับความเค็มของน้ำ และอุณหภูมิ พื้นที่ศึกษาป่าชายเลนติดชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม การเก็บตัวอย่างจะกำหนด 3 แนว คือ แนวป่าชายเลนติดนาุ้ง แนวในป่าชายเลนรอยต่อระหว่างเขตพื้ทักษ์ป่าชายเลน 1,000 ปีกับพื้นที่ป่าปลูกเพิ่มเติม และแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล การเก็บตัวอย่างใช้ส่วนเจาะดิน (hand cores) ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร วิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าความเค็ม สภาพนำไฟฟ้า ความหนาแน่นและความบดอัด ความชื้นในดิน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน และปริมาณไนโตรเจน และนำตัวอย่างดินจากแนวในป่าชายเลนมาทำการทดลอง โดยกวนผสมกับใบพีชที่ป่นหยาบอัตราส่วนพีชต่อดินเท่ากับ 15 138 และ 497 กิโลกรัมต่อไร่ เติมสารละลายเกลือที่มีระดับความเข้มข้น 0.5 พีพีที 15 พีพีทีและ 34 พีพีที นำบีกเกอร์ที่มีอัตราส่วนที่ต่างกันเข้าตู้อบอุณหภูมิ 20 28 และ 35 องศาเซลเซียส บ่มที่ระยะเวลา 28 45 และ 105 วัน เมื่อครบกำหนดนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน ผลการศึกษาพบว่า ตัวอย่างดินทั้งสามแนว มีค่าการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 121.77 94.482 และ 69.165 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรตามลำดับ จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า กักเก็บคาร์บอนในป่าชายเลนบริเวณชายฝั่งทะเลจะลดลงเมื่อระยะทางเข้าใกล้ทะเลมากขึ้น และหลังจากการทดลองบ่มดินยังพบว่า ตัวอย่างดินมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนแตกต่างจากตอนก่อนบ่มดิน โดยส่วนใหญ่มีค่าเพิ่มขึ้น นั้นหมายความว่า การทับถมของพีช ระดับความเค็ม และอุณหภูมิ มีผลทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเปลี่ยนแปลงไป เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนเชิงพหุแล้ว สรุปได้ว่าเมื่อมีการทับถมของพีชมากขึ้น จะทำให้ดินชายเลนมีแนวโน้มกักเก็บคาร์บอนมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อระยะเวลาการหมักที่ 105 วัน ในขณะที่อุณหภูมิ และระดับความเค็ม ไม่พบแนวโน้มที่ชัดเจน จึงควรต่อยอดงานวิจัยโดยวิเคราะห์คุณสมบัติดินชายเลนเชิงชีวภาพ หรือวิเคราะห์ชนิดจุลินทรีย์ในดินชายเลนที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายหรือสร้างอินทรีย์วัตถุในดิน ณ สภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป

58311304 : Major (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

Keyword : carbon storage in mangrove soil, organic carbon in mangrove soil, deposition of leaves, salinity, temperature, carbon and nitrogen ratio, Klong Khone sub-district, Samut Songkhram

MISS WARAPORN BUNPRASERTH : INFLUENTIAL FACTORS ON CARBON STORAGE IN MANGROVE SOIL. CASE STUDY: KLONG KHONE, SAMUT SONGKHRAM
THESIS ADVISOR : ASSOCIATE PROFESSOR KANOKPORN SWANGJANG, Ph.D.

This study aims to study basic soil properties in mangrove area of the upper part of Gulf of Thailand and assess influential factors on carbon storage in mangrove soil and the relationship of related factors, including leaves deposit, salinity and temperature. The study area is Klong-Khone, Samut Songkram province. Sampling area was identified into three main groups. These are the mangrove area approached to shrimp farm, connected area between the conservation area and new growth plants, and the seaside area. Sampling plots were done by lining method. The area of plot size was 250 m x 10 m and soil samplings were taken by core method, the depth of 0-30 cm. and then deposited. Total sample were 47 plots. Basic soil properties were analyzed including soil texture, pH, salinity, conductivity, bulk density, moisture, organic carbon, and nitrogen. Soil treatments were done by crushing and mixing with the mangrove decay, with the ratio 15, 138 and 497 kg/rai. The solution of 0.5, 15, and 34 ppt NaCl was added into the treated soils were then incubated at 20, 28, and 35 degree Celsius for the periods of 28, 45 and 105 days. The treated soils were taken to analyze carbon and nitrogen. The results were found that carbon storage was declined, with 121.770, 94.48 and 69.165 grams of carbon per square meter. And the results showed that organic carbon on treatment soil was slightly higher than non-treatment soil with an average 7.727 grams of carbon per square meter. Comparing the average of carbon sequestration for multiple comparisons by SPSS Statistics. Conclusions of this study case clearly illustrate the more duration of decomposition is used, the more carbon sequestration in soil nitrogen is found. Although difference of temperature and salinity levels were unclearly illustrate. Suggestion to study microorganisms in mangrove that decompose organic matter in soil.

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.กนกพร สว่างแจ้ง ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับแนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง เป็นที่ปรึกษาและคอยช่วยเหลือในการจัดทำเล่มวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่อย่างดีโดยตลอด

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) และนายวินัย จือเหลียง ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการลงพื้นที่เพื่อเก็บตัวอย่าง พร้อมทั้งให้ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ศึกษาอย่างดี

ขอกราบขอบคุณคุณพ่อวิสุทธิ์ คุณแม่ราตรี บุญประเสริฐ และญาติพี่น้องที่สนับสนุน ผลักดัน ด้านการเรียน ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่สำคัญยิ่งในทุกด้าน จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้ประสบความสำเร็จได้

วราพร บุญประเสริฐ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ท
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานการศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา.....	3
1.5 ขั้นตอนของการศึกษาและระยะเวลาในการทำวิจัย.....	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม.....	5
2.1 วัฏจักรคาร์บอน.....	5
2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับป่าชายเลน.....	7
2.2.1 ระบบนิเวศป่าชายเลน.....	7
2.2.2 พันธุ์ไม้ป่าชายเลน.....	8
2.2.3 รูปแบบโครงสร้างของป่าชายเลน.....	9
2.2.4 การกระจายพื้นที่ป่าชายเลนของโลก.....	10
2.2.5 ป่าชายเลนในประเทศไทย.....	12

2.2.6	น้ำในป่าชายเลน	13
2.3	คาร์บอนกับป่าชายเลน	14
2.3.1	แหล่งสะสมคาร์บอนของป่าไม้ที่สำคัญ.....	14
2.4	คุณสมบัติดินชายเลนที่เกี่ยวข้องกับการกักเก็บคาร์บอน.....	16
2.4.1	เนื้อดิน.....	16
2.4.2	อินทรีย์วัตถุในดิน	17
2.4.3	ความหนาแน่นของดิน	18
2.5	ดินป่าชายเลนและดินจังหวัดสมุทรสงคราม	18
2.5.1	ดินในป่าชายเลน.....	18
2.5.2	ลักษณะดินภาคกลางของประเทศไทย	20
2.5.3	จังหวัดสมุทรสงครามและลักษณะทั่วไปของดินในจังหวัด	20
2.6	ปัจจัยที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนที่สนใจ.....	21
2.6.1	อุณหภูมิ.....	21
2.6.2	ความเค็มของน้ำทะเล.....	25
2.6.3	การทับถมพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน	26
2.7	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	28
2.7.1	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกักเก็บคาร์บอนในดิน ในประเทศไทย	28
2.7.2	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกักเก็บคาร์บอนในดิน ในต่างประเทศ	32
บทที่ 3	วิธีการศึกษา	35
3.1	การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน.....	35
3.1.1	ข้อมูลทุติยภูมิ	35
3.1.2	ข้อมูลปฐมภูมิ	36
3.2	การกำหนดขอบเขตการศึกษา.....	37
3.3	การสำรวจพื้นที่ภาคสนาม.....	39

3.3.1 การเก็บตัวอย่างดิน.....	39
3.3.2 การเก็บตัวอย่างพืช.....	41
3.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐาน และการทดลอง.....	43
3.4.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐาน.....	43
3.4.2 การทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางสิ่งแวดล้อมต่อคุณสมบัติบาง ประการของดิน.....	44
3.5 การคำนวณอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน และการกักเก็บคาร์บอนในดิน.....	48
3.5.1 การคำนวณอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน.....	48
3.5.2 การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนในดิน.....	48
3.6 การศึกษาความสัมพันธ์ทางสถิติ.....	49
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล.....	50
4.1 การสำรวจพื้นที่.....	50
4.1.1 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ป่าชายเลน.....	50
4.1.2 ข้อมูลพื้นฐานของจุดเก็บตัวอย่าง.....	52
1) ลักษณะพื้นที่แนวป่าชายเลนติดนาุ้ง.....	52
2) ลักษณะพื้นที่แนวในป่าชายเลนตำบลคลองโคนบริเวณ รอยต่อระหว่างเขตพิทักษ์ป่า ชายเลน 1,000 ไร่กับพื้นที่ป่าปลูกเพิ่มเติม.....	53
3) ลักษณะพื้นที่แนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล.....	54
4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลนทั้งสามแนว.....	54
4.2.1. เนื้อดิน.....	55
4.2.2. ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าความเค็มและสภาพนำไฟฟ้า.....	56
4.2.3. ความหนาแน่นของดิน.....	58
4.2.4. ความชื้นในดิน.....	60
4.2.5. ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและปริมาณอินทรีย์วัตถุ.....	60

4.2.6. ไนโตรเจน	61
4.2.7. คำนวณอัตราส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจน	63
4.2.8. การประเมินการกักเก็บคาร์บอนในดิน	64
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางสิ่งแวดล้อมต่ออินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจนและอัตราส่วน ระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนของดินในแนวป่าชายเลน	67
4.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน	69
4.3.1.1 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน	69
1) การพิจารณาอิทธิพลการทับถมของซากพืชที่มีผลต่อคาร์บอน	71
2) การพิจารณาอิทธิพลความเค็มที่มีผลต่อคาร์บอน	71
3) การพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อคาร์บอน	73
4.3.1.2 ปริมาณไนโตรเจน	75
4.3.1.3 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	76
4.3.1.4 การกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน	76
4.3.1.5 ความสัมพันธ์ของการกักเก็บคาร์บอนระหว่างอิทธิพลการทับถมของพืช ระดับ ความเค็ม และอุณหภูมิ	81
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	88
5.1 ลักษณะป่าชายเลน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม	88
5.2 การกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนและตัวแปรที่เกี่ยวข้อง	88
5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางสิ่งแวดล้อมกับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลน	89
5.4 ข้อเสนอแนะ	91
ภาคผนวก.....	92
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของดิน.....	93
1. เนื้อดิน	94
2. ค่าความเป็นกรดต่าง	96

3. ค่าความเค็มและสภาพน้ำไฟฟ้า.....	97
4. ความหนาแน่นของดิน.....	97
5. ความชื้นในดิน.....	98
6. ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน.....	99
7. ไนโตรเจน.....	102
ภาคผนวก ข การคำนวณอัตราส่วนพืชต่อดิน.....	106
ภาคผนวก ค พิกัดทางภูมิศาสตร์ของจุดเก็บตัวอย่างดินชายเลน.....	109
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐาน.....	112
ภาคผนวก จ ระดับคุณสมบัติพื้นฐานของดิน.....	159
ภาคผนวก ฉ การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	164
รายการอ้างอิง.....	186
ประวัติผู้เขียน.....	196



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 เนื้อที่ป่าชายเลนทั่วโลก.....	10
ตารางที่ 2 เนื้อที่ป่าชายเลนของประเทศอาเซียน ปี พ.ศ. 2552	11
ตารางที่ 3 ปริมาณวัตถุอินทรีย์ที่อยู่ในดิน.....	18
ตารางที่ 4 การแบ่งภูมิอากาศตามเกณฑ์ของวลาดีเมียร์ เคิปเปน	22
ตารางที่ 5 คุณลักษณะดินชายฝั่งจังหวัดสมุทรสงครามและกลางอ่าวไทย ปี พ.ศ. 2548-2549	24
ตารางที่ 6 การย่อยสลายของซากพืชในพื้นที่ป่าชายเลนต่างๆ.....	27
ตารางที่ 7 การร่วงหล่นของซากพืช.....	28
ตารางที่ 8 ปริมาณซากพืชที่ร่วงหล่น.....	28
ตารางที่ 9 วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลน.....	43
ตารางที่ 10 ตารางบันทึกผลการทดลอง.....	47
ตารางที่ 11 จุดเก็บตัวอย่าง.....	52
ตารางที่ 12 ร้อยละอนุภาคดินทราย ดินทรายแป้ง และดินเหนียว ของดินชายเลนทั้งสามแนว	55
ตารางที่ 13 ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าความเค็มและสภาพนำไฟฟ้า ของดินชายเลนทั้งสามแนว	57
ตารางที่ 14 ความหนาแน่นของดินของดินชายเลนทั้งสามแนว.....	59
ตารางที่ 15 ความชื้นในดินของดินชายเลนทั้งสามแนว.....	59
ตารางที่ 16 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินชายเลนทั้งสามแนว	60
ตารางที่ 17 ไนโตรเจนของดินชายเลนทั้งสามแนว	62
ตารางที่ 18 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของดินชายเลนทั้งสามแนว.....	63
ตารางที่ 19 การกักเก็บคาร์บอนของดินชายเลนทั้งสามแนว	65
ตารางที่ 20 เปรียบเทียบการกักเก็บคาร์บอนในป่าชายเลน.....	66
ตารางที่ 21 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ณ วันที่ 28 45 และ 105	70
ตารางที่ 22 ไนโตรเจนในดิน ณ วันที่ 28 45 และ 105.....	78

ตารางที่ 23 อัตราส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจน ณ วันที่ 28 45 และ 105.....	79
ตารางที่ 24 การกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน ณ วันที่ 28 45 และ 105.....	80
ตารางที่ 25 สรุปรูปการทับถมของพืชที่ทำให้การกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดในแต่ละวัน.....	83
ตารางที่ 26 สรุปรูปอุณหภูมิที่ทำให้การกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดในแต่ละวัน.....	84
ตารางที่ 27 สรุประดับความเค็มที่ทำให้การกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดในแต่ละวัน.....	85



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม	3
รูปที่ 2 การแบ่งเขตพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน.....	9
รูปที่ 3 รูปแบบโครงสร้างป่าชายเลน 5 ประเภท	11
รูปที่ 4 เขตป่าชายเลนตามมติคณะรัฐมนตรี ปี พ.ศ.2530	12
รูปที่ 5 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม.....	14
รูปที่ 6 ขั้นตอนการศึกษา	36
รูปที่ 7 ภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณอ่าวไทย วันที่ 28 เมษายน 2559.....	37
รูปที่ 8 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม ปี 2559	37
รูปที่ 9 จุดเก็บตัวอย่างก่อนลงพื้นที่.....	38
รูปที่ 10 การเก็บตัวอย่างดินชายเลน.....	39
รูปที่ 11 การแบ่งดินออกเป็นสี่ส่วน	40
รูปที่ 12 การตริ่งเชือกเพื่อเก็บตัวอย่างดิน ในพื้นที่ 40 x 40 เซนติเมตร ลึก 30 เซนติเมตร.....	40
รูปที่ 13 สรุปลขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดินชายเลน	41
รูปที่ 14 ตัวอย่างใบพืชและการเตรียมตัวอย่าง.....	42
รูปที่ 15 การเก็บตัวอย่างพืช	42
รูปที่ 16 ขั้นตอนการทดลอง.....	45
รูปที่ 17 การเตรียมตัวอย่างดินชายเลนสำหรับการทดลอง.....	46
รูปที่ 18 การเตรียมตัวอย่างดินชายเลนก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน. 48	
รูปที่ 19 ลักษณะลำคลองและแพรงหลักของพื้นที่ศึกษา.....	51
รูปที่ 20 จุดเก็บตัวอย่าง.....	52
รูปที่ 21 ลักษณะพื้นที่ป่าชายเลนตำบลคลองโคนบริเวณใกล้ท่าเรือ.....	53
รูปที่ 22 ลักษณะพื้นที่ในป่าชายเลน.....	54

รูปที่ 23 ลักษณะพื้นที่ป่าชายเลนตำบลคลองโคนบริเวณริมชายฝั่ง 54

รูปที่ 24 การแบ่งสีของดินตัวอย่างหลังบ่ม..... 68

รูปที่ 25 ลักษณะดินที่มีจุดดำบริเวณก้นภาชนะ 68

รูปที่ 26 คราบเกลือที่พบบริเวณผิวดิน 69

รูปที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับอัตราส่วนพีชต่อดิน..... 72

รูปที่ 28 ความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับค่าความเค็ม..... 73

รูปที่ 29 ความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับอุณหภูมิ..... 74



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สภาวะโลกร้อนเกิดจากการก๊าซเรือนกระจกที่มีสมบัติการดูดซับคลื่นรังสีความร้อนปกคลุมชั้นบรรยากาศของโลกทำให้อุณหภูมิภายในโลกสูงขึ้น หนึ่งในก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญคือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) การเพิ่มขึ้นของก๊าซ CO₂ ในบรรยากาศเกิดจากกระบวนการทางธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ โดยกิจกรรมของมนุษย์ที่เพิ่มปริมาณก๊าซ CO₂ ในบรรยากาศกลับไม่ใช่การปลดปล่อยก๊าซ CO₂ สู่อากาศโดยตรง แต่กลับเป็นการลดการดูดซับคาร์บอนไว้ในพืช กิจกรรมดังกล่าวคือการทำลายป่าไม้ โดยต้นไม้เป็นตัวดูดซับคาร์บอนที่สำคัญ เพื่อลดปริมาณก๊าซ CO₂ ในบรรยากาศผ่านกระบวนการหายใจ พืชจะนำคาร์บอนมาสร้างส่วนประกอบของพืช ได้แก่ ราก ลำต้น และใบ เมื่อเวลาผ่านไปใบจะร่วงหล่นลงดินร่วมกับส่วนซากของลำต้นและรากเกิดการย่อยสลายที่สภาวะเหมาะสมผ่านวันเวลาจนกลายเป็นอินทรีย์วัตถุที่สะสมในดิน ก่อนหมุนเวียนกลับบรรยากาศในรูปของก๊าซ CO₂ ผ่านกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์ในดินอีกครั้ง ดังนั้นสภาพที่ไม่เหมาะสมสำหรับการเปลี่ยนอินทรีย์วัตถุเป็นก๊าซ CO₂ โดยกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์จะทำให้คาร์บอนถูกเก็บสะสมในดินได้นานขึ้น เฉพาะอย่างยิ่งป่าชายเลนที่มีประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนในลำต้นได้มากกว่าป่าบกทั่วไปถึงสิบเท่า แต่หากดินถูกรบกวนคาร์บอนจะสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศเกิดการรวมตัวกันอยู่ในรูปก๊าซ CO₂ หมุนเวียนเข้าสู่บรรยากาศ ซึ่งเป็นการลดปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินลง ดังนั้นการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินให้เหมาะสมจะเป็นการช่วยลดปริมาณคาร์บอนในบรรยากาศได้ ปริมาณคาร์บอนที่ถูกกักเก็บในดินจะอยู่ในรูปของอินทรีย์วัตถุซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมหลายปัจจัย สภาพแวดล้อมหลักที่ป่าชายเลนต่างจากป่าบกทั่วไป ได้แก่ การทับถมของใบไม้ ความเค็มจากน้ำทะเล และอุณหภูมิภายในป่าชายเลน อุณหภูมิเป็นตัวแปรควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในดิน โดยที่อัตราการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดินจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดินที่เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมินั้นๆ อีกทั้งอุณหภูมิยังมีผลต่อปฏิกิริยาต่างๆอีกด้วย โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิในการย่อยเศษซากใบไม้อยู่ที่ 30-35 องศาเซลเซียส ทางด้านความเค็มของน้ำทะเล โดยทั่วไปความเค็มของน้ำทะเลอยู่ที่ 35 พีพีที และความเค็มของน้ำในดินอยู่ที่ 10-30 พีพีที ความเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและการดูดซับอินทรีย์คาร์บอนไว้ในอนุภาคดินสุดท้ายการทับถมของใบไม้ โดยการตกค้างของใบพืชจะเป็นวัตถุดิบในการให้จุลินทรีย์ย่อยสลาย

ร่วมกับธาตุอาหารในดินและกิจกรรมของจุลินทรีย์กลายเป็นอินทรีย์วัตถุในที่สุด ใบไม้ป่าชายเลน มีการร่วงหล่นตลอดทั้งปีเฉลี่ย 0.875 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อปี ดังนั้นหากควบคุมปัจจัยหลักให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการกักเก็บคาร์บอนในรูปอินทรีย์วัตถุในดินได้ นั่นหมายความว่า จะลดปริมาณก๊าซ CO₂ ที่จะถูกปลดปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศได้ จึงเป็นแนวทางในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกทางเลือกหนึ่ง

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลนบริเวณชายฝั่งทะเล ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม ที่แตกต่างกันตามระยะห่างจากชายฝั่งทะเล

1.2.2 เพื่อศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนที่เปลี่ยนแปลงตามสภาพสิ่งแวดล้อมที่สนใจ ได้แก่ การทับถมของพีช ระดับความเค็มของน้ำ และอุณหภูมิ

1.3 สมมติฐานการศึกษา

การทับถมของพีช อิทธิพลความเค็มของน้ำทะเล และอุณหภูมิ มีผลต่อการกักเก็บอินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลน โดยแต่ละปัจจัยมีสมมติฐานดังนี้

1.3.1 คุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลนจะมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะห่างชายฝั่งทะเล เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำขึ้นน้ำลงที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่

1.3.2 สมมติฐานการกักเก็บคาร์บอน การทับถมของพีช ระดับความเค็มของน้ำ และอุณหภูมิ

- การกักเก็บคาร์บอนในรูปอินทรีย์วัตถุจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการทับถมใบไม้เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณการทับถมในปริมาณมาก จะมีวัตถุต้นกำเนิดที่เป็นแหล่งคาร์บอนมาก จึงเกิดอินทรีย์คาร์บอนในดินมาก

- การกักเก็บคาร์บอนในรูปอินทรีย์วัตถุจะลดลงเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคเกลือจะทำให้อนุภาคอินทรีย์คาร์บอนถูกชะล้างออกจากดิน ถูกพัดพาไปกับน้ำทะเล จึงทำให้อินทรีย์คาร์บอนในดินต่ำ

- การกักเก็บคาร์บอนในรูปอินทรีย์วัตถุจะลดลงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงขึ้นจุลินทรีย์ในดินจะมีอัตราการย่อยสลายสูง ส่งผลให้คาร์บอนในดินถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศ ดินจึงมีอินทรีย์คาร์บอนในระดับต่ำ

1.4. ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่เพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนติดชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม พื้นที่ดังรูปที่ 1 โดยสภาพแวดล้อมที่สนใจ ได้แก่

1.4.1 อุณหภูมิ โดยสนใจ ณ อุณหภูมิ 20 28 องศาเซลเซียส และ 35 องศาเซลเซียส ใช้เป็นตัวแทนของอุณหภูมิที่ในพื้นที่ที่พบป่าชายเลนในภูมิภาคเขตร้อนชื้น

1.4.2 ความเข้มข้นสารละลายเกลือ 3 ระดับ คือ 0.5 15 และ 34 พีพีที ใช้เป็นตัวแทนของอิทธิพลความเค็มจากน้ำทะเลบริเวณริมชายฝั่งอ่าวไทยตอนบนและค่าเฉลี่ยของน้ำกร่อยบริเวณป่าชายเลนจังหวัดสมุทรสงคราม

1.4.3 อัตราส่วนระหว่างใบไม้ที่เป็นพืชในป่าชายเลนต่อดิน 3 อัตราส่วน ได้แก่ อัตราส่วนที่เป็นตัวแทนของการทับถมที่ 15 138 และ 497 กิโลกรัมต่อไร่ โดยเลือกเก็บใบพืชที่ใกล้หน้าเปื่อยเป็นตัวแทนของใบพืชที่มีการย่อยสลายภายในป่าชายเลน

1.4.4 คุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลนที่ศึกษา ประกอบด้วย เนื้อดิน ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าความเค็ม สภาพนำไฟฟ้า ความหนาแน่นและความบดอัด ความชื้นในดิน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน และปริมาณไนโตรเจน

1.4.5 ดินชายเลนที่นำมาทำการทดลอง คือ บริเวณแนวในป่าชายเลนรอยต่อระหว่างเขตพิทักษ์ป่าชายเลน 1,000 ไร่ กับพื้นที่ป่าปลูกเพิ่มเติม



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม

1.5 ขั้นตอนของการศึกษาและระยะเวลาในการทำวิจัย

ขั้นตอนการศึกษางานวิจัยเริ่มการสืบค้นข้อมูลและทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ.2558 จากนั้นค้นคว้าวิธีการดำเนินการเก็บตัวอย่างและวางแผนการทดลอง เขียนโครงร่างงานวิจัย ขออนุมัติหัวข้อ สอบเสนอโครงร่างวิทยานิพนธ์ ดำเนินการศึกษาวิจัย วิเคราะห์ สรุปผลการศึกษาวิจัยเขียนบทความและเผยแพร่งานวิจัย จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ ตลอดจนสอบวิทยานิพนธ์ แก่ไขและส่งวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1 เป็นข้อมูลพื้นฐานของดินชายเลนบริเวณชายฝั่งทะเล ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม
- 1.6.2 สามารถนำไปประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในป่าชายเลนได้
- 1.6.3 นำไปสู่การจัดการป่าชายเลน เพื่อการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ



บทที่ 2

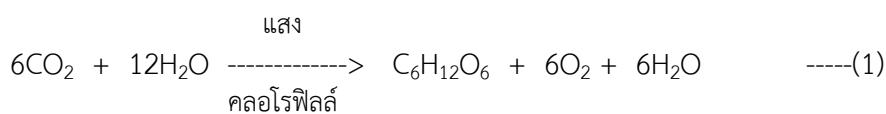
ทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนนั้นมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรคาร์บอน ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับป่าชายเลน ความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนกับป่าชายเลน คุณสมบัติดินที่เกี่ยวข้องกับการกักเก็บคาร์บอน ดินป่าชายเลนและดินจังหวัดสมุทรสงครามปัจจัยที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนที่สนใจและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นข้อมูลในการสนับสนุนในการศึกษาต่อไป

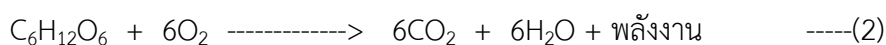
2.1 วัฏจักรคาร์บอน

คาร์บอนเป็นธาตุองค์ประกอบที่สำคัญของโลก ไม่ใช่เพียงแต่เป็นแหล่งพลังงานสำหรับสิ่งมีชีวิตที่สำคัญที่สุดเท่านั้น แต่คาร์บอนยังเป็นธาตุที่สามารถเปลี่ยนเป็นมวลชีวภาพหนึ่งในสิ่งมีชีวิตได้อีกด้วยวัฏจักรคาร์บอน คาร์บอนมีทั้งสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ และสะสมใน 4 ส่วนหลักของโลก คือ ดิน น้ำ อากาศ และมวลชีวภาพ ในปริมาณ $1,500 \times 10^{12}$ กิโลกรัม $3,800 \times 10^{12}$ กิโลกรัม 750×10^{12} กิโลกรัม และ 560×10^{12} กิโลกรัม ตามลำดับ โลกเองมีปริมาณคาร์บอนประมาณ 10^{20} กิโลกรัมคาร์บอนในรูปตะกอน หินและคาร์บอเนต เช่น หินปูน (CaCO_3) และอยู่ในรูปเชื้อเพลิงที่สามารถสกัดออกมาได้อีก 4×10^{15} กิโลกรัมคาร์บอน คาร์บอนอนินทรีย์ที่พบมากที่สุด คือ คาร์บอนไดออกไซด์ กรดคาร์บอนิกไบคาร์บอเนต และคาร์บอเนต ทั้งหมดอยู่ในรูปตัวออกซิไดซ์ แต่หากสนใจรูปตัวรีดิวซ์ คาร์บอนจะอยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ทั้งสถานะของแข็งของเหลวและก๊าซ โดยมีสองกลุ่มที่สำคัญ คือ คาร์โบไฮเดรต (CH_2O)₂ ที่เกิดจากเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตและซากพืช และไฮโดรคาร์บอน ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$) ที่เกิดจากเชื้อเพลิง (Coyne & Thompson, 2006)

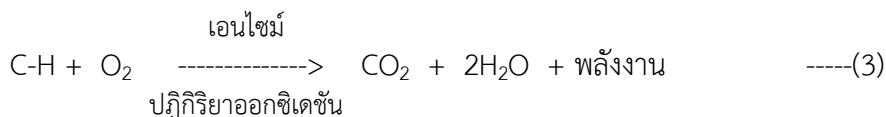
ป่าไม้เป็นแหล่งสะสมคาร์บอนขนาดใหญ่ของโลกโดยไปสะสมในส่วนของต้นไม้และดิน โดยที่มีปริมาณรวมกันมากกว่าในบรรยากาศถึง 3.5 เท่า การแลกเปลี่ยนคาร์บอนระหว่างระบบนิเวศป่าไม้กับบรรยากาศจะถูกควบคุมโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช การหายใจของสิ่งมีชีวิตและการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช (Boussingault, 1864) ที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ



การหายใจของสิ่งมีชีวิต



การย่อยสลายของจุลินทรีย์



ในบางกรณีคาร์บอนในรูปของอินทรีย์สารในสิ่งมีชีวิต อาจไม่มีการหมุนเวียนกลับคืนสู่บรรยากาศในทันทีแต่จะสะสมอยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง อาจนานเป็นสิบปี ร้อยปี หรือหลายล้านปี เช่น คาร์บอนที่อยู่ในรูปเนื้อไม้ของต้นไม้ใหญ่ ซากพืชและสัตว์ในยุคโบราณที่เน่าเปื่อยยังไม่หมด ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น ดินเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่ใหญ่และสำคัญแหล่งหนึ่ง ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บไว้โดยดินมีมากกว่าในบรรยากาศถึง 33 เท่า คาร์บอนในดินอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ (Soil Organic Carbon, SOC) และอนินทรีย์ (Soil Inorganic Carbon, SIC) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินมีค่าผันแปรสูงขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และสภาพภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากสภาพธรรมชาติเป็นที่ดินสำหรับทำเกษตรกรรมนั้นส่งผลให้สารอินทรีย์ในดินลดลงสูงสุดถึงร้อยละ 60 ในเขตหนาวและอาจมากกว่า ร้อยละ 75 ในเขตร้อน ซึ่งการลดลงของสารอินทรีย์นั้นทำให้ดินมีคุณภาพเสื่อมลง (ณิชาภัทร์ ดวงทิพย์, 2558)

เห็นได้ว่าวัฏจักรคาร์บอนประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญสองกระบวนการ คือ กระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชที่เป็นกระบวนการดึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเข้ามาสู่พืชหรือเปลี่ยนรูปจากคาร์บอนในรูปอนินทรีย์ให้อยู่ในรูปของอินทรีย์คาร์บอน ดังสมการที่ (1) และกระบวนการหายใจ (สมการที่ 2) เผาไหม้ (สมการที่ 4) และการกร่อน พังทลาย (Erosion) ซึ่งเป็นกระบวนการปลดปล่อยคาร์บอนกลับสู่วัฏจักรน้ำและบรรยากาศ (จักรวาล วনারักษ์, ม.ป.ป.)

สมการการเผาไหม้สมบูรณ์



การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินสู่บรรยากาศโดยทั่วไปมาจากกระบวนการหายใจของดิน (วัฏจักรคาร์บอนที่สำคัญในระบบนิเวศบนบก) (J. W. Raich & Schlesinger, 1992) กระบวนการหายใจของดินภายในระบบนิเวศบนบกเป็นกระบวนการไหลระหว่างส่วนของสิ่งมีชีวิตและส่วนบรรยากาศ (Buchmann, 2000) หากมีการเปลี่ยนแปลงการหายใจของดินเพียงเล็กน้อยอาจส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศได้ (Peng, Piao, Wang, Sun & Shen, 2009) คาดว่าจะมีการปลดปล่อยคาร์บอนประมาณ 81×10^{12} กิโลกรัมคาร์บอนต่อปีทั่วโลก หรือในช่วง $79.3-81.8 \times 10^{12}$ กิโลกรัมต่อปี (James et al.2002) คิดเป็นร้อยละ 60-90 ของอัตราการหายใจของระบบนิเวศป่าบกทั้งโลก (Schimel et al., 2001) และมากกว่า 11 เท่าของ

อัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิงในปัจจุบัน สองในสามส่วนของคาร์บอนในบรรยากาศมาจากการที่อินทรีย์วัตถุในดินเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ผลที่ตามมาคือ สภาวะโลกร้อน (Kirschbaum, 2000) ส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายจากจุลินทรีย์และเผาไหม้ซากพืช ซากสัตว์ อีกทั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังสามารถเปลี่ยนเป็นคาร์บอนในดินได้ผ่านย่อยสลายกลายเป็นอินทรีย์วัตถุในดินโดยปัจจัยร่วมคือ อุณหภูมิ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกจากดินในช่วงการหายใจนั้นส่วนใหญ่มาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ทั้งเหนือพื้นดินและใต้พื้นดิน (Hassan, David, & Abbas, 2014)

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับป่าชายเลน

ป่าชายเลน (Mangrove forest) เป็นป่าประเภทผลัดใบบริเวณปากน้ำที่มีน้ำจืดและน้ำเค็มมาบรรจบกัน (เดชา ดวงนาค, วสันต์ จันทร์แดง และเจษฎา วงศ์พรหม, 2554) ประกอบด้วยสังคมพืชและสัตว์หลายชนิดพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน ภายใต้สภาพแวดล้อมดินเลนน้ำกร่อย และมีน้ำท่วมถึงสม่ำเสมอ ป่าชายเลนจึงพบได้ในพื้นที่ปากแม่น้ำ อ่าว และรอบเกาะ บริเวณริมชายฝั่งทะเลที่มีไม้สำคัญ ได้แก่ ไม้โกงกาง

2.2.1 ระบบนิเวศป่าชายเลน

ป่าชายเลนเป็นป่าอยู่บนดินเลนชายฝั่งทะเล เป็นบริเวณที่น้ำจืดและน้ำเค็มมาบรรจบกันรวมเป็นน้ำกร่อย เป็นแหล่งสะสมตะกอนของอนุภาคดินที่ถูกพัดพามาจากแหล่งน้ำ โดยปกติแล้วจะต้องมีน้ำทะเลท่วมถึงและมีพันธุ์ไม้เด่นที่สามารถดำรงชีวิตภายใต้สภาพดินที่อ่อนนุ่มและไร้ออกซิเจนโดยมีรากค้ำจุน (Prop root) รากหายใจ (Pneumatophores) และพุ่ม (Buttress) (ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในโครงการ, 2556)

ป่าชายเลนมีลักษณะแตกต่างจากป่าบกชนิดอื่น คือ พืชชั้นสูงและแพลงก์ตอนพืชต่างมีส่วนช่วยในการสร้างอินทรีย์วัตถุรวมถึงสาหร่ายที่สามารถผลิตอินทรีย์วัตถุได้ด้วย (สนิท อักษรแก้ว, 2532) ระบบนิเวศห่วงโซ่อาหารสลับซับซ้อนมาก อีกทั้งการไหลเวียนของพลังงานของระบบนิเวศในป่าชายเลนนี้มีอัตราค่อนข้างเร็วเนื่องจากมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมโดยเฉพาะอุณหภูมิและความชื้น พืชและจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตและทำงานได้ตลอดทั้งปี การไหลเวียนของธาตุอาหารส่วนใหญ่ได้รับมาจากระบบนิเวศใกล้เคียงบริเวณต้นน้ำการมีปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการรักษาคุณภาพของป่าชายเลน โดยที่ธาตุอาหารป่าชายเลนแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ธาตุอาหารประเภทอินทรีย์สาร (Organic Minerals หรือ Organic detritus) และธาตุอาหารประเภท อนินทรีย์สาร (Inorganic Minerals) โดยที่ธาตุอาหารประเภทอินทรีย์สาร หมายถึง สารอาหารอินทรีย์ที่มีต้นกำเนิดจากสิ่งมีชีวิตและผ่านการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ แหล่งของสารอาหารประเภท

อินทรีย์สารในป่าชายเลนนั้นมีอยู่สองแหล่งใหญ่ๆ คือ แหล่งอาหารจากตัวป่าชายเลนเอง เป็นสารอาหารจำพวกแพลงก์ตอน ไดอะตอม แบคทีเรีย สาหร่าย ที่เกาะตามราก ลำต้นของ พืชในป่าชายเลน ซากสัตว์และสิ่งขับถ่ายของมัน ซึ่งเป็นสารอาหารที่อุดมสมบูรณ์ มีบทบาท สำคัญต่อการดำรงชีวิตในระบบนิเวศอย่างมาก และแหล่งอาหารที่มากนอกป่าชายเลน เป็นสารแขวนลอยที่ไหลมาพร้อมกับน้ำจากรำธาร จากตะกอนชายฝั่งและภูเขาและอื่นๆ ที่น้ำ และที่ลมพัดพามา อินทรีย์สารนั้นมีสองรูป คือ สารแขวนลอยที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 1 ไมโครเมตร และสารแขวนลอยที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร (กนกเรขา สังข์จันทร์, 2552)

2.2.2 พันธุ์ไม้ป่าชายเลน

เอกลักษณ์ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั่วโลก จะเป็นลักษณะที่พันธุ์ไม้แต่ละชนิดขึ้นเป็นแนว เขตที่ค่อนข้างแน่นอนจากบริเวณชายฝั่งจนถึงเข้าไปด้านในป่า ระหว่างระดับน้ำทะเลต่ำสุด ตลอดจนระดับน้ำทะเลสูงสุด พืชแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่ในบริเวณที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไป โดยมีปัจจัยที่ต่างต่างกัน คือ ปัจจัยทางกายภาพและเคมีภาพของดิน ความเค็มของน้ำ การระบายน้ำ และความถี่ของน้ำทะเลท่วมถึง

พันธุ์ไม้ในป่าชายเลน เนื่องด้วยป่าชายเลนเป็นป่าที่มีระบบนิเวศค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ ทำให้พบต้นไม้ขนาดใหญ่ ทั้งไม้ยืนต้น พืชกาฝาก เห็ดรา และสาหร่าย ที่ทนต่อสภาพความเค็ม จากน้ำทะเลได้ดี ซึ่งประเทศไทยพบพันธุ์ไม้ป่าชายเลนประมาณ 74 ชนิด พันธุ์ไม้เด่นส่วนใหญ่ ในป่าชายเลน คือ พืชตระกูลโกงกาง แสม โปรง ถั่ว ลำพู ลำแพนและตะบูน โดยพันธุ์ไม้เหล่านี้ มีความสำคัญต่อสมดุลระบบนิเวศป่าชายเลน โดยสามารถแบ่งเขตของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน ตามระดับน้ำทะเลได้ดังรูปที่ 2

ป่าชายเลนมีลักษณะที่ทำให้แตกต่างกับป่าบกทั่วไปอย่างชัดเจน คือ ลักษณะ การแพร่กระจายพันธุ์ของไม้ที่เป็นลักษณะการแบ่งแนวเขต (Zonation) คือ พันธุ์ไม้แต่ละชนิด จะขึ้นเป็นเขตค่อนข้างชัดเจนและแน่นอน แต่แนวเขตจะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับ ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดิน ความเค็มของน้ำทะเล การท่วมถึงของน้ำ กระแสน้ำ การระบายน้ำ ทั่วไปสามารถแบ่งเขตตามฐานข้อมูลความรู้ทางทะเล (2553) ได้ดังนี้

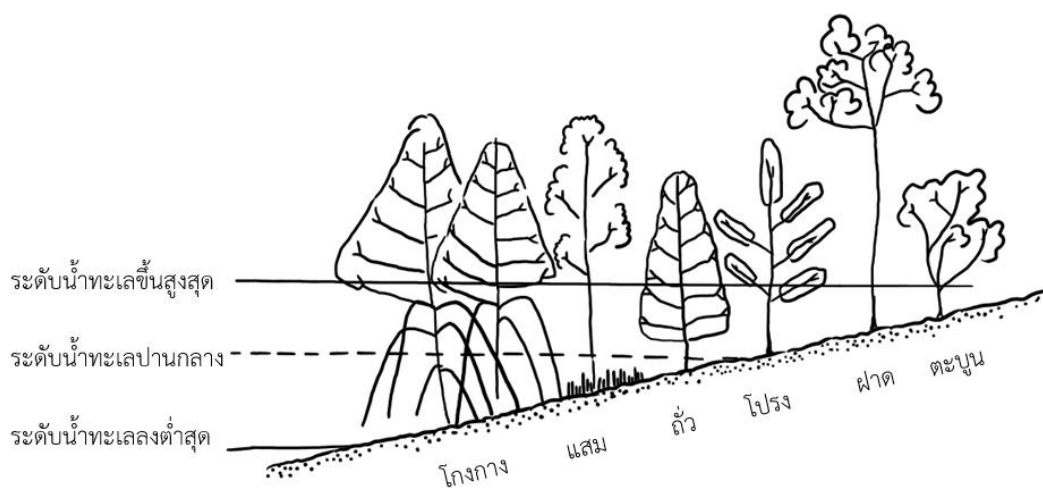
เขตที่ 1 ประกอบด้วยไม้จำพวกลำแพน แสมขาว แสมดำ โกงกางใบเล็ก โกงกาง ใบใหญ่และเล็บมือนาง

เขตที่ 2 ประกอบด้วยไม้จำพวกโกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ แสมดำและ เล็บมือนาง

เขตที่ 3 ประกอบด้วยไม้จำพวกโกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ แสมขาว ตะบูน ขาว และตะบูนดำ

เขตที่ 4 ประกอบด้วยไม้จำพวกโกก่างใบเล็ก แสมขาว แสมดำ ตะบูนขาว ตะบูนดำ ถั่วขาว พังกาหัวสุม และโปรงขาว สอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.] (2555) ที่ได้จัดกลุ่มของพืชในป่าชายเลนที่ชอบเจริญใกล้ทะเลที่สุดไปยังบริเวณรอยต่อของป่าชายเลนและป่าบก จัดตามลำดับได้ดังนี้

ใกล้ทะเล (น้ำเค็ม) ---> โกก่างใบใหญ่ และโกก่างใบเล็ก ----> ต้นแสม ----> ต้นตะบูน ---> ต้นโปรง ต้นฝาด -----> ต้นเสม็ดพบเจริญบริเวณรอยต่อระหว่างป่าชายเลนกับป่าบก



รูปที่ 2 การแบ่งเขตพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน

ที่มา: ดัดแปลงจากฐานข้อมูลความรู้ทางทะเล (2553)

2.2.3 รูปแบบโครงสร้างของป่าชายเลน

พื้นที่ป่าชายเลนที่มากขึ้นเป็นการเพิ่มความซับซ้อนทางโครงสร้างระบบนิเวศป่า มีการพัฒนาและเพิ่มการเจริญเติบโตของพันธุ์พืชจากป่าชายเลนประเภทพุ่มเตี้ย (Dwarf forests) ให้เป็นป่าประเภทบนร่องน้ำ (Riverine) มากขึ้น Twilley (1998) ระบุว่าประเภทป่าชายเลนนั้นมีโครงสร้างแตกต่างกันตามระดับการลาดเอียงของพื้นที่ชายฝั่งอันก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนของพลังงานและสารอาหาร เช่นเดียวกับฐานข้อมูลความรู้ทางทะเล (2553) ที่แบ่งรูปแบบโครงสร้างป่าชายเลนอย่างกว้างๆ 5 แบบ ได้แก่

1) Fringe forests เป็นลักษณะของป่าชายเลนที่อยู่บนชายฝั่งที่มีความลาดชันน้อย ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ชายฝั่งของแผ่นดินใหญ่หรือเกาะใหญ่ๆ มักพบป่าชายเลนประเภทนี้อยู่บริเวณอ่าวเปิด และได้รับอิทธิพลจากคลื่นลมไม่มากนัก หากพบบนเกาะจะอยู่เหนือระดับน้ำทะเลสูงสุดจึงไม่ค่อยมีการท่วมขังของน้ำในป่า

2) Overwash forests เป็นลักษณะป่าชายเลนที่ขึ้นบนที่ราบน้ำทะเลท่วมถึงและได้รับอิทธิพลน้ำขึ้นลงตลอดเวลา

3) Basin forests เป็นลักษณะป่าชายเลนในพื้นที่ต่ำ ส่งผลให้น้ำท่วมและขังอยู่ตลอด พบขึ้นอยู่บนฝั่งติดกับป่าบก สัมผัสกับน้ำจืดน้ำกร่อยนานกว่าป่าชายเลนประเภทอื่น มีพืชอิงอาศัยขึ้นอยู่มาก เช่น กัลยาไม้

4) Riverine forests เป็นลักษณะป่าชายเลนบริเวณบนร่องน้ำ หรือทางน้ำจืดที่ไหลลงสู่ทะเล

5) Dwarf forests เป็นลักษณะป่าชายเลนบริเวณที่มีปัจจัยการเจริญเติบโตจำกัด โดยทั่วไปจะเป็นไม้พุ่มเตี้ย ๆ ประมาณ 2 เมตร พบในบริเวณที่แห้งแล้งกว่าบริเวณอื่นสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3

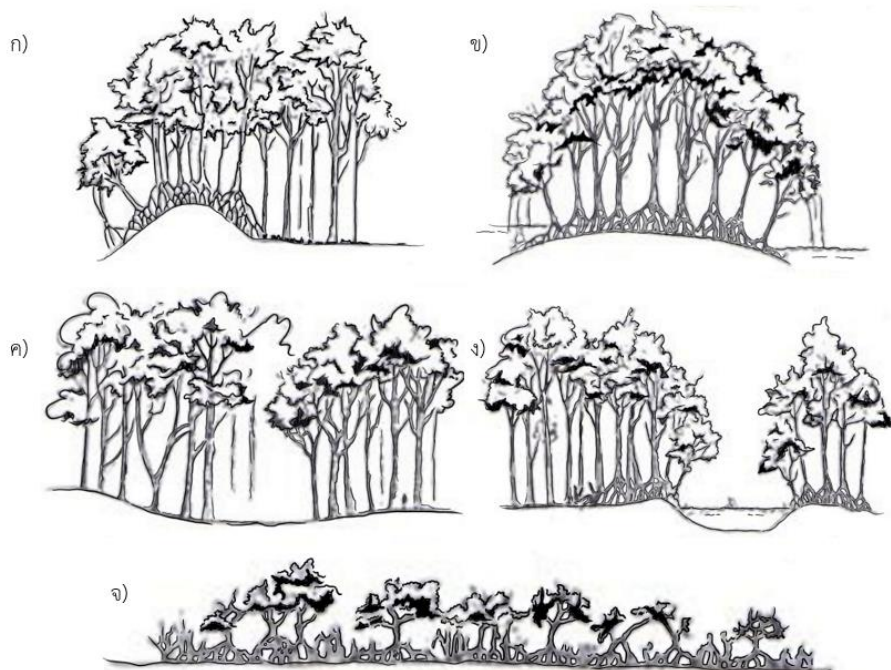
2.2.4 การกระจายพื้นที่ป่าชายเลนของโลก

พื้นที่ป่าชายเลนทั่วโลก มีพื้นที่ประมาณ 95,193,750 ล้านไร่ ป่าชายเลนปกคลุมพื้นที่ในแต่ละทวีปทั่วโลกโดยพื้นที่ป่าชายเลนทั่วโลกแยกตามทวีปดังตารางที่ 1 ส่วนพื้นที่ป่าชายเลนในภูมิภาคอาเซียนมีพื้นที่ประมาณ 31,021,504.31 ไร่ ร้อยละ 29.1 ของพื้นที่ป่าชายเลนทั่วโลก โดยร้อยละ 22 อยู่ในประเทศอินโดนีเซีย การกระจายตัวของป่าชายเลนในอาเซียนปี พ.ศ. 2552 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 เนื้อที่ป่าชายเลนทั่วโลก

ทวีป	เนื้อที่ (ล้านไร่)
เอเชียและโอเชียเนีย	43,937,500
อเมริกา	26,506,250
แอฟริกา	19,750,000

ที่มา: ดัดแปลงจาก สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (2556)



- ก) Fringe forests ข) Ovewash forests
 ค) Basin forests ง) Riverine forests
 จ) Dwarf forests

รูปที่ 3 รูปแบบโครงสร้างป่าชายเลน 5 ประเภท

ที่มา: ดัดแปลงจากฐานข้อมูลความรู้ทางทะเล (2553)

ตารางที่ 2 เนื้อที่ป่าชายเลนของประเทศอาเซียน ปี พ.ศ. 2552

ทวีป	เนื้อที่ (ไร่)
อินโดนีเซีย	19,456,181.25
มาเลเซีย	3,158,662.50
ฟิลิปปินส์	1,644,606.25
ไทย	1,525,060.56
พม่า	3,091,150.00
เวียดนาม	1,562,500.00
กัมพูชา	455,218.75
บรูไน	125,000.00
สิงคโปร์	3,125.00

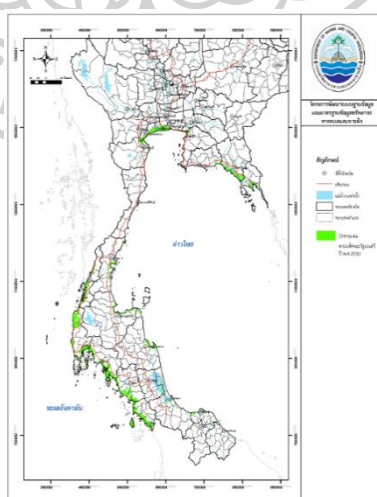
ที่มา: ดัดแปลงจากสำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (2556)

2.2.5 ป่าชายเลนในประเทศไทย

ป่าชายเลนชายฝั่งทะเลอันดามันและอ่าวไทยพื้นที่รวมกันมากกว่า 26,000 กิโลเมตร โดยชายฝั่งทะเลอันดามันมีลักษณะเป็นมหาสมุทรน้ำลึก พบแนวหินและปะการัง ป่าชายเลนหนาแน่นริมชายฝั่ง ส่วนฝั่งอ่าวไทยมีลักษณะดินเฉลี่ย 45 เมตร เป็นการอยู่ร่วมกันของป่าโกงกาง หาดโคลนและหาดทราย เป็นบริเวณที่มีปลาอาศัยอยู่มาก เนื่องจากมีธาตุอาหารและน้ำจืดไหลมารวมกันในบริเวณนี้ (Mangrove for the future Secretariat, 2007)

ปี พ.ศ. 2548 ข้อมูลดาวเทียมจากกรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกล่าวว่า พบพื้นที่ป่าชายเลนของประเทศไทยในปี 2543 ประมาณ 1,579,693 ไร่ โดยกระจายอยู่ตลอดแนวชายฝั่งทะเล รวมพื้นที่ 23 จังหวัด ได้แก่ ฉะเชิงเทรา ตราด จันทบุรี ระยอง ชลบุรี สมุทรปราการ สมุทรสงคราม สมุทรสาคร เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร ระนอง นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี ภูเก็ต สงขลา กระบี่ พังงา สตูล พัทลุง ตรัง ปัตตานี และนราธิวาส

ส่วนข้อมูลจากกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งได้ศึกษาฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในโครงการ (2556) ได้แสดงรูปป่าชายเลนในประเทศไทยที่มีการกระจายตัวริมฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงใต้ตั้งแต่จังหวัดตราดตลอดจนถึงจังหวัดฉะเชิงเทรา ริมชายฝั่งภาคกลางตั้งแต่จังหวัดสมุทรสาครถึงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตลอดริมชายฝั่งอ่าวไทยจนสุดชายแดนประเทศไทย-มาเลเซียที่จังหวัดนราธิวาส และฝั่งทะเลอันดามันเริ่มตั้งแต่จังหวัดระนองจนถึงจังหวัดสตูล (รูปที่ 4)



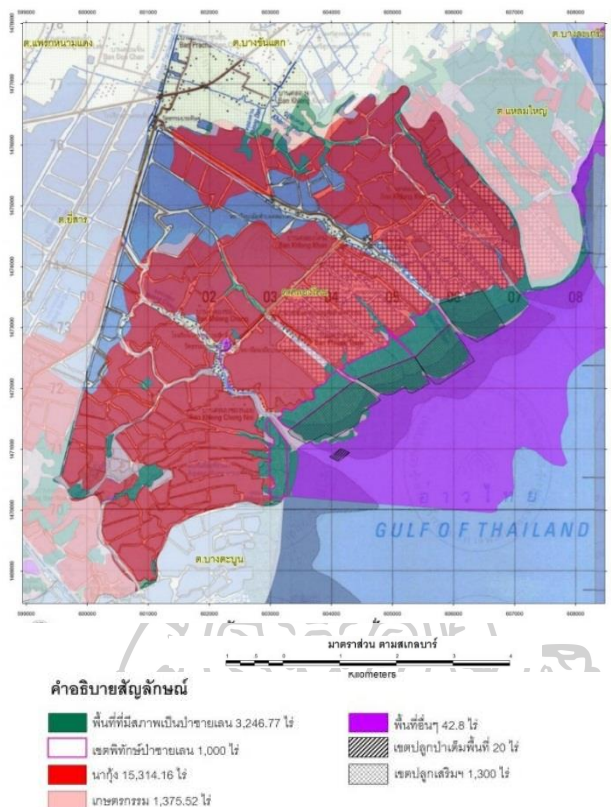
รูปที่ 4 เขตป่าชายเลนตามมติคณะรัฐมนตรี ปี พ.ศ.2530
ที่มา: ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในโครงการ (2556)

อำเภอเมืองสมุทรสงครามมีตำบลที่มีพื้นที่ป่าชายเลนตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2530 22 สิงหาคม 2543 และ 17 ตุลาคม 2543 จำนวน 52,655.59 ไร่ โดยพื้นที่ที่มีสภาพเป็นป่าชายเลนจำนวน 7,986.25 ไร่ โดยตำบลคลองโคนมีพื้นที่ป่าตามมติ ครม. 19,979.25 ไร่ เป็นพื้นที่ที่มีสภาพเป็นป่าชายเลน 3,246.77 ไร่ รูปที่ 5 แสดงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน ปี พ.ศ.2552 ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม

2.2.6 น้ำในป่าชายเลน

ป่าชายเลนเป็นป่ารอยต่อระหว่างป่าบกและป่าทะเล มีน้ำทะเลท่วมถึงในระยะเวลาที่แตกต่างกันขึ้นกับพื้นที่ของป่าชายเลนเหล่านั้น นั้นหมายความว่า น้ำในป่าชายเลนต้องมีความเค็มเทียบเท่าหรือน้อยกว่าน้ำทะเล หรือมีความเค็มมากกว่าน้ำจืด ทำให้พืชในบริเวณป่าชายเลนต้องมีการปรับตัวเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ การขึ้นลงของน้ำในป่าชายเลนจะเป็นตัวกำหนดชนิดของพืช สัตว์ที่อาศัยในป่าชายเลน โดยในช่วงเวลาที่น้ำขึ้น พื้นดินในป่าชายเลนจะถูกน้ำทะเลท่วม และในขณะที่น้ำทะเลลงพื้นดินก็จะกลับมาแห้งอีกครั้ง ซึ่งระดับน้ำขึ้นน้ำลงจะมีผลต่อปริมาณออกซิเจน และความเค็มของดิน ดังนั้น สิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ต้องสามารถปรับตัวให้อยู่ในสภาวะดังกล่าวได้

น้ำที่อยู่ในป่าชายเลนได้รับอิทธิพลความเค็มมาจากน้ำทะเล ความเค็ม หมายถึงปริมาณเกลือแร่ของสารต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ มีหน่วยวัด คือ น้ำหนักเป็นกรัมของสารดังกล่าวต่อกิโลกรัมของน้ำ หรือ เรียกว่า ส่วนในพันส่วน (พีพีที หรือ part per thousand) การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเลในป่าชายเลนจะขึ้นกับระดับน้ำขึ้นและน้ำลง ฤดูกาล หรือช่วงเวลาที่น้ำจืดและน้ำทะเลมีการผสมปนเปกัน โดยอาจจะมีค่าความเค็มเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 0-33 พีพีที ในขณะที่น้ำเค็มในทะเลหรือมหาสมุทรจะมีความเค็มเฉลี่ยอยู่ที่ 35 พีพีที



รูปที่ 5 แผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดิน ตำบลคลองโคกนาค อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม
ที่มา: ดัดแปลงจากศูนย์วิจัยป่าไม้ (2553)

2.3 คาร์บอนกับป่าชายเลน

ดังที่กล่าวมาข้างต้นว่าป่าไม้เป็นแหล่งดูดซับคาร์บอนที่สำคัญ ทั้งในดินและในพืช ปริมาณรวมกันมากกว่าคาร์บอนในบรรยากาศนั้น คาร์บอนจึงมีความสัมพันธ์กับป่า โดยแหล่งสะสมคาร์บอนที่สำคัญของป่าไม้ที่สำคัญ ดังนี้

2.3.1 แหล่งสะสมคาร์บอนของป่าไม้ที่สำคัญ

แหล่งสะสมคาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของระบบนิเวศป่าไม้ โดย Stockdale and Watson (2009) ได้จำแนกเป็น 6 แหล่ง ดังนี้

- 1) มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Living Above-ground Biomass) คือ ทุกส่วนของต้นไม้ที่อยู่เหนือพื้นดิน อันได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ ดอกและผล
- 2) มวลชีวภาพใต้พื้นดิน (Living Below-ground Biomass) คือ ส่วนของต้นไม้ที่อยู่ใต้ดิน อันได้แก่ ราก
- 3) ไม้ตาย (Dead Organic Matter in Wood) อันได้แก่ ต้นไม้ที่ล้มหรือยืนต้นตาย

4) ซากพืช (Dead Organic Matter in Litter) คือ ส่วนต่างๆ ของต้นไม้ที่ร่วง หล่นลงสู่ดิน อันได้แก่ กิ่ง ก้าน ใบ ดอก และผล ของต้นไม้ที่ร่วงหล่น

5) อินทรีย์วัตถุ (Soil Organic Matter)

6) ผลิตภัณฑ์ไม้ (Harvested Wood Product) อันได้แก่ ส่วนของเนื้อไม้ ที่นำไปใช้ประโยชน์ภายหลังการตัดฟัน

ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้ชนิดต่างๆ ซากพืชที่ตายแล้ว (Litter) ได้แก่ กิ่ง ใบ ดอก และผล ตลอดจนรากฝอย และ ยังขึ้นอยู่กับอินทรีย์วัตถุในดินที่ย่อยสลายโดย จุลินทรีย์และปลดปล่อยคาร์บอนกลับสู่บรรยากาศในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เรียกว่า Heterotrophic Respiration คาร์บอนบางส่วนจะถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้าง ซับซ้อนที่เอมไซม์ที่หลังจากจุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ เช่น สารประกอบฮิวมัส (Humus) ซึ่งเป็นสารประกอบที่เสถียรและมักอยู่ในรูปของคาร์บอนสะสมสุดท้ายที่อยู่ในดิน (สาพิศ ดิลกสัมพันธ์, 2550) ทั้งนี้ อาจจะมีการหมุนเวียนหรือแลกเปลี่ยนคาร์บอนระหว่าง แหล่งสะสมคาร์บอนต่างๆ ป่าไม้ที่มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าการดูดซับ เรียกว่า แหล่งปลดปล่อยคาร์บอน (Carbon Source) แต่ทั่วไปป่าทุติยภูมิหรือป่าที่มีต้นไม้ กำลังเติบโตจะมีการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากกว่าการปลดปล่อย จึงสามารถเรียก ป่าไม้ว่า แหล่งกักเก็บคาร์บอน (Carbon Sink) ที่มีศักยภาพสูง (ดาวรุ่ง ทับทิม และทรวงศ์ แสงเทียน, ม.ป.ป.) พันธุ์ไม้ชายเลนแต่ละชนิดมีปริมาณคาร์บอนสะสมในลำต้น กิ่งและใบ ค่อนข้างใกล้เคียงกัน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 46.61 ของน้ำหนักแห้ง (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือน กระจก, 2554) สอดคล้องกับสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดสมุทรสาคร (2557) ที่กล่าวว่า ต้นไม้ป่าชายเลนทุกต้นจะดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทุกวันและนำไป สะสมในลำต้น กิ่ง ใบ และราก เมื่อตายลง เศษซากจะทับถมกันจมลงใต้โคลนเลนและย่อย สลายโดยจุลินทรีย์อย่างช้าๆ ภายใต้อากาศไร้ออกซิเจนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนใหญ่จึงถูก เก็บในสภาพนั้นอีกนาน โดยน้ำหนักแห้งของพืชป่าชายเลน 100 กรัมจะพบคาร์บอนประมาณ 46 กรัม โดยเฉลี่ยทุกส่วนของต้นไม้ ทั้งกิ่ง ราก ลำต้น และใบ จะกักเก็บคาร์บอนไว้ในปริมาณ เท่าๆ กัน

ป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศที่ครอบคลุมพื้นที่แนวชายฝั่งทะเลเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนที่มี น้ำท่วมถึงบ่อยครั้ง มีการผสมระหว่างน้ำจืดและน้ำเค็มรวมเป็นน้ำกร่อย มีความอุดมสมบูรณ์ ทำให้มีการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตตลอดทั้งปี ป่าชายเลนส่งผลต่อโครงสร้างและหน้าที่ของ พื้นที่ชุ่มน้ำชายฝั่ง เป็นทั้งระบบนิเวศที่รักษาเสถียรภาพ และส่งเสริมความหลากหลายทาง ชีวภาพ ป่าชายเลนยังเป็นหนึ่งในระบบนิเวศที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเนื่องจากเป็นแหล่ง กักเก็บคาร์บอนที่สำคัญ เฉลี่ยทั่วโลกประมาณ $218 \pm 72 \times 10^9$ กิโลกรัมคาร์บอนต่อปี

ทั้งนี้เนื่องมาจากการขึ้นลงของน้ำจะเพิ่มการสะสมตะกอนที่อุดมไปด้วยคาร์บอนอีกทั้งโกงกาง เช่น โกงกางแดง โกงกางใบใหญ่ จะมีระบบรากที่มีประสิทธิภาพช่วยในการกักเก็บตะกอน ในขณะเดียวกันนั้นป่าชายเลนก็มีการปลดปล่อยคาร์บอนกลับคืนสู่บรรยากาศ 133×10^9 กิโลกรัมคาร์บอนต่อปี (Stringer, Trettin, Zarnoch, & Tang, 2015)

แม้ว่าป่าชายเลนจะคิดเป็นเพียงร้อยละ 2 ของพื้นที่ชายฝั่งทั้งหมด แต่การกักเก็บคาร์บอนป่าชายเลนเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญ (Fuentes and Barr, 2015 อ้างจาก Jose and Jordan, 2015) วัฏจักรคาร์บอนในระบบนิเวศป่าชายเลน ที่ประกอบด้วยน้ำกร่อย (tidal brackish) บึงน้ำจืด (Freshwater marshes) ป่าชายเลน (Mangrove forests) บึงน้ำเค็ม (Saltwater marshes) พุ่มหญ้าทะเล (Seagrass meadows) เป็นบริเวณปากแม่น้ำและชายฝั่งมหาสมุทร โดยที่ระบบนิเวศป่าชายเลนเป็นหัวใจสำคัญของระบบชีวธรณีเคมี การหมุนเวียนทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนคาร์บอนในป่าชายเลนและบึงน้ำเค็ม

พันธุ์ไม้ป่าชายเลน ได้แก่ โกงกางใบเล็กและโกงกางใบใหญ่ จะมีอัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างต่ำในช่วงแรกและเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น อัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพใต้พื้นดินและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของป่าชายเลนมีการแปรผันตามสังคมพืช อัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพใต้พื้นดินต่อมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสังคมไม้สกุลโกงกาง (*Rhizophora* Zone) มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.38-0.58 ในการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมของพรรณไม้ป่าชายเลนนิยมใช้ค่าเฉลี่ยของสังคมไม้โกงกางเท่ากับ 0.48 เมื่อคำนวณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมของโกงกางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.75 ตันต่อไร่ต่อปี หรือคิดเป็นอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 2.75 ตันต่อไร่ต่อปี (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2554) เช่นเดียวกับสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดสมุทรสาคร (2557) ที่กล่าวว่าพันธุ์ไม้ป่าชายเลนสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 800-900 กิโลกรัมต่อตันต่อปี มากกว่าป่าบกทั่วไปที่ดูดซับได้เพียง 80-90 กิโลกรัมต่อตันต่อปีถึง 10 เท่าโดยประมาณ

2.4 คุณสมบัติดินชายเลนที่เกี่ยวข้องกับการกักเก็บคาร์บอน

2.4.1 เนื้อดิน

เนื้อดิน ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของสัดส่วนอนุภาคทราย อนุภาคทรายแป้ง และอนุภาคดินเหนียว สามารถแบ่งเนื้อดินได้ทั้งหมด 12 ชนิด เนื้อดินนั้นเป็นตัว บ่งบอกองค์ประกอบดินว่าคุณสมบัติดินนั้นได้รับอิทธิพลมาจากอนุภาคทราย ทรายแป้ง หรืออนุภาคดินเหนียว อย่างเช่น คุณสมบัติของเนื้อดินร่วน (Loamy) จะได้รับอิทธิพลมาจากอนุภาคทราย อนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียวในสัดส่วนใกล้เคียงกัน การหาเนื้อดิน ทำได้โดยหาร้อยละอนุภาคทั้งสามจากนั้นนำมาเทียบพิจารณาพร้อมกับสามเหลี่ยมเนื้อดิน เนื้อดินมี

ความสำคัญในการพิจารณาลักษณะดินทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ ดังนั้นเมื่อทราบเนื้อดิน จะสามารถหาข้อสรุปของคุณลักษณะของดินที่สำคัญได้

คุณสมบัติทางกายภาพ เนื้อดินสามารถบ่งบอกคุณสมบัติทางกายภาพของดินหลาย คุณสมบัติ คือ ความพรุน ช่องว่างระหว่างอนุภาค และความจุน้ำ โดยที่เนื้อดินทรายจะมีความสามารถในการแทรกซึมและอัตราการซึมผ่านสูงกว่าอนุภาคดินเหนียว และมีความจุน้ำที่ต่ำกว่า เพราะอนุภาคเนื้อดินทรายมีช่องว่างระหว่างอนุภาคขนาดใหญ่มากกว่าช่องว่างขนาดเล็ก ในทางตรงกันข้ามเนื้อดินร่วนและเนื้อดินเหนียวมีช่องว่างระหว่างอนุภาคขนาดเล็กกว่า แต่อย่างไรก็ตามพื้นที่ผิวภายในรวมของเนื้อดินทรายมีน้อยมากเมื่อเทียบกับเนื้อดินเหนียว แม้ว่าเนื้อดินเหนียวจะมีช่องว่างระหว่างอนุภาคน้อยกว่า แต่ปริมาตรช่องว่างระหว่างอนุภาครวมนั้นมีมากกว่าเนื้อดินทรายมาก และแม้ขนาดอนุภาคดินเหนียวจะน้อยกว่าอนุภาคดินทราย แต่มีพื้นที่ผิวรวมเพิ่มขึ้นแม้ว่าช่องว่างจะมีขนาดเล็กกว่าก็ตาม

คุณสมบัติทางเคมี ปริมาณอนุภาคดินเหนียวที่มีแร่ซิลิเกตเป็นองค์ประกอบนั้น เป็นตัวกำหนดคุณสมบัติดินที่สำคัญ แร่ซิลิเกตจะมีประจุลบที่อนุภาค ทำให้ดินสามารถดูดซับน้ำ ธาตุอาหาร และสารปนเปื้อนบางชนิดได้ (Coyne & Thompson, 2006) ดังนั้น เนื้อดินทรายที่มีอนุภาคดินเหนียวน้อยกว่าเนื้อดินทรายแป้งและเนื้อดินเหนียว จึงมีความสามารถในการดูดซับน้ำธาตุอาหารได้น้อยกว่าเนื้อดินทรายแป้งและเนื้อดินเหนียว

ประจุของดินเหนียวนั้นยังมีความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคอินทรีย์วัตถุ คือ เนื้อดินเหนียวและเนื้อดินทรายแป้งมีแนวโน้มพบปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่าเนื้อดินทรายอีกทั้งประจุของอนุภาคดินเหนียวนั้นมีคุณสมบัติต้านทานการเปลี่ยนแปลงเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนในระบบ (pH) ในเนื้อดินทรายแป้งและดินเหนียวจึงต้องการความเป็นด่างในการเพิ่มค่าความเป็นกรด-ต่างมาก

คุณสมบัติทางชีวภาพ อนุภาคดินเหนียวมีพื้นที่ผิวขนาดใหญ่ ทำให้มีพื้นที่ให้จุลินทรีย์สามารถเข้ามาเกาะและอยู่อาศัย โดยเฉพาะในดินที่มีธาตุอาหารและปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์สามารถดำรงชีวิตได้ เป็นเหตุผลให้เนื้อดินเหนียวและดินทรายแป้งมีแนวโน้มพบจุลินทรีย์มากกว่าดินทราย (Coyne & Thompson, 2006)

2.4.2 อินทรีย์วัตถุในดิน

อินทรีย์วัตถุในดิน (Soil organic matter) หมายถึง อินทรีย์สาร (Organic matter) หรือสารประกอบอินทรีย์ทุกชนิดที่มีอยู่ในดิน มีต้นกำเนิดมาจากพืช ซากสัตว์จุลินทรีย์ และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่ทับถมกันอยู่บนดิน รวมทั้งอินทรีย์สารที่รากพืชปลดปล่อยมาทางรากและจุลินทรีย์สร้างขึ้นมา อินทรีย์วัตถุในดินประกอบด้วย สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน สารประกอบอินทรีย์กำมะถัน สารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัส คาร์โบไฮเดรต กรดอินทรีย์

เอมไซม์ และฮิวมีส (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2541) ปริมาณสารอินทรีย์ที่อยู่ในดิน อันประกอบด้วย ราก สัตว์และจุลินทรีย์ หรืออาจหมายถึงสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในดิน สิ่งตกค้าง จากเศษพืชและฮิวมีส อัตราที่พบโดยประมาณดังตารางที่ 3 อินทรีย์วัตถุมีความสำคัญในการทำให้ดินคงตัว ช่วยเพิ่มช่องว่างระหว่างเม็ดดินและความพรุนแต่จะลดความหนาแน่นของดินลง (Coyne & Thompson, 2006) สารอินทรีย์มีปริมาณร้อยละ 0.5-5 ในดินโดยทั่วไป ซึ่งมีอิทธิพลอย่างมากในดินต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน (Troeh & Thompson, 2005)

ตารางที่ 3 ปริมาณวัตถุอินทรีย์ที่อยู่ในดิน

รูปสารอินทรีย์	ปริมาณ (กก./ตร.ม.)	ร้อยละ
รากพืช	1.68	8.4
สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก	0.183	1.0
สิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว	0.448	2.2
มวลจุลินทรีย์	0.801	4.0
ฮิวมีส	16.80	84.4

ที่มา: Coyne and Thompson (2006)

2.4.3 ความหนาแน่นของดิน

ความหนาแน่นของดิน หมายถึง มวลของดินแห้งต่อปริมาตรรวมของส่วนที่เป็นของแข็งของดิน เป็นตัวบ่งชี้ระดับการอัดตัวของอนุภาคดิน ดินที่มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นดินที่มีการอัดตัวแน่นทำให้รากพืชงอกขึ้นได้ลำบาก เจริญเติบโตได้ไม่สมบูรณ์ ดินหยาบจะมีค่าความหนาแน่นรวมเท่ากับ 1.20-1.80 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และดินละเอียดจะมีค่าความหนาแน่นรวมของดินเท่ากับ 1.00-1.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

2.5 ดินป่าชายเลนและดินจังหวัดสมุทรสงคราม

2.5.1 ดินในป่าชายเลน

ดินชายเลนทั่วไปจะพบบริเวณชายฝั่งและปากแม่น้ำเกิดจากการพัดพาตะกอนมาสะสมบริเวณชายฝั่งหรือแม่น้ำ จากการกัดเซาะชายฝั่งแม่น้ำหรือการพังทลายของดินบนภูเขาที่ไหลมาตามแม่น้ำ ลำคลองและการตกตะกอนสารแขวนลอยในน้ำ (สนธิ อักษรแก้ว, 2542)

ซึ่งลักษณะตะกอนนั้นจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของตะกอนนั้นๆ เป็นสำคัญ สามารถเป็นได้ทั้งตะกอนทรายที่เกิดเป็นดินบริเวณป่าชายเลนและตะกอนดินละเอียดที่เกิดจากโคลนปากแม่น้ำ ซึ่งส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและพันธุ์พืชบริเวณนั้น รวมถึงปริมาณธาตุอาหารในดินชายเลน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2555) เช่นเดียวกับ กนกเรขา สังข์จันทร์ (2552) ได้สรุปใจความสำคัญไว้ว่า ดินป่าชายเลนนั้นเป็นดินที่เกิดจากการทับถมของตะกอนที่ไหลมากับน้ำจากแหล่งต่างๆ และจากการตกตะกอนของสารแขวนลอยในมวลน้ำ ตลอดจนจากการสลายตัวของสารอินทรีย์ตามระยะเวลาที่ทับถมที่แตกต่างกัน ป่าชายเลนที่ได้รับอิทธิพลจากหินปูนที่เป็นวัตถุดิบกำเนิดดิน เช่น หินดินดาน และหินควอร์ตไซต์ จะมีความอุดมสมบูรณ์ของพันธุ์ไม้ ส่วนป่าชายเลนที่มีวัตถุดิบกำเนิดดินมาจากดินทรายจะมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินชายเลนในประเทศนับว่าเป็นดินที่มีการพัฒนาชั้นดินน้อย (กนกเรขา สังข์จันทร์, 2552 อ้างจาก ชินวัฒน์ พวงยอด, 2549) เนื่องจากมีการท่วมขังของน้ำตลอดเวลา เป็นดินใหม่อายุน้อยมีการสะสมสารต่างๆ มากกว่าการปลดปล่อย และมีการเคลื่อนย้ายสารต่ำ มีการระบายน้ำเร็ว ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้อย มีสารละลายเกลืออยู่มาก เมื่อมีการระบายน้ำออกดินจะมีความเป็นกรดต่างค่อนข้างมาก เนื่องจากในดินมีกำมะถันเมื่อเจอกับอากาศจะถูกออกซิไดซ์อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดกรดซัลฟูริกที่ส่งผลให้ดินมีสภาพเป็นกรดจัด ค่าความเป็นกรดต่างต่ำกว่า 3.5 (กนกเรขา สังข์จันทร์, 2552)

กนกเรขา สังข์จันทร์ (2552) ได้อ้างถึงการศึกษาของ Aksornkoae, Wattayakorn and Kaitpraneet (1978) ถึงลักษณะดินชายเลนว่าลักษณะของดินเชิงคุณภาพและเคมีภาพจะแตกต่างกันตามเขตพันธุ์ไม้ และตามดินที่อยู่บริเวณข้างเคียงด้วย

ปริมาณธาตุอาหารในดินของป่าชายเลนก็จะมีลักษณะแตกต่างกันไปขึ้นกับแหล่งของตะกอนที่ถูกพัดมาสะสมกัน และปริมาณน้ำทะเลที่ท่วมถึงและระยะเวลาที่ท่วมตามระดับน้ำขึ้นน้ำลงก็จะเป็นตัวกำหนดชนิดของพืชในป่าชายเลนด้วย จะพบว่าบริเวณที่มีน้ำท่วมตลอดเวลาต้นโกงกางใบใหญ่จะสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะเช่นนี้ ในขณะที่บริเวณที่มีน้ำทะเลท่วมเฉพาะตอนที่น้ำทะเลขึ้นสูงในระดับกลาง (มีช่วงเวลาที่น้ำทะเลท่วมไม่ถึงด้วย) ก็จะมีต้นแสมขาว แสมทะเล ลำพู โกงกางใบใหญ่ เป็นต้น

ดินชายเลนทั่วไปริมชายฝั่งอ่าวไทยจากทั้งหมด 19 จังหวัด ได้แก่ กระบี่ นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี สตูล พังงา ภูเก็ต ตรัง ระนอง ชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี สมุทรสงคราม สมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ฉะเชิงเทรา และตราด พบว่าดินชายเลนจัดเป็นดินชั้นเกิดใหม่ ไม่สามารถแบ่งชั้นดินได้ชัดเจน ชั้นดินส่วนใหญ่ประกอบด้วยดินชั้นเอ มีระดับน้ำใต้ดินสูงประมาณ 40-60 เซนติเมตร เนื้อดินเป็น

เนื้อดินเหนียว อนุภาคดินละเอียดถึงละเอียดมากและพบจุดปะสีน้ำตาลแดงของสนิทเหล็ก สีของดินชายเลนมีหลากหลายตั้งแต่สีเทาตลอดจนสีน้ำตาลเข้มเนื่องจากเป็นดินที่เกิดจากตะกอนที่ถูกพัดพามาสะสมจากหลายที่มีกลิ่นซากพืช ซากสัตว์ บางจุดมีกลิ่นเปรี้ยวของกรดและกลิ่นเหม็นของกำมะถัน ความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียง 7 คือ มีสภาพค่อนข้างเป็นกลาง ปริมาณธาตุอาหารหลักที่พบ ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สัดส่วนคาร์บอนและไนโตรเจนค่อนข้างแปรผันในช่วงกว้างแต่ยังอยู่ในระดับที่มีไนโตรเจนค่อนข้างสูง ในทางกลับกันนั้นกลับพบปริมาณฟอสฟอรัสในระดับต่ำ ทั้งอาจมาจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงที่เคลื่อนย้ายอินทรียสารออกจากพื้นที่ (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, ม.ป.ป.)

2.5.2 ลักษณะดินภาคกลางของประเทศไทย

ภาคกลางของประเทศไทยเป็นภาคที่พื้นดินส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินมากกว่าดินของภาคอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งดินใกล้ชายฝั่งทะเล กลุ่มชุดดินที่พบมากในภาคกลาง คือกลุ่มดินที่อยู่บริเวณน้ำท่วมถึง อันได้แก่ ชุดดิน Hydraquents เช่น ชุดดินท่าจีน ชุดดิน Sulfaquents เช่น ชุดดินบางปะกง กลุ่มดินประเภทนี้จัดอยู่ในเกณฑ์สูงแต่กลับมีปัญหาในเรื่องการเพาะปลูก เนื่องจากมีปัญหาในด้านคุณสมบัติทางกายภาพของดินคือ เป็นดินเค็ม โดยเฉพาะดินกลุ่ม Sulfaquents ที่เมื่อดินแห้งจะมีความเป็นกรดจัด เพราะมีสารประกอบจำพวกไพไรท์สูง (นวลศรี กาญจนกุล, สุวรรณีย์ ภูธรราช และ ขนิษฐศรี ชุ่มตระกูล, 2543)

2.5.3 จังหวัดสมุทรสงครามและลักษณะทั่วไปของดินในจังหวัด

จังหวัดสมุทรสงครามเป็นหนึ่งในจังหวัดภาคกลางของประเทศไทย ตั้งอยู่ติดกับฝั่งทะเลด้านตะวันตกของอ่าวไทย แบ่งตามเขตการปกครองได้ 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอบางคนที และอำเภออัมพวา มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ดังนี้

ทิศเหนือ	ติดกับอำเภอดำเนินสะดวกและอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี
ทิศใต้	ติดกับอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี
ทิศตะวันออก	ติดกับอ่าวไทย
ทิศตะวันตก	ติดกับอำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรีและอำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี

ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่ม มีป่าชายเลน ทำสวนและนา มีแม่น้ำแม่กลองไหลผ่านตอนกลางของจังหวัด ทิศตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดสมุทรสงคราม เป็นพื้นที่ลุ่มที่สุดขนานไปกับชายฝั่งทะเล ส่วนใหญ่ของพื้นที่เป็นป่าชายเลนและทำนาทุ่ง มีน้ำท่วมถึงอยู่เป็นประจำ

ทำให้พื้นที่ชายฝั่งได้รับอิทธิพลทั้งจากน้ำทะเลและน้ำจืดตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ดังนั้นดินในบริเวณนี้จึงมีต้นกำเนิดจากการทับถมของตะกอนน้ำทะเลและตะกอนแม่น้ำ

ดินจังหวัดสมุทรสงครามเป็นดินชุดท่าจีน เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง แต่มีน้ำท่วมถึงและระดับน้ำใต้ดินขึ้นสูงถึงหน้าดินเกือบตลอดทั้งปีทำให้ดินเค็มและไม่สามารถเพาะปลูกพืชได้ ผลการสำรวจดินปี พ.ศ. 2525 พบว่าการระบายน้ำไม่ดีเพราะมีระดับน้ำใต้ดินขึ้นมาสูงใกล้ผิวหน้าดินเกือบตลอดปี ความสามารถในการอุ้มน้ำสูง แต่น้ำสามารถซึมผ่านได้เร็วทางรูปตามป่าชายเลน ดินชั้นบนลึก 30 เซนติเมตร ลักษณะเป็นเนื้อดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาล ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ที่ 7.0 ดินชั้นล่างลึกตั้งแต่ 30 เซนติเมตรลงไป เป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีพื้นเป็นสีเทา หรือสีเทาปนเขียว มีค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 7.5-8.5 (วิสุจน์ จินดา และคณะ, 2525) ในปี พ.ศ. 2542 บริเวณปากแม่น้ำแม่กลองพบสัดส่วนคุณภาพดินปากแม่น้ำมีอนุภาคดินทรายค่อนข้างสูง ในช่วงร้อยละ 82-85 และพบอนุภาคดินทรายแป้งและดินเหนียวค่อนข้างต่ำ และมีความใกล้เคียงกัน ในขณะที่บริเวณหาดติดป่าชายเลน ตำบลบ้านคลองโคนมีค่าความเป็นกรดต่างระหว่างเป็นกรดเล็กน้อยจนถึงเป็นด่างปานกลางในช่วง 6.61-8.50 ปริมาณอินทรีย์วัตถุระดับปานกลางที่ร้อยละ 2 (ณัฐวรรธน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ 2549) และในปี พ.ศ. 2548-2549 คุณลักษณะดินในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน ดังตารางที่ 5

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนที่สนใจ

ปัจจัยที่ทำให้การกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนมีการกักเก็บคาร์บอนแตกต่างจากดินทั่วไปมาจากสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อลักษณะดินแตกต่างกับดินทั่วไป โดยมีปัจจัยหลัก ได้แก่ อุณหภูมิในป่าชายเลนที่ค่อนข้างสูงกว่าพื้นที่ภายนอกป่า ความเค็มจากน้ำทะเลที่ขึ้นมาสัมผัสกับดินและท่วมขังในบางช่วงเวลา และการทับถมพันธุ์ไม้ทนเค็มของป่าชายเลน

2.6.1 อุณหภูมิ

การกำหนดเกณฑ์ในการจำแนกภูมิอากาศโลกโดยอาศัยอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนและปริมาณหยาดน้ำฟ้า (ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์, 2543) รายละเอียดดังตารางที่ 4

ภูมิอากาศแถบร้อนชื้น ใกล้เส้นศูนย์สูตรแบ่งเป็นแบบสะวันนา ป่าฝนเขตร้อนและแบบทุ่งหญ้า โดยภูมิอากาศที่เหมาะสมสำหรับป่าชายเลนคือ ภูมิอากาศแถบร้อนชื้น ใกล้เส้นศูนย์สูตรแบบสะวันนา และป่าฝนเขตร้อน โดยภูมิอากาศแบบสะวันนา เป็นเขตต่อระหว่างป่าฝนเขตร้อนและระบบนิเวศทะเลทราย มีฝนตกไม่มาก อยู่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรด้านบนเขตป่าฝนเขตร้อน มีอุณหภูมิอบอุ่นตลอดทั้งปี มีสองฤดูกาล ได้แก่ ฤดูแล้ง และฤดูฝน อุณหภูมิเฉลี่ย 21 องศาเซลเซียส ส่วนภูมิอากาศป่าฝนเขตร้อนเป็นพื้นที่ป่าต้นไม้สูง อากาศ

อบอุ่นตลอดทั้งปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 125-660 เซนติเมตร ฝนตกเป็นประจำทุกปี สภาพอากาศเปียกชื้น อุณหภูมิประมาณ 20-34 องศาเซลเซียส

ป่าชายเลนพบในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดคือ 20 เซลเซียส ป่าชายเลนสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่รุนแรงได้ แต่ป่าชายเลนไม่ชอบสภาพอากาศที่หนาวเย็น โดยจะไม่พบป่าชายเลนในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีต่ำกว่า 19 องศาเซลเซียสและพืชป่าชายเลนยังไม่สามารถเจริญเติบโตได้ หากมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมากกว่า 10 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิไม่ควรเกิน 5 องศาเซลเซียส และพืชป่าชายเลนไม่ทนต่อการแช่แข็ง (Hogarth, 1999 อ้างจาก Pinet, 1998)

ตารางที่ 4 การแบ่งภูมิอากาศตามเกณฑ์ของวลาดิเมียร์ เคิปเปน

ประเภท	ลักษณะ
A: ภูมิอากาศแถบร้อนชื้น ไกลเส้นศูนย์สูตร	ภูมิอากาศร้อนชื้นแถบเส้นศูนย์สูตร อุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า 18 องศาเซลเซียส กลางวันอุณหภูมิเฉลี่ย 32 องศาเซลเซียส กลางคืนอุณหภูมิเฉลี่ย 22 องศาเซลเซียส กลางวันกลางคืน อุณหภูมิไม่แตกต่างกันมาก
B: ภูมิอากาศแห้ง	ภูมิอากาศแห้งแล้ง ฝนตกน้อย กลางวันมีอุณหภูมิสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส อาจสูงถึง 50 องศาเซลเซียสในฤดูร้อน และกลางคืนมีอุณหภูมิต่ำถึง -15 องศาเซลเซียสในฤดูหนาว จะเห็นได้ว่ากลางวันและกลางคืนอุณหภูมิแตกต่างกันมาก
C: ภูมิอากาศอบอุ่นชื้น แถบละติจูดกลาง	ภูมิอากาศอบอุ่น ฤดูร้อนมีอากาศอบอุ่น ฤดูหนาวไม่หนาวมาก อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนที่หนาวที่สุดอยู่ในช่วง 18 ถึง -3 องศาเซลเซียส
D: ภูมิอากาศชื้นภาคพื้นทวีป	ภูมิอากาศหนาวเย็น อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนที่อบอุ่นที่สุดมากกว่า 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิเฉลี่ยหนาวที่สุดจะต่ำกว่า -3 องศาเซลเซียส
E: ภูมิอากาศขั้วโลก	ภูมิอากาศขั้วโลก อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนที่อบอุ่นที่สุดต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส

ที่มา: ดัดแปลงจาก ชูพันธ์ ชมภูจันทร์ (2543)

อุณหภูมิน้ำในป่าชายเลน จังหวัดเพชรบุรี อยู่ในช่วง 23.33-31.07 องศาเซลเซียส (พรกมล สิงห์คำ, 2550) อุณหภูมิป่าโกงกางใบใหญ่บริเวณอ่าวทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพร ปี 2523-2552 อุณหภูมิเฉลี่ย 27.5 องศาเซลเซียส (สุรชาติพิทย์ อำนวยสิน, ชนิดา ปาณิชวุฒิ, ศศิธร พ่วงปาน และทनुวงศ์ แสงเทียน, 2553) อุณหภูมิน้ำบริเวณริมชายฝั่งทะเลอันดามัน จังหวัดตรัง มีค่าเท่ากับ 29.01 องศาเซลเซียส ค่าต่ำสุด 21.9 องศาเซลเซียสและค่าสูงสุด 34.00 องศาเซลเซียส (ดำรง โลหะลักษณะเดช, วิกิจ ฝินรับ, ทศนาภา ว่องสนันศิลป์ และสมพร รุ่งกำเนิดวงศ์, 2553) และอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปีของจังหวัดสมุทรสงครามอยู่ที่ 28.1 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย และสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 24.4 และ 32.5 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิมีผลต่อการย่อยสลายเศษซากพืชให้สมบูรณ์ เนื่องจากอุณหภูมิมีสัมพันธ์กับปัจจัยการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ เช่น ปริมาณน้ำฝนและความชื้น ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย่อยสลายเศษซากพืช คือ ช่วง 30-35 องศาเซลเซียส และที่มีความชื้นเพียงพอจะทำให้เกิดการย่อยเป็นซากได้เร็วขึ้น จะเห็นได้จากป่าผลัดใบแห้งแล้ง ณ ประเทศอินเดีย ตอนใต้จะพบการร่วงหล่นของใบไม้บนพื้นป่า ไม่เกิดการย่อยสลายนานเป็นปีๆ (Reddy, 1995)



ตารางที่ 5 คุณลักษณะดินชายฝั่งจังหวัดสมุทรสงครามและกลางอ่าวไทย ปี พ.ศ. 2548-2549

คุณลักษณะดิน	ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงเหนือ (ฤดูแล้ง)				ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ (ฤดูฝน)			
	ชายฝั่ง	ห่างจากฝั่ง	กลางอ่าวไทย	ชายฝั่ง	ชายฝั่ง	ห่างจากฝั่ง	กลางอ่าวไทย	ชายฝั่ง
ความเค็มของน้ำ (พีพีที)	30.04	32.83	32.80	15.86	32.82	32.82	n.d.	n.d.
ความเค็มของดิน (พีพีที)	27.2	29.5	28.4	13.15	19.08	19.08	n.d.	n.d.
ความเป็นกรด-ด่าง	8.05	8.40	8.16	n.d.	-	-	n.d.	n.d.
ร้อยละอนุภาคดินทราย	72.40	68.58	82.22	71.54	64.60	64.60	n.d.	n.d.
ร้อยละอนุภาคดินแป้ง	7.04	4.72	3.36	19.64	24.85	24.85	n.d.	n.d.
ร้อยละอนุภาคดินเหนียว	20.56	26.70	14.42	8.82	10.55	10.55	n.d.	n.d.
ลักษณะเนื้อดิน	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนปนทราย	ดินทรายปนดินร่วน	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนปนทราย	n.d.	n.d.
	ดินทรายปนร่วน	ดินร่วนปนทราย	ดินทรายปนดินร่วน	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนปนทราย	n.d.	n.d.
ร้อยละอินทรีย์วัตถุ	5.98	5.85	3.64	5.74	4.76	4.76	n.d.	n.d.
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มก/ล)	0.0497	0.0087	0.0105	0.0442	0.0293	0.0293	n.d.	n.d.
ไนเตรท-ไนโตรเจน (มก/ล)	0.0021	0.0048	0.0083	0.0151	0.0068	0.0068	n.d.	n.d.
ไนเตรท-ไนโตรเจน (มก/ล)	0.0292	0.0118	0.0017	0.01020	0.0030	0.0030	n.d.	n.d.
อัตราส่วน N:P	3.05	11.23	18.37	4.86	3.26	3.26	n.d.	n.d.

หมายเหตุ n.d. หมายถึง ไม่มีข้อมูล

2.6.2 ความเค็มของน้ำทะเล

ความเค็มของน้ำทะเลจะขึ้นกับระยะทางจากปากแม่น้ำและจากชายฝั่งทะเล โดยพบความเค็มจะต่ำสุดบริเวณใกล้ชายฝั่งระหว่างปากแม่น้ำ และพบความเค็มสูงสุดบริเวณที่ใกล้ปากแม่น้ำ แสดงว่ามีปริมาณน้ำจืดไหลลงสู่ทะเลค่อนข้างน้อย ทำให้น้ำชายฝั่งมีค่าความเค็มค่อนข้างสูง ส่วนความลึกนั้นไม่มีอิทธิพลต่อความเค็มมากนัก เนื่องจากกระแสน้ำจากลมและน้ำขึ้นน้ำลงทำให้น้ำผสมกันดีตลอดคอลัมน์น้ำ ทำให้ความเค็มของน้ำที่ผิวน้ำและน้ำใกล้ท้องน้ำมีค่าความเค็มใกล้เคียงกัน แต่ความเค็มใกล้ท้องน้ำมีแนวโน้มต่ำกว่าน้ำในระดับอื่นๆ เนื่องจากมีน้ำใต้ดินซึมออกมา

ส่วนความเค็มของน้ำในดินนั้นแปรผันตามความเค็มของน้ำทะเลที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงฤดูมรสุมและการมีน้ำจืดที่ไหลเข้ามาเจือจาง (ณัฐวรรัตน์ ปภาสสิทธิ์ และคณะ, 2549) เนื่องจากความเค็มของน้ำและความเค็มของน้ำในดินเป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโต การรอดตาย และการแบ่งเขตการขึ้นของพรรณไม้ในป่าชายเลน โดยป่าชายเลนสามารถเจริญเติบโตได้ดีบริเวณน้ำกร่อยซึ่งมีความเค็มของน้ำและของน้ำในดินระหว่าง 10-30 พีพีที ค่าความเค็มน้ำในป่าชายเลนพื้นที่แหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรีอยู่ในช่วง 24-35 พีพีที (พรกมล สิงห์คำ, 2550) ความเค็มของน้ำในดินบริเวณป่าแสมปลูกทดแทนอายุ 2 ปี จังหวัดสมุทรสาครมีค่าเท่ากับ 15-34 พีพีที ป่าโกงกางปลูกทดแทนอายุ 2 ปี ค่าความเค็มสูงสุดอยู่ที่ 40.13 ± 4.77 พีพีที (ณัฐกิตติ์ โตอ่อน และคณะ, 2553)

ป่าชายเลนที่อยู่ริมทะเลจะได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดน้อย น้ำในป่าชายเลนประเภทนี้ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำทะเล ไม่โกงกางใบใหญ่เป็นพันธุ์ไม้โซนแรกของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน คือ เป็นพันธุ์ไม้ที่ขึ้นชิดกับชายฝั่งทะเล บริเวณไม้ป่าโกงกางจึงเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลความเค็มจากน้ำทะเลมากที่สุด สารประกอบเกลือที่พบได้ทั่วไปในดิน ได้แก่ NaCl , Na_2SO_4 , MgSO_4 , NaHCO_3 , Na_2CO_3 , CaSO_4 , CaCO_3 (Cardon, Davis, Bauder, & Waskom, 2007)

ความเค็มบริเวณริมชายฝั่งทะเลมักมีช่วงกว้างโดยเฉพาะปากแม่น้ำที่มีน้ำจืดมาผสมเป็นน้ำกร่อย ค่าความเค็มอาจแปรปรวนได้ในช่วง 0-34 พีพีที ในปี พ.ศ.2548-2549 น้ำบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดสมุทรสงครามในฤดูแล้ง ความเค็มของอยู่ที่ 30.04 พีพีที และลดลงในฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 15.86 พีพีที (ณัฐวรรัตน์ ปภาสสิทธิ์ และคณะ, 2549) ในปี พ.ศ. 2553 น้ำบริเวณป่าชายเลนจังหวัดสมุทรสงครามมีความเค็มน้ำลดลงเฉลี่ยเพียง 9.35 พีพีที เนื่องจากมีการเจือจางโดยแหล่งน้ำจืดเป็นแม่น้ำสำคัญของประเทศไทยถึง 2 สายหลัก คือ แม่น้ำแม่กลองและแม่น้ำท่าจีน ส่วนความเค็มของน้ำริมชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนบนมีค่าความเค็มอยู่ที่ 15.13 พีพีที – 22.65 พีพีที (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2553) ค่าความเค็มในแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่ในฤดูแล้งจะมีค่าความ

เค็มมากกว่าฤดูฝน ค่าความเค็มประมาณ 26 พีพีที และ 23.5 พีพีที ตามลำดับ (สุรชาติพิทย์ อำนวยสิน และคณะ, 2553) ค่าความเค็มของน้ำจังหวัดตรัง ชายฝั่งทะเลอันดามันเฉลี่ยอยู่ที่ 18.58พีพีที ค่าต่ำสุด 0.00 พีพีที และค่าสูงสุด 37 พีพีที (ดำรง โลหะลักษณาเดช และคณะ, 2553)

2.6.3 การทับถมพืชน้ำในป่าชายเลน

เศษใบไม้และอินทรีย์วัตถุในดินเป็นตัวแทนของรูปแบบต่างๆของสารอินทรีย์ที่มีการเปลี่ยนแปลงไป การทับถมของซากพืชกลายเป็นอินทรีย์วัตถุในดินต้องมีการย่อยสลายโดยปัจจัยควบคุม การย่อยสลายกลายเป็นอินทรีย์วัตถุทั่วไปนั้น อาศัยเศษซากพืชที่ตกค้างในดินร่วมกับธาตุอาหาร ลักษณะทางกายภาพของดินและกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยอัตราการย่อยสลายกลายเป็นอินทรีย์วัตถุนั้น จะเกิดอย่างรวดเร็วในช่วงที่มีธาตุอาหารเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของต้นพืช การย่อยสลายจะเกิด 3 กระบวนการ คือ หนึ่งการกระบวนการบด โดยแรงทางกายภาพของสัตว์หน้าดิน สองกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์และเอ็นไซม์ของสัตว์ และสามารถชะล้างโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย (Tian, Brussaard, & Kang, 1995) โดย การย่อยสลายในป่าชายเลนนั้นมีผู้ย่อยสลายสำคัญอันได้แก่ เห็ดรา (Fungi) และจุลินทรีย์ (microorganism) รวมถึงแมลงและคัสเตชัน (crustacean) เช่น ปู หอย เป็นต้น (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2554)

ซากพืช หมายถึง ส่วนประกอบต่างๆ ของพืชที่ตายแล้วร่วงหล่นลงดิน หรือส่วนที่สะสมอยู่บนพื้นดิน ได้แก่ กิ่ง ใบ ดอก ผล เมล็ด และรากที่ตาย แล้วร่วงหล่นและยังคงอยู่ในดิน โดยคุณสมบัติของซากพืชมีผลโดยตรงต่อการย่อยสลาย องค์ประกอบทางเคมีของซากพืช เช่น น้ำตาล เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน แวกซ์และฟีนอล นั้น พบว่าองค์ประกอบเหล่านี้ในพืชต่างชนิดกันมีปริมาณไม่เท่ากัน ส่งผลให้อัตราการย่อยสลายไม่เท่ากัน อัตราการย่อยสลายของซากพืชในป่าชายเลนดังตารางที่ 6

ผลผลิตการร่วงหล่นของซากพืชในป่าชายเลนบริเวณปากแม่น้ำเฉลี่ยประมาณ 1.66×10^3 กิโลกรัม/ไร่/ปี หรือเฉลี่ยเดือนละ 138.33 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมีค่าสูงกว่าบริเวณอื่นภายในประเทศเล็กน้อย ดังตารางที่ 7

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบซากพืชที่ร่วงหล่นแล้ว พบว่าซากพืชที่ร่วงหล่นมากที่สุด คือ ใบ ผล ดอก กิ่ง และอื่นๆ มีค่าประมาณร้อยละ 54.4 8.3 4.6 และ 4.2 ตามลำดับ ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชบริเวณป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร พบว่าการร่วงหล่นของซากพืชจะมากที่สุดที่ระยะห่างจากทะเล 60-80 เมตร เฉลี่ยอยู่ที่ 195.58 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ และน้อยที่สุด 45.93 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ โดยมีการร่วงหล่นลงพื้นมากสุดในเดือนกันยายนและน้อยสุดในเดือนเมษายน รายละเอียดดังตารางที่ 8

อัตราการย่อยสลายของใบไม้ทุกพื้นที่จะหมดภายใน 6 เดือนโดยอัตราการย่อยสลายจะเร็วมากในช่วง 2 เดือนแรก โดยน้ำหนักลดลงกว่าร้อยละ 75 (สนิท อักษรแก้ว, 2542) การย่อยสลายใบไม้ในป่าชายเลนในช่วง 2-4 สัปดาห์แรกจะมีการย่อยสลายใบโกงกางใบใหญ่ที่จมน้ำโดยแบคทีเรียบนผิวใบ ในสัปดาห์ 4-7 พบแบคทีเรีย รา ไดอะตอมและโปรโตซัวบนผิวใบ และสัปดาห์ที่ 7-10 พบแบคทีเรียและราย่อยเซลลูโลส (ชมาพร สรรพอร่ามเดชะ, 2545)

การสะสมอินทรีย์วัตถุในดินถูกควบคุมโดยเวลา โดยที่ระยะแรกที่เกิดดิน จะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินน้อยแล้วค่อยๆ สะสมมากขึ้นเรื่อยๆ

ตารางที่ 6 การย่อยสลายของซากพืชในพื้นที่ป่าชายเลนต่างๆ

พันธุ์ไม้	พื้นที่	อัตราการย่อยสลายซากพืช (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง (เวลา))
แสมทะเล	ภูเก็ต	50 (3 สัปดาห์)
แสม	ภูเก็ต	50 (4 สัปดาห์)
โกงกางใบเล็ก	ภูเก็ต	40 (4 สัปดาห์)
โกงกางใบเล็ก	ภูเก็ต	50 (6 สัปดาห์)
โกงกางใบเล็ก	มาเลเซีย	70.8 (20 วัน)
พรรณไม้ถั่ว	มาเลเซีย	88.6 (20 วัน)
แสมดำและโปรง	ฟิลิปปินส์	82 (1 ปี)
ขาว		
แสมทะเล	ออสเตรเลีย	50 (8 สัปดาห์)
แสมทะเล	นิวซีแลนด์	50 (6-8 สัปดาห์)
โกงกางใบใหญ่	ฟลอริดา, อเมริกา	50 (45 วัน)
โกงกางใบใหญ่	อินเดีย	98-100 (105 วัน)

ที่มา: ดัดแปลงจาก ชมาพร สรรพอร่ามเดชะ (2545); สนิท อักษรแก้ว (2542)

ตารางที่ 7 การร่ว่งหล่นของซากพืช

พื้นที่	การร่ว่งหล่น (กิโลกรัม/ไร่/ปี)
จังหวัดจันทบุรี	1.49×10^3
จังหวัดระนอง	1.42×10^3
จังหวัดสุราษฎร์ธานี	1.64×10^3
ประเทศมาเลเซีย	2.26×10^3

ที่มา: ดัดแปลงจาก สนิท อักษรแก้ว (2542)

ตารางที่ 8 ปริมาณซากพืชที่ร่ว่งหล่น

ระยะห่างจากทะเล (เมตร)	ปริมาณซากพืชที่ร่ว่งหล่น (น้ำหนักแห้ง กิโลกรัม/ไร่/เดือน)		
	มากที่สุด	น้อยสุด	เฉลี่ย
0-20	295.09	51.02	151.64
20-40	57.60	15.01	45.93
40-60	316.54	52.50	138.99
60-80	486.21	29.22	195.58
80-100	432.00	56.50	135.50
100-120	496.54	22.50	128.59
120-140	280.62	45.81	178.21
140-160	232.42	51.70	123.07
160-180	360.69	73.50	194.50
180-200	283.04	49.65	88.71

ที่มา: ดัดแปลงจาก สนิท อักษรแก้ว (2542)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวงจรคาร์บอนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน มีการศึกษาและทำงานวิจัยอย่างกว้างขวาง ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ดังต่อไปนี้

2.7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกักเก็บคาร์บอนในดิน ในประเทศไทย

สิริกานดา วัชราไทย (2551) ศึกษาสมดุลคาร์บอนและการกักเก็บคาร์บอนในดินของสบูดำที่ปลูกในดินเหนียวและดินร่วน พบว่าพื้นที่ดินเหนียวมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าดินร่วนปนทราย อีกทั้งทั้งสองพื้นที่ยังพบว่าการปลดปล่อย

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลอย่างชัดเจน โดยจะมีค่าการปลดปล่อยสูงในช่วงฤดูฝนและลดลงในฤดูแล้ง ปริมาณคาร์บอนในดินแตกต่างกันตามสายพันธุ์ต้นสบู่ดำที่ปลูก ค่าการกักเก็บคาร์บอนอยู่ระหว่าง 5.58 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ต่อปี ถึง 10.0 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ต่อปี และการกักเก็บคาร์บอนในดินชั้นบนจะสูงที่สุด และลดลงตามระดับความลึกของดิน และยังพบว่า การปลูกต้นสบู่ดำในดินในช่วงเวลาสั้น ทำให้คาร์บอนในดินลดลง -11.23 ถึง -2.41 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ต่อปี อีกด้วย

วสันต์ จันทร์แดง, ลดาวัลย์ พวงจิตร และสาพิศ ดิลกสัมพันธ (2553) ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัส ณ สวนป้ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น การศึกษาคาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0-60 เซนติเมตร พบว่าพื้นที่ที่มีปัญหาการชะล้างพังทลายของดินมากมีการกักเก็บคาร์บอนน้อยกว่าพื้นที่ที่มีลักษณะต่ำ ซึ่งเป็นแหล่งรวมสารอาหารที่มีการชะล้างไหลมารวมกัน อีกทั้งการกักเก็บคาร์บอนจะมีค่าสูงสุดที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และจะลดลงตามระดับความลึกและยังขึ้นอยู่กับพืชพรรณ สภาพอากาศและลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ภัทรารุช ศรีโพธิ์ และคณะ (2554) ศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกกับการกักเก็บคาร์บอนในดิน พบว่าพื้นที่ที่ไม่มีการปกคลุมหน้าดินด้วยหญ้าแฝกจะมีแนวโน้มการลดลงของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์วัตถุ เนื่องจากมีการสูญเสียไปกับน้ำไหลบ่า แต่ในแปลงที่มีการปลูกหญ้าแฝกคลุมดินไว้ พบแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณอินทรีย์วัตถุเล็กน้อย

กนกเรขา สังข์จันทร์ (2552) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์และธาตุอาหารในดินตะกอนป่าชายเลนที่มีเสมชวเป็นพันธุ์ไม้เด่น จังหวัดชลบุรี พบว่าสารอินทรีย์และธาตุอาหารในดินชายเลนมีค่าสูงสุดในฤดูหนาว เพราะมีการร่วงหล่นของซากพืชมากที่สุดจึงเกิดการตกสะสมอยู่ในดินมากที่สุด และพื้นที่ที่มีต้นเสมชวอายุมากจะมีการสะสมสารอินทรีย์ได้มากกว่าเสมชวที่มีอายุน้อย ส่งผลให้พื้นที่ที่มีเสมชวอายุมากมีปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารในดินในปริมาณสูง อีกทั้งปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารในดินป่าชายเลนยังขึ้นอยู่กับสารอินทรีย์ที่สะสมในองค์ประกอบของซากพืชที่ร่วงหล่นลงดิน คือ ดินในพื้นที่ที่มีต้นเสมชวอายุมาก จะพบปริมาณสารอินทรีย์ในดินสูงกว่าดินที่มีเสมชวอายุน้อย เนื่องจากเมื่อมีการร่วงหล่นของซากพืชแล้ว ต้นเสมชวอายุน้อยจะมีอัตราการดูดกลับของสารอินทรีย์ในดินสูง เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของตนเอง

ศศิธร พ่วงปาน, สนิท อักษรแก้ว และ Komiyama (2554) ศึกษาป่าชายเลนกับความโดดเด่นของการกักเก็บคาร์บอนจากบรรยากาศ พบว่าป่าชายเลนผลิตซากพืชเท่ากับ 10.93 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี และสามารถคำนวณโดยวิธี Summation method เป็นคาร์บอนได้เท่ากับ 9.8 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ต่อปีโดยประมาณ ผลศึกษาการย่อยสลายของซากใบไม้

บนผิวดินพบอัตราการย่อยสลายเฉลี่ย 0.019 กรัมต่อวัน เมื่อคำนวณเป็นปริมาณคาร์บอนที่เกิดจากการย่อยสลายซากพืชทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 4.0 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ต่อปี และหากคำนวณสมมูลคาร์บอนพบว่าค่าการกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศมีค่าเป็นบวก นั้นหมายความว่าป่าชายเลนมีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนไว้ได้มากกว่าการปลดปล่อย ค่าอยู่ที่ + 7.1 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ต่อปี

สุพรรณษา เครือจันทร์ (2554) ศึกษาปริมาณการร่วงหล่นของสังคมพืชป่าชายเลนที่มีไม้พันธุ์เด่นคือแสมขาว พบว่าปริมาณสารอินทรีย์ที่ร่วงหล่นจากต้นไม้ เฉลี่ย 754.82 กรัมน้ำหนักแห้ง/ตารางเมตร/ปี ปริมาณการร่วงหล่นมากที่สุดคือช่วงต้นและปลายฤดูฝนและน้อยสุดคือฤดูร้อน พบร้อยละไนโตรเจนในใบ กิ่ง ดอก และผล เท่ากับ 2.42 2.48 3.89 และ 3.35 ตามลำดับ อัตราการย่อยสลายของสารอินทรีย์เท่ากับ 17.52 กรัมต่อปี หรือ 0.048 กรัม/วัน โดยซากพืชจะถูกย่อยสลายร้อยละ 50 ภายในระยะเวลา 14 วัน เนื่องจากช่วงแรกมีปริมาณธาตุอาหารสะสมในซากพืชที่เป็นที่ต้องการของสิ่งมีชีวิต เมื่อเวลาผ่านไปธาตุอาหารลดน้อยลงคงเหลือเพียงองค์ประกอบที่ย่อยได้ยาก อัตราการย่อยสลายจึงช้าลง และแปลงที่มีปริมาณสารอินทรีย์และไนโตรเจนรวมในซากพืชที่สูงทำให้อัตราการย่อยสลายสูง

วาณิชยา นิลวิเชียร, ยงยุทธ ไตรสุรัตน์ และสุวิทย์ แสงทองพราว (2554) ศึกษาการกระจายตัวและความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ตามระดับความเค็มของดินชายเลน จังหวัดตราด พบต้นโกงกางใบเล็กเป็นไม้เด่น ระดับความเค็มอยู่ในช่วงกว้างระหว่าง 5-25 psu คุณสมบัติดินแตกต่างกันตามระยะห่างจากริมชายฝั่งทะเล สัดส่วนของอนุภาคดินทรายจะมีค่าน้อยในบริเวณติดริมทะเล และจะเพิ่มขึ้นเมื่อลึกเข้าสู่ชายฝั่ง ซึ่งตรงกันข้ามกับร้อยละอนุภาคดินทรายแป้งและดินเหนียว เช่นเดียวกับปริมาณอินทรีย์วัตถุและค่าความเค็มของดินที่มีค่าลดลงเมื่อลึกเข้าไปสู่ฝั่งทะเล ส่วนค่าความเป็นกรดต่างมีความแปรปรวนไม่พบแนวโน้มชัดเจน ระดับความเค็มของดินที่พบพรรณพืชมากที่สุดอยู่ในช่วง 10-15 psu อีกทั้งยังพบว่าโกงกางใบเล็กมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณอินทรีย์วัตถุและสัดส่วนดินเหนียวอีกด้วย

นรารัตน์ พัฒนสิงห์ (2555) ศึกษาปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชในบ้านเปร็ดโน อำเภอมือเมือง จังหวัดตราด พบว่าปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชในป่าชายเลนบ้านเปร็ดโน ในระยะเวลา 1 ปี มี อัตราการร่วงหล่นของซากพืชเท่ากับ 0.875 กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยช่วงเดือนพฤศจิกายนมีปริมาณการร่วงหล่นซากพืชมากที่สุด เท่ากับ 0.108 กิโลกรัมต่อตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 12.45 รองลงมาช่วงเดือนสิงหาคมมีปริมาณการร่วงหล่นซากพืชเท่ากับ 0.103 กิโลกรัมต่อตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 11.85 และเดือนอื่นๆ โดยการร่วงหล่นของซากพืชจะเพิ่มขึ้นหากพืชมีอายุเพิ่มขึ้น และปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชในแต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และความหนาแน่นของพรรณไม้ อีกทั้งต้นไม้ในป่าเขตร้อนชื้นนั้นมี

อัตราการร่วงหล่นตลอดทั้งปีและมีมักจะสูงในฤดูร้อนและฤดูแล้งหรือช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม นรารัตน์ พัฒนสิงห์ (2555) อ้างถึง สนิท อักษรแก้ว (2542) ว่า อัตราการร่วงหล่นซากพืชในป่าชายเลนมีปริมาณใกล้เคียงกับอัตราการร่วงหล่นของซากพืชในป่าบก

ระวี เจริญวิภา, สุรชาติ เพชรแก้ว, มนต์รี แก้วดวง และวิทยา พรหมมี (2555) พบว่า ร้อยละดินเหนียว ไนโตรเจนและอินทรีย์คาร์บอนมีค่าสูงในดินสวนยางพาราอายุ 5 ปีที่ระดับความลึก 0-25 เซนติเมตร มีการกักเก็บคาร์บอนอยู่ที่ 46.62 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ที่สวนยางพาราอายุ 26 ปี และยังพบอีกว่า แม้การกักเก็บคาร์บอนในดินจะไม่มีความสัมพันธ์กับอายุของพืช แต่มีความสัมพันธ์กับไนโตรเจนในดิน หรืออาจผันแปรตามปัจจัยอื่นๆ เช่น การย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดิน อุณหภูมิและการหายใจของดิน และปริมาณการย่อยสลายของซากพืช และยังขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ของที่ดิน โดยการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น แต่ในพื้นที่เกษตรคาร์บอนจะลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น

มนต์สรวง เรื่องขนาบ, ระวี เจริญวิภา, อุตร เจริญแสง, Li และ Han (2557) ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในสวนส้ม พบว่า การกักเก็บคาร์บอนของพืชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุของพืช ในขณะที่การกักเก็บคาร์บอนในดินไม่แปรผันตามช่วงอายุของพืช แต่พบว่าการกักเก็บคาร์บอนในดินมีปริมาณมากกว่าการกักเก็บคาร์บอนในส่วนของลำต้นส้ม โดยให้ความเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในดินนั้นต้องใช้ระยะเวลานานหลายปีและอาจผันแปรได้ตามฤดูกาล

ลดาวัลย์ พวงจิตร, มณฑล จำเริญพฤกษ์, ออ พรานไชย, ระวี ถาวร และวสันต์ จันทร์แดง (2558) ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนป่าชายเลนจังหวัดตราด พบว่า ดินส่วนมากในป่าชายเลนจังหวัดตราดเป็นดินเหนียว เนื้อละเอียดมาก ความหนาแน่นดินชั้นบนที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร และ 15-30 เซนติเมตรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.372 และ 0.577 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรตามลำดับ พบค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินชั้นบนและดินชั้นล่างเฉลี่ยร้อยละ 10.06 และ 7.90 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในส่วนอื่นๆ พบว่า ป่าชายเลนบ้านเปร็ดใน มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินมากที่สุด โดยการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์จะกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นป่าชายเลนบ้านเปร็ดในจึงเป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ในระดับต่ำ

วรรณชัย วรรณสิงห์ (2558) ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินเค็มในลุ่มน้ำชีตอนกลางจังหวัดมหาสารคาม พบว่าพื้นที่ดินเค็มน้อยที่พบคราบเกลือร้อยละ 1-10 มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมากกว่าบริเวณที่ดินเค็มปานกลางและดินเค็มมากตามลำดับ เนื่องจากพื้นที่ดินเค็มน้อยจะมีความอุดมสมบูรณ์กว่า อัตราการเจริญเติบโต การปกคลุมและความหลากหลายของพันธุ์พืชสูง โดยที่พืชเป็นแหล่งสะสมคาร์บอนในรูปอินทรีย์สาร และจะมีการหล่นหล่อน

หมุนเวียนเป็นอินทรีย์วัตถุในดินต่อไป แต่ไม่พบค่าความสัมพันธ์ของคาร์บอนในดินกับค่าความเค็มในดิน แต่พบว่าคาร์บอนในดินสัมพันธ์กับร้อยละอนุภาคดินเหนียว คือ คาร์บอนจะเพิ่มขึ้นเมื่อร้อยละอนุภาคดินเหนียวเพิ่มขึ้น

2.7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกักเก็บคาร์บอนในดิน ในต่างประเทศ

Wu et al. (2010) ความชื้นในดินและอุณหภูมิที่มีผลต่อการแลกเปลี่ยน CO_2 พบว่าอัตราการปลดปล่อย CO_2 นั้น แตกต่างกันตามลักษณะที่ดิน พื้นที่ที่มีการปลดปล่อยมากที่สุดคือ ทุ่งหญ้าทิวดา ที่ราบกว้าง เนินทรายและที่ลุ่ม ตามลำดับ โดยที่ทั้งความชื้นและอุณหภูมิมีผลส่งเสริมให้มีการปลดปล่อย CO_2 ในดินมากขึ้นถึงร้อยละ 87 ในสภาวะที่ดินแห้งและกลับมาเปียกนั้น กระบวนการปลดปล่อย CO_2 สูงสุดในพื้นที่ ที่ราบกว้าง เนินทราย ทุ่งหญ้าทิวดาและที่ลุ่ม มีค่าเท่ากับ 28.4 ± 2.6 50.0 ± 5.7 81.9 ± 2.7 และ 10.6 ± 1.2 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง และการปลดปล่อย CO_2 จะเพิ่มขึ้นในช่วงดินที่ถูกแช่แข็งแล้วละลาย

Lewis, Pryor, and Wilking (2011) ศึกษาอิทธิพลของระดับน้ำในดินที่มีต่อกระบวนการเปลี่ยนสารอินทรีย์ไปเป็นสารประกอบอินทรีย์ในดินชายเลนอันเกิดจากการตายของเซลล์จุลินทรีย์หรือการเติมสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนต่ำลงไป พบว่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดินแปรผกผันกับระดับความชื้นในดิน แต่กระบวนการเปลี่ยนสารอินทรีย์ดังกล่าวกลับแปรผันตรงกับความชื้นในดิน อีกทั้งประเภทของพันธุ์ไม้มีผลต่ออัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดิน

Hassan et al. (2014) ศึกษาช่วงอุณหภูมิและความชื้นที่มีผลต่อการตกค้างคาร์บอนไดออกไซด์ในดินอัลติซอลล์ พบว่าบริเวณที่ปลูกต้นถั่วมีศักยภาพการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเมื่อระดับความชื้นและอุณหภูมิดินเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าชนิดและคุณภาพพืชมีผลต่อการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความสามารถในการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดิน อีกทั้งพืชที่มีอัตราการสลายตัวต่ำหรือมีความคงสภาพสูง เช่น พวกที่มีส่วนประกอบของลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสมาก สามารถนำมาควบคุมการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินสู่บรรยากาศได้โดยทำหน้าที่เป็นแหล่งรองรับหรือสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของคาร์บอน อีกทั้งยังสามารถกล่าวได้อีกว่าที่ระดับความชื้นและอุณหภูมิสูงมีผลให้ศักยภาพการผลิตและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดินสูงขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตามเป็นเพียงปัจจัยทางอ้อมที่ส่งผลต่ออัตราการสลายตัวอินทรีย์สารเท่านั้น

Erhagen et al., (2013) ศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่ออินทรีย์คาร์บอน พบว่าการย่อยสารอินทรีย์คาร์บอนแปรผกผันกับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมีผลให้เกิดการย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนมากขึ้น ส่งผลให้อินทรีย์คาร์บอนในดินลดลง และยังส่งผลต่อการผลิต

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยอุณหภูมิที่มีผลต่อการย่อยสลายอยู่ที่ 28 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

H. Liu et al. (2014) ศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลที่มีผลต่ออัตราการย่อยสลายในป่าเขตร้อน ประเทศจีน พบว่าเมื่ออัตราการย่อยสลายมากขึ้น การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนจะสูงขึ้น แต่อัตราการเพิ่มขึ้น ขึ้นอยู่กับฤดูกาล โดยในฤดูฝนจะมีความชื้นในดินสูง และมีสารอินทรีย์ในมวลของพืชสูงอัตราการย่อยสลายจึงสูง จึงสามารถบ่งชี้ได้ว่าฤดูกาลมีผลต่ออัตราการย่อยสลายและการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนในดินของป่าเขตร้อน

Tran Thi et al., (2014) ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในป่าชายเลนเขตร้อนประเทศเวียดนาม พบการกักเก็บคาร์บอนเหนือดิน 90.2 ± 15.8 ถึง 115.2 ± 19.3 เมกะกรัมคาร์บอนต่อเฮกแตร์ การกักเก็บคาร์บอนใต้พื้นดินอยู่ที่ 629.0 ± 32.5 ถึง 687.0 ± 29.2 เมกะกรัมคาร์บอนต่อเฮกแตร์ โดยจะเห็นได้ว่าการกักเก็บคาร์บอนใต้พื้นดินจะมีปริมาณการกักเก็บมากกว่าเหนือพื้นดิน และการอนุรักษ์ป่าชายเลนยังเพิ่มกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศและลดการปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศอีกด้วย

Lunstrum and Chen (2014) ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนพื้นที่ป่ารุ่นใหม่ที่มีอายุน้อย พบการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินอยู่ที่ 1.2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และ 23.1 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ในพื้นที่ป่าโกงกางและลำพู ตามลำดับ และการกักเก็บคาร์บอนใต้พื้นดินอยู่ที่ 0.3 กิโลกรัมต่อตารางเมตรและ 8.6 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ และปริมาณคาร์บอนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป 6 ปี และพบปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินอยู่ร้อยละ 0.62 ถึงร้อยละ 2.43 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลก และยังยืนยันผลการศึกษาที่ว่า พื้นที่ป่าชายเลนเป็นพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

Xiong et al. (2014) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินเมื่อลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนไป ในรัฐฟลอริดา พบว่าในพื้นที่ที่มีวัสดุปกคลุมดินจะมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูง โดยในพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน คือ พื้นที่ป่าสนทุ่งหญ้า พื้นที่ป่าในพื้นที่สูง จะมีการสะสมของคาร์บอนมากกว่าพื้นที่ปลูกอ้อยซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

Li and Ye (2014) ศึกษาพลวัตการย่อยสลายและการปลดปล่อยธาตุอาหารจากการย่อยซากพืชในป่าชายเลนที่มีอายุต่างกัน ณ ปากแม่น้ำ ประเทศจีน พบว่าใบพืชป่าชายเลนมีอัตราการย่อยสลายรวดเร็วโดยจะมีการลดลงของน้ำหนักแห้งอย่างรวดเร็ว และอัตราการชะล้างสูงในช่วง 2-3 สัปดาห์แรก โดยอัตราการย่อยสลายปริมาณไนโตรเจนจะช้ากว่า

อินทรีย์คาร์บอน แต่อย่างไรก็ตามการย่อยสลายซากพืชยังมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมโดยรอบ เช่น กิจกรรมของจุลินทรีย์ สภาพการท่วมขังของน้ำ สภาพการไร้อากาศของตะกอน สารอาหารของใบพืช อีกทั้งอัตราการย่อยสลายยังมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอายุของป่าชายเลน โดยซากพืชในป่าอายุน้อยจะสูญเสียธาตุอาหารได้เร็วกว่าป่าอายุมาก โดยเฉพาะในฤดูร้อน

Sun et al. (2017) ศึกษาอิทธิพลเศษซากพืชที่แตกต่างกันที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและจุลินทรีย์ในดินที่มีการปลูกโสมพานิช พบว่าประเภทของพืชมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพเคมีของดินอย่างมีนัยสำคัญ คือ มีผลต่อปริมาณไนโตรเจน สารอาหารที่พืชนำไปใช้ (N P K) และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน โดยที่การเพิ่มใบพืชต่างชนิดลงในดิน จะเป็นการเพิ่มมวลของจุลินทรีย์และสารอาหารที่พืชนำไปใช้ (N P K) ลงไปในดิน และยังเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่าง และความหนาแน่นของดินอีกด้วย

X. Liu et al. (2017) ศึกษาอิทธิพลความเค็มจากการท่วมของน้ำทะเลที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนและไนโตรเจนในดินชายเลน พบว่า การขึ้นลงของน้ำทะเลมีผลต่อคาร์บอนและไนโตรเจนมากกว่าอิทธิพลความเค็มของน้ำทะเล โดยการเพิ่มระดับความเข้มข้นสารละลายเกลือโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อควบคุมให้มีสภาวะแห้ง-เปียก จะนำไปสู่การสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ

Kida et al. (2017) ศึกษาการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในพื้นที่ที่มีความเค็มสูงในป่าชายเลน พบว่าในพื้นที่ที่มีความเค็มสูง จะมีโครงสร้างของฮิวมิคมีการตกตะกอนรวมตัวกันของดินชายเลน เนื่องจากมีค่าความเค็มสูงอาจมีกลไกทำให้เกิดการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลน



บทที่ 3

วิธีการศึกษา

การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนนั้น เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างบรรลุเป้าหมายการศึกษา คือ เพื่อศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลนบริเวณชายฝั่งทะเล ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม ที่แตกต่างกันตามระยะห่างจากชายฝั่งทะเล และเพื่อศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนที่เปลี่ยนแปลงตามสภาพสิ่งแวดล้อมที่สนใจ ได้แก่ การทับถมของพีช ระดับความเค็มของน้ำ และอุณหภูมิ โดย มีลำดับขั้นตอนการศึกษาดังรูปที่ 6 ขั้นตอนแรกประกอบด้วย การสืบค้นข้อมูลและทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลพื้นฐานของลักษณะทั่วไปของป่าชายเลน และลักษณะดินชายเลนจังหวัดสมุทรสงคราม จากข้อมูลปฐมภูมิ อาทิ กรมทรัพยากรชายฝั่งทะเล กรมพัฒนาที่ดิน เป็นต้น แปรผลภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณตะวันออกของอ่าวไทย เพื่อจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม จากนั้นกำหนดขอบเขตการศึกษาเป็นพื้นที่ป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเลบริเวณตำบลคลองโคน ลงภาคสนาม สํารวจพื้นที่ศึกษา เก็บตัวอย่างดินและตัวอย่างใบพีช และนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลนที่มีระยะห่างจากชายฝั่งทะเลแตกต่างกันจำนวน 3 แนว และทดลองศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนในแนวในป่าชายเลนเมื่ออิทธิพลทางสิ่งแวดล้อมที่สนใจ 3 ปัจจัย ได้แก่ การทับถมของพีช ระดับความเค็มของน้ำทะเล และอุณหภูมิแตกต่างกัน นำผลการทดลองมาหาความสัมพันธ์ทางสถิติ สรุปและอภิปรายผล

3.1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

การศึกษางานวิจัยนี้ทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานโดยการเก็บข้อมูลทั้งข้อมูลทุติยภูมิและปฐมภูมิดังนี้

3.1.1 ข้อมูลทุติยภูมิ

ข้อมูลทุติยภูมิ มีการรวบรวมจากข้อมูลจากหลายแหล่งข้อมูล ประกอบด้วย

- 1) ข้อมูลพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยเบื้องต้นจากศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน ตำบลท่าฉลอม อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร
- 2) ข้อมูลชุดดินและคุณสมบัติชุดดินจากรายงานสถานการณ์ดินจังหวัดสมุทรสงคราม จากกรมพัฒนาที่ดิน



รูปที่ 6 ขั้นตอนการศึกษา

3) ข้อมูลพิกัดที่ตั้งของจุดเก็บตัวอย่างจากฐานข้อมูลของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

4) ภาพถ่ายดาวเทียมจากเว็บไซต์สำหรับดาวเทียมโพลดภาพถ่ายดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติจาก <http://earthexplorer.usgs.gov/>

5) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับวางแผนการทดลอง นำไปประกอบการอภิปรายผลที่เกิดจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ และสนับสนุนสมมติฐานงานวิจัยจากฐานข้อมูลออนไลน์ หอสมุดพระราชวังสนามจันทร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

3.1.2 ข้อมูลปฐมภูมิ

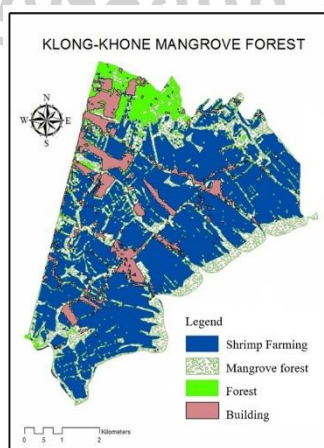
ข้อมูลปฐมภูมิได้จากการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลภาคสนาม ได้แก่ ลักษณะพื้นที่โดยรอบบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง ลักษณะทั่วไปของพืช ลักษณะภูมิอากาศ เพื่อนำไปวิเคราะห์ประกอบผลการทดลองจากห้องปฏิบัติการ พิกัดทางภูมิศาสตร์ และการสอบถามลักษณะพื้นที่และความเป็นมาของป่าชายเลนในพื้นที่ศึกษาจากผู้มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชายเลนในพื้นที่

3.2 การกำหนดขอบเขตการศึกษา

การกำหนดขอบเขตพื้นที่การศึกษา ทำโดยแปลภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณชายฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยที่ดาวันโหลดจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) ในวันที่ 28 เมษายน 2559 ดังรูปที่ 7 เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ไม่มีการถ่ายติตเหมข ท้องฟ้าโปร่ง ไม่เป็นอุปสรรคต่อการแปลผลข้อมูล นำภาพถ่ายดาวเทียมมาเข้าโปรแกรม Arcgis Version 10.4 เพื่อทำการแปลผลลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยอาศัยความแตกต่างของคุณสมบัติในการสะท้อนแสงของวัตถุแต่ละช่วงคลื่น จากนั้นกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม และแยกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเป็น 4 ประเภท คือ พื้นที่ป่าชายเลน พื้นที่ป่าทั่วไป พื้นที่นาทุ่ง และพื้นที่ชุมชน ดังรูปที่ 8



รูปที่ 7 ภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณอ่าวไทย วันที่ 28 เมษายน 2559
ที่มา: USGS (2559)



รูปที่ 8 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม ปี 2559

หลังจากการแปลผลเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อหาพื้นที่ป่าชายเลนที่สำคัญในตำบลคลองโคนแล้วนั้นจะกำหนดพื้นที่เก็บตัวอย่าง ขอบเขตพื้นที่ศึกษา คือ ป่าชายเลนตำบลคลองโคน บริเวณติดชายฝั่งทะเลอ่าวไทย การเก็บตัวอย่างกำหนด 3 แนวการเก็บตัวอย่าง คือ 1) แนวป่าชายเลนติดนาุ้ง 2) แนวในป่าชายเลนรอยต่อระหว่างเขตพิทักษ์ป่าชายเลน 1,000 ปีกับพื้นที่ป่าปลูกเพิ่มเติม และ 3) แนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล แต่ละแนววางแปลงขนาด 10 x 250 เมตร ยาวตลอดลักษณะชายฝั่งทะเล กำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินจุดแรกห่างจากพื้นที่ริมชายป่าติดลำคลองอย่างน้อย 10 เมตร เนื่องจากบริเวณติดชายป่าได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำและการท่วมขังของน้ำมากกว่าบริเวณอื่น อีกทั้งยังมีปัจจัยอื่นๆเข้ามารบกวนอีกด้วย และจุดต่อมาเลือกจุดกึ่งกลางของแปลงเพื่อเก็บตัวอย่าง ทำการกำหนดพิกัดและลงพื้นที่เก็บตัวอย่างดินทั้งสามแนวดังกล่าว ส่วนการเก็บตัวอย่างใบพืชให้เก็บตลอดแนวในป่าชายเลน โดยก่อนลงพื้นที่จะทำการกำหนดพิกัดจุดเก็บตัวอย่างลงบน Google earth ก่อน เพื่อความสะดวกในการลงพื้นที่ พิกัดจุดเก็บตัวอย่างก่อนลงพื้นที่ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 จุดเก็บตัวอย่างก่อนลงพื้นที่

หมายเหตุ หมุดสีแดง หมายถึง จุดเก็บตัวอย่างแนวป่าชายเลนติดนาุ้ง
 หมุดสีเขียว หมายถึง จุดเก็บตัวอย่างแนวในป่าชายเลน
 หมุดสีม่วง หมายถึง จุดเก็บตัวอย่างแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล

3.3 การสำรวจพื้นที่ภาคสนาม

เมื่อทำการกำหนดพิกัดจุดการเก็บตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว ทำการกำหนดเลือกวันและเวลาในการลงพื้นที่ ช่วงวันและเวลาน้ำขึ้นสูงสุด เพื่อความสะดวกในการลงพื้นที่ เนื่องจากหากเป็นช่วงเวลาที่น้ำลง บางแพรงหรือบางลำคลองจะไม่มีน้ำ ส่งผลให้ไม่สามารถนำเรือเข้าไปเก็บตัวอย่างได้ และต้องเดินทางโดยเท้าไกลมากขึ้น โดยการลงพื้นที่ในแต่ละครั้งจะทำการนั่งเรือหางยาวแล่นตามลำคลอง ให้เข้าใกล้จุดที่กำหนดไว้ และทำการลงเดิน เพื่อเก็บตัวอย่างให้ใกล้เคียงกับพิกัดที่กำหนดไว้ เนื่องจากเมื่อลงพื้นที่จะพบลำคลองสายย่อยภายในพื้นที่อีก จึงมีการลดจำนวนจุดเก็บตัวอย่างที่มีระยะห่างจากลำคลองมากกว่า 10 เมตรลง การเก็บตัวอย่างดินและเก็บตัวอย่างพีชีมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 การเก็บตัวอย่างดิน

การเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ส่วนเจาะดิน (hand cores) ที่ทำสัญลักษณ์ระบุความลึกไว้ที่ 30 เซนติเมตร เพื่อเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร ตามตำแหน่งตัวอย่างที่กำหนดไว้ ลักษณะการเก็บตัวอย่างดินดังรูปที่ 10 ทำการเก็บดินใส่ถุงพลาสติก เขียนระบุตัวอย่างให้ชัดเจน เมื่อถึงห้องปฏิบัติการ นำดินตัวอย่างในแนวเดียวกันทั้งหมดมาผสมคลุกเคล้ากันให้สม่ำเสมอ (Composite sample) เพื่อใช้เป็นตัวแทนของดินตลอดทั้งแนว จากนั้นแบ่งดินเป็นส่วนเท่ากันๆ และเลือกดินสองจากสี่ส่วนนั้นมาผสมกัน (Quartering) ทำจนกระทั่งได้น้ำหนักดินที่เหมาะสม เพื่อนำไปทดลองและวิเคราะห์ต่อไป ดังรูปที่ 11



(ก)



(ข)

(ก) การเก็บตัวอย่างดินชายเลนในขณะน้ำขึ้นและบริเวณริมชายฝั่ง

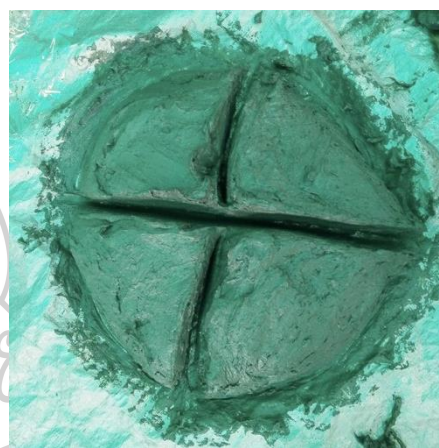
(ข) การเก็บตัวอย่างดินชายเลนในขณะน้ำลง

รูปที่ 10 การเก็บตัวอย่างดินชายเลน

เมื่อเก็บตัวอย่างดินเรียบร้อยแล้ว ทำการเก็บดินในพื้นที่ตัวอย่างที่ไม่ใช่แปลงที่สุ่มได้ ชั่งน้ำหนักดินในพื้นที่ที่มีพื้นที่ 40×40 เซนติเมตร ลึก 30 เซนติเมตร เพื่อนำมาคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างดินต่อพืช ใช้เป็นตัวแทนการทับถมของพืชในพื้นที่ 1 ไร่ ระดับความลึก 30 เซนติเมตรเป็นระดับความลึกที่มีการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินบนมากที่สุด โดยการเก็บตัวอย่างดินจะทำการตรึงเชือกให้ได้ขนาดดังกล่าว ดังรูปที่ 12 และสรุปการเก็บตัวอย่างดิน ขยายเล่นดังรูปที่ 13



(ก) การผสมคลุกเคล้าดินให้เป็นเนื้อเดียวกัน

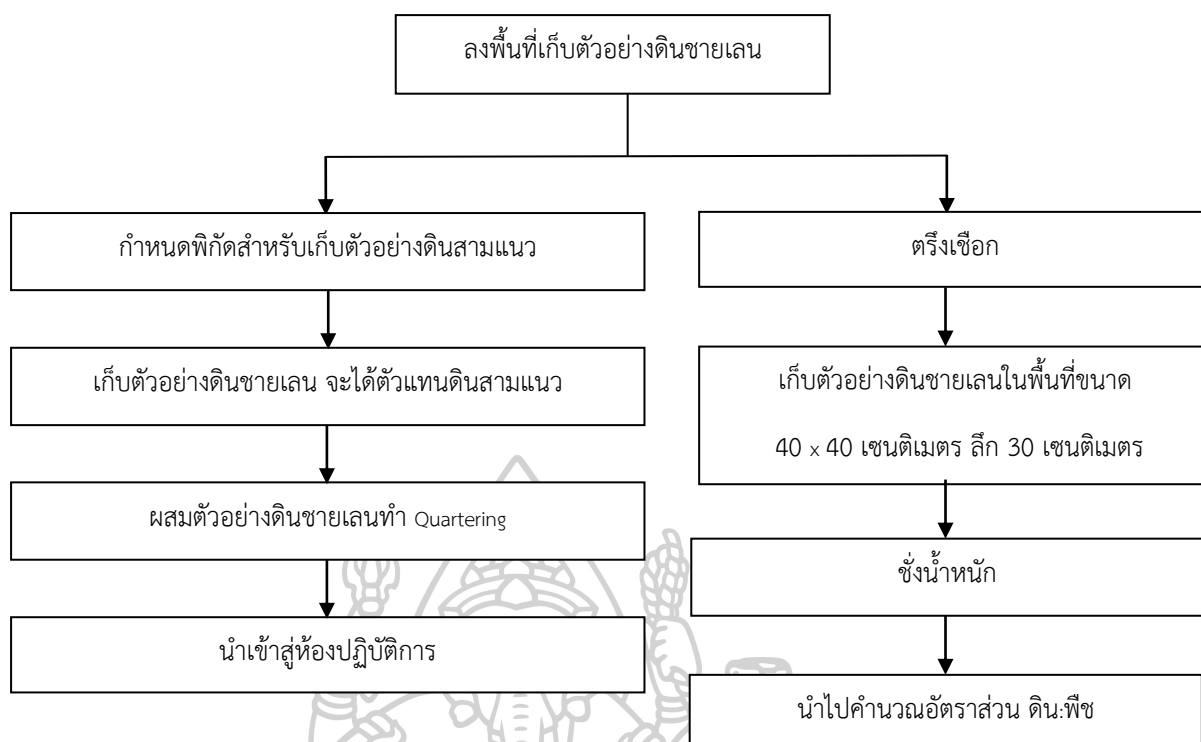


(ข) การแบ่งตัวอย่างดินเป็นสี่ส่วนเท่าๆ กัน

รูปที่ 11 การแบ่งดินออกเป็นสี่ส่วน



รูปที่ 12 การตรึงเชือกเพื่อเก็บตัวอย่างดิน ในพื้นที่ 40×40 เซนติเมตร ลึก 30 เซนติเมตร



รูปที่ 13 สรุปขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดินชายเลน

3.3.2 การเก็บตัวอย่างพีช

จากการสำรวจป่าชายเลนในพื้นที่ศึกษาพบว่า พื้นที่ป่าชายเลนมีการอนุรักษ์พันธุ์ไม้ และมีการปลูกเสริมทั่วทั้งพื้นที่ โดยพีชเด่นที่ในพื้นที่ประกอบด้วย 4 ชนิด คือ แสม ลำพู โกงกางใบเล็ก และโกงกางใบใหญ่ จึงทำการเก็บใบพีชที่ร่วงหล่นลงดิน ในพื้นที่แนวโนป่าชายเลน บริเวณโดยรอบจุดการเก็บตัวอย่างดิน โดยเลือกใบพีชที่มีลักษณะย่อยสลาย ใกล้เคียงเปื่อย เพื่อเป็นตัวแทนของส่วนประกอบของพีชที่ร่วงหล่นลงพื้นดิน เนื่องจากปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในทุกส่วนของพีชมีค่าใกล้เคียงกันอย่างมีนัยสำคัญ (Slim, Gwada, Kodjo, & Hemminga, 1996) อีกทั้งการทับถมของใบพีชบนพื้นดินนั้นยังมีปริมาณมากกว่าส่วนอื่น และเป็นส่วนที่เก็บได้ง่ายกว่าส่วนอื่นของพีชชายเลน เมื่อเก็บตัวอย่างพีชแล้ว ทำการเก็บใบพีชในถุงพลาสติกก่อนนำเข้าสู่ห้องปฏิบัติการ จากนั้นนำใบพีชมาผึ่งให้แห้ง ตัดให้มีขนาดเล็ก และป่นหยาบโดยเครื่องปั่น แบ่งใบพีชส่วนหนึ่งไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึก นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเพื่อไล่ความชื้นเป็นเวลามากกว่าหรือเท่ากับ 24 ชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ และคำนวณอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักสดต่อน้ำหนักแห้ง รายละเอียดการคำนวณอัตราส่วนระหว่างพีชต่อดิน ดังภาคผนวก ก เรื่อง การคำนวณอัตราส่วนพีชต่อดิน ใบพีชส่วนที่เหลือเก็บรักษาก่อนจะนำไปผสมกับตัวอย่างดินแนวโนป่าชายเลน และทำการทดลองใน

ขั้นตอนต่อไป ตัวอย่างใบพืชและการเตรียมตัวอย่างดังรูป 14 และสรุปขั้นตอนการเก็บตัวอย่างพืชดังรูปที่ 15



(ก) ใบพืชผึ่งแห้ง

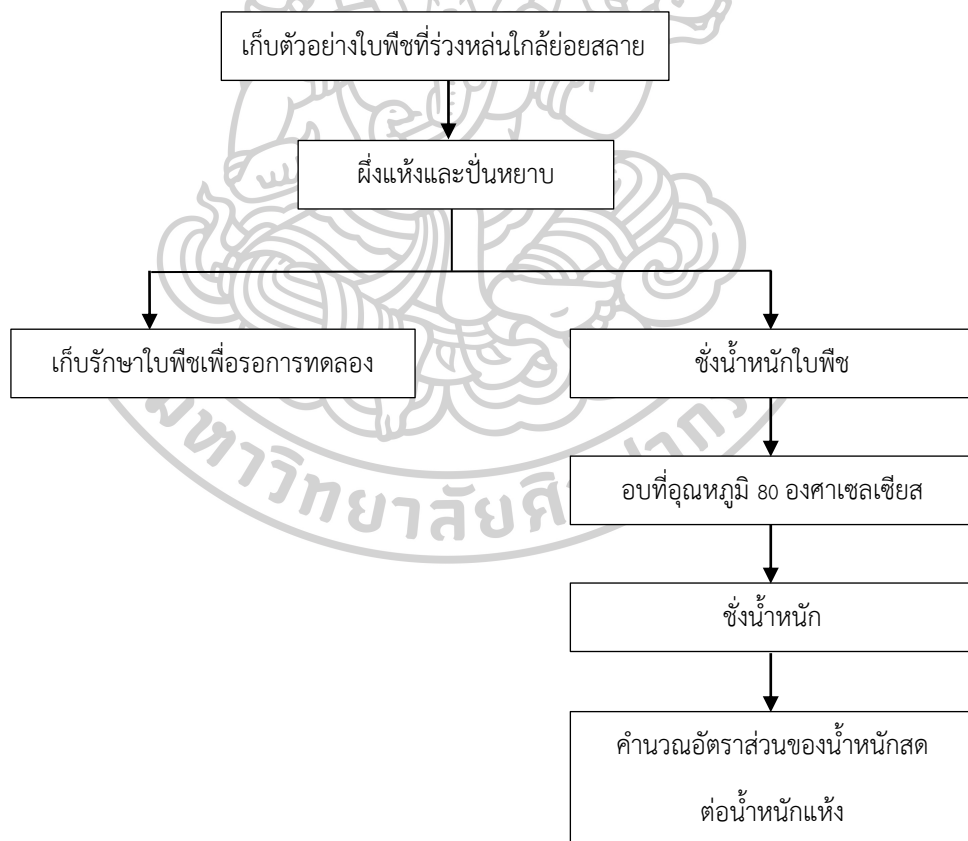
(ข) ใบพืชตัดหยาบ

(ค) ใบพืชปั่นหยาบ

(ง) ใบพืชอบ ณ อุณหภูมิ

80 องศาเซลเซียส

รูปที่ 14 ตัวอย่างใบพืชและการเตรียมตัวอย่าง



รูปที่ 15 การเก็บตัวอย่างพืช

3.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐาน และการทดลอง

หลังจากกลบภาคนามแล้วเสร็จ นำตัวอย่างดินและตัวอย่างพืชเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ โดยจะแบ่งตัวอย่างดินชายเลนออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) วิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานจากตัวอย่างดินทั้งสามแนว และ 2) นำตัวอย่างดินแนวในป่าชายเลนมาทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางสิ่งแวดล้อมต่อคุณสมบัติบางประการของดิน รายละเอียดดังนี้

3.4.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐาน

เมื่อเก็บตัวอย่างดินชายเลนทั้งสามแนวเรียบร้อยแล้ว นำตัวอย่างดินชายเลนที่ได้มาฝั่งที่อุณหภูมิต้องจนแห้ง โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 1-2 เดือน จากนั้นนำมาบด ร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่อง 2 และ 0.5 มิลลิเมตร และวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความเค็ม สภาพนำไฟฟ้า ความหนาแน่นและความบดอัด ความชื้นในดิน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน และปริมาณไนโตรเจน โดยวิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลน ดังตารางที่ 9 และขั้นตอนการวิเคราะห์ดังภาคผนวก ข เรื่อง วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน

ตารางที่ 9 วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลน

คุณสมบัติดิน	วิธีวิเคราะห์	อ้างอิง
เนื้อดิน	Hydrometer Method	Bouyoucos (1962)
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	pH meter	Blakemore, Searle, and Daly (1987)
ค่าความเค็ม	Conduction Method	Rhodes (1992)
สภาพนำไฟฟ้า	Conduction Method	Rhodes (1992)
ความหนาแน่นและความบดอัด	Core Method	Culley (1993)
ความชื้นในดิน	Alternative method	Mehlich (1984)
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน	Walkley & Black Method	Walkley and Black (1934)
ไนโตรเจน	Kjeldahl methods	Sparks et al. (1996)

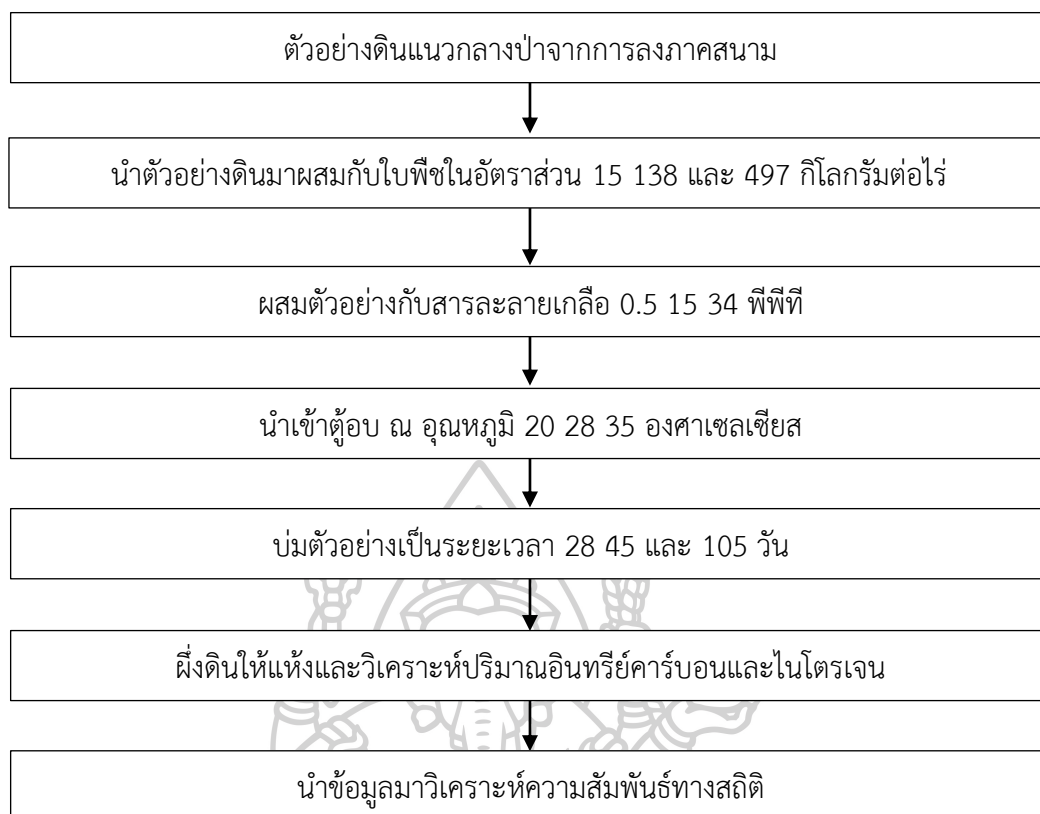
การวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของดิน เพื่อใช้ประกอบการอธิบายการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินเมื่อปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป ในที่นี้หมายถึง การเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ประโยชน์ของดินโดยรอบพื้นที่ป่าชายเลน การศึกษานี้แบ่งการใช้ที่ดินออกเป็นสามแนวพื้นที่ด้วยกัน แต่ละแนวการเก็บตัวอย่างจะได้รับอิทธิพลความเค็มของน้ำทะเล

กระแสน้ำ การท่วมขังของน้ำทะเล ในสัดส่วนแตกต่างกันส่งผลให้คุณสมบัติดินแตกต่างกันไป โดยคุณสมบัติพื้นฐานประกอบด้วย

- 1) เนื้อดิน วัดโดยเครื่องไฮโดรมิเตอร์ใช้วัดความหนาแน่นของสารละลายดินตาม สัดส่วนเวลา เพื่อพิจารณาความพรุนของดิน ความหนาแน่นของดินมีอิทธิพลต่อ การซึมผ่านของน้ำผ่านช่องว่างระหว่างอนุภาคดิน ส่งผลต่อการสัมผัสน้ำและอนุภาคดิน
- 2) ค่าความเค็ม ดินเค็มเกิดจากดินธรรมชาติได้รับเกลือที่ละลายง่ายเข้ามามากกว่า ถูกชะล้างออกไป จึงมีการสะสมเกลือขึ้นเรื่อยๆ พืชบางชนิดเท่านั้นที่เจริญในดินเค็มได้
- 3) ค่าความเป็นกรดต่าง ดินชายเลนทั่วไปมีค่าความเป็นกรด-ต่างประมาณ 7.4 ถึง 8.3 เนื่องจากดินชายเลนได้รับอิทธิพลมาจากน้ำเค็มและน้ำจืดที่มีเกลือโซเดียม คลอไรด์ที่มีความเป็นกลางเป็นส่วนผสม
- 4) สภาพน้ำไฟฟ้า สภาพน้ำไฟฟ้าของดิน ได้รับอิทธิพลมาจากไอออนของเกลือที่ อาจตกค้างในดินเมื่อนำดินมาระเหยน้ำออก
- 5) ความหนาแน่นและบดอัดของดิน เป็นตัวบ่งชี้ช่องว่างระหว่างอนุภาคดิน มักพิจารณาร่วมกับการกระจายตัวของอนุภาคดิน เพื่อหาสมบัติการซึมผ่านของน้ำมา พิจารณาอิทธิพลของน้ำเค็มที่มีผลต่อการดูดซับอนุภาคเกลือ
- 6) ความชื้นในดิน ความชื้นในดินบ่งบอกถึงปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับในช่องว่าง ขนาดเล็กในอนุภาค
- 7) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเกิดจากการทับถม สารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ทำให้มีการกักเก็บคาร์บอนในดินเกิดขึ้น ลด การหมุนเวียนคาร์บอนสู่บรรยากาศ
- 8) ไนโตรเจน ไนโตรเจนในดินเกิดจากการเติมสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็น องค์ประกอบ เป็นธาตุอาหารสำหรับจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์

3.4.2 การทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางสิ่งแวดล้อมต่อคุณสมบัติบาง ประการของดิน

การทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางสิ่งแวดล้อมต่อคุณสมบัติ บางประการของดิน จะนำตัวอย่างดินจากแนวในป่าชายเลนมาทำการทดลอง เนื่องจากเป็น แนวที่จะเป็นตัวแทนของป่าชายเลน ในขณะที่อีกสองแนวได้รับอิทธิพลจากภายนอกมาก จนอาจทำให้คุณสมบัติดินเปลี่ยนแปลงไป โดยการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์นั้น คุณสมบัติ ดินชายเลนที่สนใจคืออินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจน โดยอิทธิพลทางสิ่งแวดล้อมที่สนใจ ได้แก่ การทับถมของพืช ความเค็มของน้ำทะเล และอุณหภูมิ ขั้นตอนการทดลองสามารถสรุปได้ดัง รูปที่ 16



รูปที่ 16 ขั้นตอนการทดลอง

เริ่มจากการเตรียมตัวอย่างดินชายเลนสำหรับการทดลอง ขั้นแรกนำตัวอย่างดินจากแนวในป่าชายเลนมากวนผสมกับใบพีชที่บดหยาบในอัตราส่วนตัวแทนการทับถมของพีชน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ย และมากที่สุดของป่าชายเลนปากแม่น้ำของสนิท อักษรแก้ว (2542) ที่มีค่าเท่ากับ 15 138 และ 497 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ จากนั้นนำตัวอย่างดินและพีชที่ผสมกันแล้วมาเติมสารละลายเกลือที่มีระดับความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 0.5 พีพีที 15 พีพีทีและ 34 พีพีที เพื่อเป็นตัวแทนของระดับความเค็มของน้ำกร่อยที่ต่ำที่สุด ระดับความเค็มของน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดสมุทรสงครามในช่วงฤดูฝน และความเข้มข้นความเค็มของน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลที่มากที่สุดในช่วงปี พ.ศ. 2548-2549 (ณัฐวรรธน์ ปภาวสิทธิ์, 2549) และค่าความเค็มที่มากที่สุดบริเวณปากแม่น้ำที่สามารถแปรปรวนได้ โดยเติมสารละลายเกลือให้มีระดับน้ำสูงกว่าผิวหน้าดินอย่างน้อย 1 เซนติเมตร และทำสัญลักษณ์ระดับน้ำไว้ เพื่อให้การเติมน้ำรักษาความเข้มข้นของสารละลายเกลือมีความคงที่

หลังจากเตรียมตัวอย่างดินชายเลนผสมกับใบพีชและสารละลายเกลือแล้ว นำบีกเกอร์ที่มีอัตราส่วนที่ต่างกันเข้าตู้อบที่มีอุณหภูมิ 20 28 และ 35 องศาเซลเซียส โดยที่ 20 องศาเซลเซียสเป็นตัวแทนอุณหภูมิต่ำสุดที่สามารถพบพีชชายเลนเจริญเติบโตได้ 28 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงและยังใกล้เคียงอุณหภูมิเฉลี่ย

ของจังหวัดสมุทรสงคราม และที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นตัวแทนอุณหภูมิที่สูงสุดที่พบ การเจริญเติบโตของพืชชายเลนในประเทศไทย ตัวอย่างดินที่ทำการทดลองดังรูปที่ 17 โดย จะทำการบ่มตัวอย่างดินในอัตราส่วนต่างๆ เป็นระยะเวลา 28 45 และ 105 วัน ระยะเวลา นั้น คำนึงถึงระยะเวลาการย่อยสลายซากพืช ซึ่งการย่อยสลาย ในวันที่ 28 เป็นช่วงการย่อยสลาย ใบพืชที่จมน้ำโดยแบคทีเรียและไบโอสเม โกงกางใบเล็ก มีการย่อยสลายไปแล้วร้อยละ 50 โดยประมาณ วันที่ 45 และ 105 เป็นเวลาที่เกิดการย่อยสลายโกงกางใบใหญ่ไปร้อยละ 50 และร้อยละ 98-100 ตามลำดับ (ขมาพร สรรพอร่ามเดชะ, 2545 อ้างจาก สนิท อักษรแก้ว, 2545) โดยระหว่างการบ่มนั้น จะมีการระเหยของน้ำ จึงมีการเติมน้ำกลั่น ให้ระดับน้ำเท่ากับ ก่อนมีการระเหยเพื่อรักษาความเข้มข้นของสารละลายเกลือและความชื้นของดิน

เมื่อครบกำหนดในแต่ละช่วงเวลาแล้ว นำตัวอย่างออกจากตู้บ่มและนำมาผึ่งให้แห้ง บด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร ตัวอย่างดังรูปที่ 18 และวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์ คาร์บอนและไนโตรเจน โดยวิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐาน พร้อม บันทึกผลการวิเคราะห์ลงในตารางที่ 10



(ก)

(ข)

(ค)

(ก) การผสมใบพืชปั่นหยาบกับตัวอย่างดินชายเลน

(ข) การผสมตัวอย่างดินที่ผสมใบพืชกับสารละลายเกลือ

(ค) การรวบรวมตัวอย่างดินเพื่อบ่มที่อุณหภูมิที่กำหนด
รูปที่ 17 การเตรียมตัวอย่างดินชายเลนสำหรับการทดลอง

ตารางที่ 10 ตารางบันทึกผลการทดลอง

	D ₂₈									D ₄₅									D ₁₀₅																	
	L ₁₅			L ₁₃₈			L ₄₉₇			L ₁₅			L ₁₃₈			L ₄₉₇			L ₁₅			L ₁₃₈			L ₄₉₇											
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3									
T ₂₀	S _{0.5}																																			
	S ₁₅																																			
	S ₃₄																																			
T ₂₈	S _{0.5}																																			
	S ₁₅																																			
	S ₃₄																																			
T ₃₅	S _{0.5}																																			
	S ₁₅																																			
	S ₃₄																																			
หมายเหตุ	T ₂₀	แทน	การบ่มที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	T ₂₈	แทน	การบ่มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส	T ₃₅	แทน	การบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส	L ₁₅	แทน	การผสมกับใบพืชที่อัตราส่วน 15 กิโลกรัมต่อไร่	L ₁₃₈	แทน	การผสมกับใบพืชที่อัตราส่วน 138 กิโลกรัมต่อไร่	L ₄₉₇	แทน	การผสมกับใบพืชที่อัตราส่วน 497 กิโลกรัมต่อไร่	S _{0.5}	แทน	การผสมกับสารละลายเกลือ 0.5 ppt	S ₁₅	แทน	การผสมกับสารละลายเกลือ 15 ppt	S ₃₄	แทน	การผสมกับสารละลายเกลือ 34 ppt	D ₂₈	แทน	ระยะเวลาที่บ่ม 28 วัน	D ₄₅	แทน	ระยะเวลาที่บ่ม 45 วัน	D ₁₀₅	แทน	ระยะเวลาที่บ่ม 105 วัน



(ก)

(ข)

(ค)

(ก) ตัวอย่างดินชายเลนที่ครบกำหนดเวลาการบ่ม

(ข) ตัวอย่างดินชายเลนที่ผ่านการผึ่งจนแห้ง

(ค) ตัวอย่างดินชายเลนที่ผ่านการบด ร่อน ผ่านตะแกรง

รูปที่ 18 การเตรียมตัวอย่างดินชายเลนก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน

3.5 การคำนวณอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน และการกักเก็บคาร์บอนในดิน

3.5.1 การคำนวณอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

การคำนวณอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เพื่อบ่งชี้สภาพการย่อยสลายของดิน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5 ดังนี้

$$\text{จากสมการ} \quad \text{C/N ratio} = \frac{\text{OC}}{\text{N}} \quad \text{----(5)}$$

โดยที่ C/N ratio หมายถึง อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน
 OC หมายถึง ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (ร้อยละ)
 N หมายถึง ปริมาณไนโตรเจนในดิน (ร้อยละ)

3.5.2 การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนในดิน

การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนในดิน เพื่อประมาณความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน สามารถคำนวณโดยใช้สมการที่ 6 (Guo & Gifford, 2002) ดังนี้

$$\text{จากสมการ} \quad C_{\text{seq}} = \text{SOC} \times \text{BD} \times \text{D} \quad \text{----(6)}$$

โดยที่ C_{seq} หมายถึง การกักเก็บคาร์บอนในดิน (กรัมคาร์บอน/เมตร²)
 SOC หมายถึง คาร์บอนอินทรีย์ในดิน (ร้อยละ)
 BD หมายถึง ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัมดิน/เมตร³)
 D หมายถึง ความลึก (เมตร)

3.6 การศึกษาความสัมพันธ์ทางสถิติ

การนำผลการศึกษามาหาความสัมพันธ์ทางสถิติ โดยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 23 เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์การกักเก็บคาร์บอนระหว่างปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม คือ การทับถมของพืช อิทธิพลความเค็ม และอุณหภูมิที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน โดยใช้การวิเคราะห์แผนแบบแฟคทอเรียลสามปัจจัย หากพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยจะเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนระหว่างปัจจัย โดยการเปรียบเทียบเชิงพหุ ที่ระดับนัยสำคัญ .05



บทที่ 4

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ผลการศึกษาประกอบด้วยการสำรวจพื้นที่ การวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลน ทั้งสามแนว ความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางสิ่งแวดล้อมต่อคุณสมบัติบางประการของดิน และสุดท้ายผลการวิเคราะห์ทางสถิติ อันจะนำไปสู่การอภิปรายผลและสรุปผลที่ได้ต่อไป

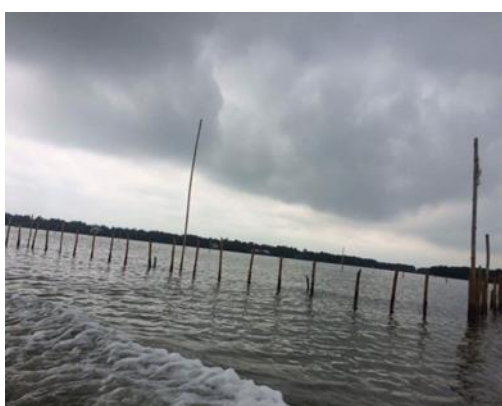
4.1 การสำรวจพื้นที่

การสำรวจพื้นที่นอกจากจะทำการเก็บตัวอย่างดินชายเลนและใบพีชอันเป็นตัวแทนของ ซากพีช เพื่อนำมาทดลองแล้ว ยังมีการสำรวจลักษณะทั่วไปพื้นที่ศึกษา และลักษณะของแนวเก็บ ตัวอย่างแต่ละแนวเก็บตัวอย่าง เพื่อนำไปประกอบการอธิบายผลการวิเคราะห์ โดยผลการลงพื้นที่มี รายละเอียด ดังนี้

4.1.1 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ป่าชายเลน

ป่าชายเลนในตำบลคลองโคนสามารถพบได้ทั่วทั้งตำบล แต่บริเวณที่พบพื้นที่ป่าชายเลน มากที่สุดคือพื้นที่ตลอดริมชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ลักษณะป่าชายเลนเป็นที่ราบน้ำท่วมถึงและ ได้รับอิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลงตลอดเวลา จัดเป็นป่าชายเลนประเภท Overwash forests ป่าชายเลน ไม่มีการแบ่งเขตชัดเจน เนื่องจากมีการปลูกกล้าไม้แทรกอยู่ตลอดเวลา หากจัดเขต ตามฐานข้อมูลความรู้ทางทะเล (2553) จะสามารถจัดได้ว่าอยู่ในเขต 2 และเขต 3 ที่พบไม้ จำพวก แสม โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ โดยเป็นพันธุ์ไม้ที่ขึ้นใกล้บริเวณทะเล น้ำเค็ม ได้ โดยป่าชายเลนบริเวณนี้ประกอบด้วยพื้นที่ป่าและขนานด้วยลำคลองหรือแพรกที่สำคัญ ขนาดใหญ่ของชุมชนจำนวน 4 ลำคลอง คือ แพรกทะเล แพรกใหญ่ คลองโคน และคลองคด และพื้นที่ด้านในป่าชายเลนประกอบด้วยแพรกหรือลำคลองขนาดเล็กแตกย่อยออกไป สำหรับ ใช้นำเรือเข้าไปในพื้นที่ของคอกในชุมชน ลักษณะแพรกทะเล (ดังรูปที่ 18 (ก)) เป็นแพรกที่มี ขนาดใหญ่ที่สุดในลำคลองทั้งสี่ มีการนำไม้ลวกมาปักลงกลางลำน้ำเป็นเส้นตรงตามความกว้าง เพื่อทำการเลี้ยงหอยแครง ก่อนจะทำการดำหอย และนำไปขายต่อไป ปัจจุบันมีการพัฒนาเป็น ฟาร์มหอยแครงขนาดใหญ่เต็มลำน้ำ ถัดมาเป็นแพรกใหญ่ (ดังรูปที่ 18 (ข)) เป็นทางเข้าพื้นที่ ป่าชายเลนที่สำคัญ สองข้างทางจะเต็มไปด้วยต้นไม้นานาพันธุ์ ด้านในป่าสามารถแตกเป็น ลำคลองขนาดเล็กได้อีกจำนวนมาก คลองโคน (ดังรูปที่ 18 (ค)) เป็นปากแม่น้ำหนึ่งที่มี การสัญจรเรือหางยาวของคนชุมชน เพื่อใช้ในการออกทะเลหรือพานักท่องเที่ยวออกมาปลูก ป่า หรือออกไปบ้านพักกลางทะเล และมีสิ่งปลูกสร้าง เช่น บ้านเรือน บ้านพักโฮมสเตย์ สุดท้ายคือคลองคด (ดังรูปที่ 18 (ง)) ปากทางเข้าลำคลองที่มีไม้ยืนต้นตาย โคนลำต้นเต็มไปด้วย เปรียง เช่นเดียวกับดินใต้ท้องน้ำมีลักษณะเป็นสุสาน เปรียง ดินพบเปลือกหอยที่เกิดการ

ทับถมกัน กิจกรรมที่เกิดขึ้นใกล้เคียงบริเวณป่าชายเลนคือ มีการเปิดกิจการบ้านพัก โฮมสเตย์ สำหรับนักท่องเที่ยว การสัญจรของเรือก่อให้เกิดคลื่นพัดเข้าสู่พื้นที่ป่าชายเลน การส่งเสริมกิจกรรมการปลูกป่าชายเลนสำหรับนักท่องเที่ยว การถีบกระดานไม้สำหรับเก็บหอยหลอด มีการวางไอโง้ง (ตะแกรงสำหรับดักสัตว์น้ำ) บริเวณริมชายฝั่งเพื่อดักจับสัตว์น้ำ และที่สำคัญคือ มีพื้นที่สำหรับการทำนาุ้ง ซึ่งเป็นอาชีพที่สำคัญของคนในพื้นที่โดยส่วนมากทำนาุ้งแบบธรรมชาติ แต่ในปัจจุบันเนื่องจากปัญหาทางด้านเศรษฐกิจ ชาวบ้านจึงหันมาเลี้ยงปลา มากกว่าการทำนาุ้งเพียงอย่างเดียว



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 19 ลักษณะลำคลองและแพรงหลักของพื้นที่ศึกษา

(ก) ลักษณะแพรงทะเล

(ข) ลักษณะแพรงใหญ่

(ค) ลักษณะคลองโคน

(ง) ลักษณะคลองคด

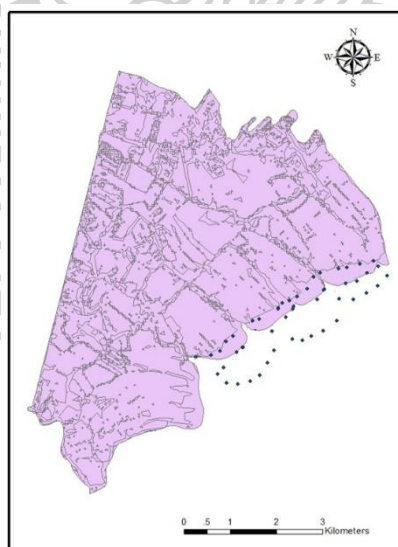
4.1.2 ข้อมูลพื้นฐานของจุดเก็บตัวอย่าง

การศึกษาคุณสมบัติดินนั้น ทำการเก็บตัวอย่างดินชายเลนสามแนวด้วยกัน คือ

- 1) แนวป่าชายเลน ตำบลคลองโคน บริเวณใกล้ท่าเรือ
- 2) แนวในป่าชายเลน และ
- 3) แนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล จำนวนจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 47 ตัวอย่าง จำนวนจุดเก็บตัวอย่างแต่ละแนว ทำการเก็บตัวอย่าง ดังตารางที่ 11 และรูปที่ 19 ในวันที่ 17 18 และ 21 กันยายน พ.ศ.2559 พิกัดจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด ดังภาคผนวก ค เรื่อง พิกัดทางภูมิศาสตร์ของจุดเก็บตัวอย่างดินชายเลน รายละเอียดของพื้นที่แต่ละแนวจุดเก็บตัวอย่าง ดังนี้

ตารางที่ 11 จุดเก็บตัวอย่าง

ลำดับ	บริเวณการเก็บตัวอย่างดิน	จำนวนจุดเก็บตัวอย่าง
แนวที่ 1	พื้นที่ป่าชายเลนตำบลคลองโคนบริเวณใกล้ท่าเรือ	18 จุด
แนวที่ 2	พื้นที่ในป่าชายเลนตำบลคลองโคนบริเวณ รอยต่อระหว่างเขตพิทักษ์ป่าชายเลน 1,000 ไร่กับพื้นที่ป่าปลูกเพิ่มเติม	13 จุด
แนวที่ 3	พื้นที่ป่าชายเลนตำบลคลองโคนบริเวณริมชายฝั่ง	16 จุด



รูปที่ 20 จุดเก็บตัวอย่าง

1) ลักษณะพื้นที่แนวป่าชายเลนติดท่าเรือ

ในอดีตพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณติดท่าเรือเป็นพื้นที่ที่มีการรุกรานพื้นที่ของคนในชุมชนโดยการทำเกษตรกรรม นาเกลือ ขุดบ่อเลี้ยงปลาและปู และมีแนวโน้มทำลายพื้นที่ป่าชายเลนไปเรื่อยๆ จนพื้นที่ป่าชายเลนลดลง จึงได้มีการกำหนดขอบเขตพื้นที่ห้าม

รูก้าการทำนาทุ่งเข้าไปในพื้นที่ป่าชายเลนดังกล่าว และมีการปลูกไม้ชายเลนแทนในพื้นที่ ลักษณะพื้นที่แนวป่าชายเลนติดนาทุ่งที่ทำการเก็บตัวอย่างนั้น ทำการเก็บในพื้นที่ตลอดแนวติดกับพื้นที่ชาวบ้านที่ส่วนใหญ่มีการประกอบอาชีพนาทุ่ง มีการผันน้ำเข้าและปล่อยน้ำจากนาทุ่งลงในพื้นที่ใกล้เคียง ทำให้พื้นที่ที่เก็บตัวอย่างได้รับอิทธิพลจากน้ำที่ปล่อยจากนาทุ่ง อีกทั้งยังมีการขุดหลุมสำหรับเลี้ยงปูทะเลในพื้นที่ ลักษณะดินเป็นดินเลนสีน้ำตาลอ่อน พบสีเขียวของสาหร่ายสีเขียว (*Lyngbya* spp.) ที่พบบริเวณน้ำตื้นซึ่งพบบนผิวดินโคลน โคนต้นโกงกางและแสม พันธุ์พืชที่พบแตกต่างจากแนวอื่นๆ คือ ต้นจากและชะคราม ในขณะที่แนวอื่นไม่พบ ลักษณะพื้นที่ดังรูปที่ 20



รูปที่ 21 ลักษณะพื้นที่ป่าชายเลนตำบลคลองโคนบริเวณใกล้สนามนาทุ่ง

2) ลักษณะพื้นที่แนวในป่าชายเลนตำบลคลองโคนบริเวณ รอยต่อระหว่างเขตพิทักษ์ป่าชายเลน 1,000 ไร่กับพื้นที่ป่าปลูกเพิ่มเติม

พื้นที่ในป่าชายเลนเป็นพื้นที่รอยต่อเขตพิทักษ์ป่าชายเลน 1,000 ไร่ที่เป็นพื้นที่เดิมที่มีการอนุรักษ์ไว้กับพื้นที่ป่าปลูกเพิ่มเติมจากป่าชายเลนธรรมชาติ แต่เนื่องจากพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนนี้เป็นไม้อายุสั้น จึงมีการปลูกต้นไม้ชายเลนเพื่อทดแทนเพิ่มเติมจนเต็มพื้นที่และมีการปลูกเพิ่มเติมจนเกิดเป็นพื้นที่ป่าชายเลนงอกออกไปตามชายฝั่งทะเลลักษณะในป่า เมื่อน้ำขึ้นจะมีการท่วมขังของน้ำกร่อยเป็นแอ่งน้ำในพื้นที่ต่ำ ดินมีลักษณะเป็นดินโคลน เต็มไปด้วยน้ำ ช่วงเวลาน้ำลงลักษณะดินแห้งคล้ายดินป่าบกทั่วไป แต่เมื่อมีการสัมผัสหรือเหยียบลงดินจะมีลักษณะนิ่ม และเมื่อน้ำซึมออกมา เมื่อลงเดินจะมีการยุบตัวตามน้ำหนักของคน และมีกลิ่นเหม็น พบสัตว์เช่น ลิง ปู และงู ในพื้นที่ลักษณะพื้นที่ดังรูปที่ 21



รูปที่ 22 ลักษณะพื้นที่ในป่าชายเลน

3) ลักษณะพื้นที่แนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล

พื้นที่ป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล ลักษณะพันธุ์ไม้เป็นพุ่มเตี้ย และต้นไม้ส่วนใหญ่มีการผลัดใบ เป็นพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลงมากกว่าอีกสองแนว เมื่อน้ำขึ้นบริเวณนี้จะมีน้ำท่วมสูง ไม่สามารถลงเดินได้ แต่เมื่อน้ำลงมีลักษณะเป็นลานกว้าง ชาวบ้านจะถีบกระดานไม้ลื่นไถลบนพื้นดินเพื่อหาหอยหลอด บางพื้นที่มีสุสานเพรียงที่เกาะตามโคนต้นไม้ ลักษณะดินมีลักษณะร่วน แต่เหนียวและลื่น มีกิจกรรมของคนในชุมชนคือ การวางตะแกรงดักสัตว์น้ำ และมีการส่งเสริมนักท่องเที่ยวปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนในบริเวณนี้ พื้นที่ป่าในบริเวณนี้ส่วนใหญ่จึงเป็นพื้นที่ป่าที่เกิดขึ้นใหม่ อายุไม่มาก หรือมีการปลูกไม้ชายเลนเพิ่มเติมลงไปทะเล ลักษณะพื้นที่ดังรูปที่ 22



รูปที่ 23 ลักษณะพื้นที่ป่าชายเลนตำบลคลองโคนบริเวณริมชายฝั่ง

4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลนทั้งสามแนว

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของตัวอย่างดินชายเลนแนวป่าชายเลนติดนาุ้ง แนวในป่าชายเลน และแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล โดยมีคำอธิบายแทนแนวการเก็บตัวอย่าง (รูปที่ 19) ดังนี้

- แนวที่ 1 แทน ตัวอย่างดินแนวป่าชายเลนติดนาุ้ง
- แนวที่ 2 แทน ตัวอย่างดินแนวในป่าชายเลน
- แนวที่ 3 แทน ตัวอย่างดินแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลนทั้ง 3 แนวทั้งหมด 47 ตัวอย่าง และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติ มีรายละเอียด ดังนี้

4.2.1. เนื้อดิน

ผลการวิเคราะห์เนื้อดินของดินชายเลนทั้งสามแนว ดังตารางที่ 12 รายละเอียดในภาคผนวก ง เรื่อง ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน พบว่าดินแนวป่าชายเลนติดนาุ้งและแนวในป่าชายเลนมีร้อยละของอนุภาคดินแต่ละชนิดใกล้เคียงกัน และเมื่อเทียบกับสามเหลี่ยมเนื้อดินรายละเอียดในภาคผนวก จ เรื่อง ระดับคุณสมบัติพื้นฐานของดิน รูปที่ จ-1 แล้วพบว่าเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายแป้งเหมือนกัน ในขณะที่ดินแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเลมีปริมาณดินทรายมากกว่า และประเภทเนื้อดินเป็นดินร่วนปนเหนียว โดยดินทั้งสามแนวนี้จัดอยู่ในดินประเภทเนื้อละเอียด (Fine Texture Soil) มีคุณสมบัติเมื่อแห้งจับตัวเป็นก้อนแข็งเมื่อเปียกจะเหนียวเหนอะหนะ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2530) เนื่องจากดินแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเลเป็นบริเวณดินงอกใหม่ ที่เกิดจากการพัดพาตะกอนจากภายนอกป่าชายเลน เมื่อระยะเวลาผ่านไปอนุภาคเนื้อดินทรายจะลดลงในขณะที่อนุภาคเนื้อดินแป้งจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น (สนิท อักษรแก้ว, 2547) การพัฒนาดินอาจมีการเปลี่ยนแปลงประเภทดินในอนาคต ผลการศึกษาสอดคล้องกับแนวคิดของวานิชยา นิลวิเชียร และคณะ (2554) ที่กล่าวว่า เนื้อดินมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะห่างจากริมชายฝั่งทะเล แต่ไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาของจิตต์ คงแสงไชย (2516) ที่ศึกษาดินชายเลนจังหวัดพังงา พบว่าร้อยละอนุภาคดินทรายลดลงเมื่อเข้าใกล้ชายฝั่งทะเล กล่าวคือ พื้นที่ที่ใกล้ชายฝั่งมีร้อยละอนุภาคดินทรายลดลง

ตารางที่ 12 ร้อยละอนุภาคดินทราย ดินทรายแป้ง และดินเหนียว ของดินชายเลนทั้งสามแนว

แนว	ร้อยละดินทราย	ร้อยละดินทรายแป้ง	ร้อยละดินเหนียว	ประเภทเนื้อดิน
	เฉลี่ย	เฉลี่ย	เฉลี่ย	
1	5.29±0.02	56.13±0.01	49.16±0.01	ดินเหนียวปนทรายแป้ง
2	4.15±0.82	56.82±0.82	47.33±0.01	ดินเหนียวปนทรายแป้ง
3	20.62±1.00	43.51±1.80	35.87±0.80	ดินร่วนปนเหนียว

เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาดินชายเลนบริเวณริมชายฝั่งทะเล ส่วนใหญ่พบประเภทเนื้อดินที่ใกล้เคียงกัน คือ ผลการศึกษาของกัลยา วัฒนากกร (2550) ดินชายเลนบริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบเนื้อดินเป็นเนื้อดินร่วนปนทราย ถึงดินร่วนปนเหนียว

การศึกษาของวาณิชยา นิลวิเชียร และคณะ (2554) บริเวณป่าชายเลนจังหวัดตราด และการศึกษาของวงแห ยูติธรรม (2547) บริเวณหาดเลน บางแหลม จังหวัดเพชรบุรี พบว่าเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย

ผลการศึกษาดินหาดเลนงอกใหม่ ณ บริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชของ สนิท อักษรแก้ว (2547) และการศึกษาของกนกพรและคณะ (2558) บริเวณป่าชายเลน ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน จังหวัดสมุทรสาคร และพื้นที่ริมทางเข้าตำบลคลองโคกน จังหวัดสมุทรสงครามพบเนื้อดินเป็นเนื้อดินเหนียว ในขณะที่ผลการศึกษาของ ณีฎฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ (2549) ณ บริเวณชายฝั่งจังหวัดสมุทรสงคราม พบเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทราย

ผลการศึกษาของ(พุลศรี วันธงไชย, วรุฒิ พิทักษ์สันติกุล, นวพร สุญาณเศรษฐกร และปวีณา เชื้อผู้ดี, 2556) ดินชายเลนจังหวัดระนอง สอดคล้องกับผลการศึกษารูปร่างหน้าตาของดินของประทุมมินทร (2545) ศึกษาดินชายเลนนาทุ่งร้าง อำเภอนวม จังหวัดนครศรีธรรมราช พบเนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนเหนียว

จากการเปรียบเทียบกับตัวอย่างดินชายเลนแต่ละพื้นที่พบว่า ดินในแต่ละพื้นที่มีเนื้อดินแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมหลายปัจจัย เช่น เวลา ลักษณะภูมิประเทศ น้ำขึ้นน้ำลง ระยะห่างจากชายฝั่งทะเล กิจกรรมใกล้เคียง อาทิ การทำนาทุ่ง เป็นต้น ปัจจัยข้างต้นล้วนแล้วส่งผลต่อลักษณะเนื้อดินทั้งสิ้น หรือแม้กระทั่งวัตถุดิบกำเนิดของดินที่เป็นหินทรายเองที่อาจมีการผุพังในอัตราส่วนไม่เท่ากัน (วรนนท์ สนกันหา, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, ศุภิมา ธนะจิตต์, เอิบ เขียวรัตน์ และทักษิณ อาชวาคม อ้างถึง Blatt and Tracy, 1996) ที่เป็นตัวกำหนดประเภทเนื้อดินให้แตกต่างกันในแต่ละจังหวัด แต่ละพื้นที่ แต่ทั้งนี้สังเกตได้ว่าดินชายเลนส่วนใหญ่พบร้อยละของอนุภาคดินเหนียวในสัดส่วนที่มากกว่าอนุภาคทรายแป้งและทราย

4.2.2. ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าความเค็มและสภาพนำไฟฟ้า

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าความเค็มและสภาพนำไฟฟ้า ของดินชายเลนทั้งสามแนว ดังตารางที่ 13 รายละเอียดในภาคผนวก ง เรื่อง ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดินพบว่าค่าความเป็นกรดต่างของดินแนวป่าชายเลนติดนาทุ่งมีความเป็นกรดจัด (5.39) ดินแนวในป่าชายเลนเป็นต่างอ่อน (7.5) ในขณะที่ดินแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล มีความเป็นต่างจัด (8.33) โดยดินบริเวณที่เป็นกรดจัดเกิดจากการมีอินทรีย์สารทับถมอยู่มาก เมื่อเกิดการเน่าเปื่อย ย่อยสลายลง จะเกิดกรดอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งส่งผลทำให้ดินเป็นกรดด้วย เพราะไฮโดรเจนไอออน (H^+) จากกรดจะเข้าไปที่แคตไอออน (Cation) ซึ่งต่างจะถูกชะล้างละลายออกไปกับน้ำ โดยที่ต่างจะถูกชะล้างจากหน้าดินได้ง่าย ทำให้ไฮโดรเจนไอออนสะสมที่ผิวอนุภาคดินเหนียวใน

ปริมาณมาก (วรรณท์ สนกันหา และคณะ, 2555) จึงทำให้ดินที่ตกค้างอยู่กลายเป็นกรดไปที่ละน้อย อีกทั้งยังอาจเกิดจากการออกซิเดชันของไพไรต์ (FeS_2) ซึ่งมักเกิดในดินที่เกิดจากตะกอนน้ำทะเลหรือตะกอนน้ำกร่อยหรือเกิดจากการตกค้างในดินเอง เมื่อเจอกับออกซิเจนจะถูกออกซิไดส์อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ทำให้ดินมีสภาพกรดจัด (Coyne and Thompson, 2006) ส่วนดินบริเวณที่เป็นต่างจัดเกิดจากการสะสมเกลือคาร์บอเนตของแคลเซียม แมกนีเซียมหรือโซเดียมที่มาจากอิทธิพลน้ำทะเล ส่งผลให้ดินมีค่าความเป็นต่างมากขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ผลการศึกษาพบว่าดินชายเลนส่วนใหญ่มีสภาพเป็นกรดถึงกลาง โดยมีผลการศึกษาจากหลายงานวิจัยสนับสนุน เช่น ผลการศึกษาของฐานันท์ ประทุมมิตร (2545) ศึกษาดินชายเลนนาุ้งร้าง อำเภอนนทบุรี จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่มีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 5.9-7 คืออยู่ในช่วงระดับกรดปานกลางถึงเป็นกลาง ผลการศึกษาของ(พุลศรี วันธงไชย และคณะ, 2556) ดินชายเลนจังหวัดระนอง มีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 5.9-6.6 อยู่ในระดับกรดปานกลางถึงกรดอ่อนและผลการศึกษาของวงแห ยูติธรรม (2547) ที่ศึกษาบริเวณหาดเลน บางแหลม จังหวัดเพชรบุรี พบว่าค่าความเป็นกรดต่างของดินอยู่ในช่วง 6.85 ถึง 7.67 และมีค่าแตกต่างกันตามช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

ในขณะที่ผลการศึกษาค่าความเป็นกรดต่างของดินชายฝั่งทะเลสอดคล้องกับข้อมูลของวันวิภาห์ วิชิตวรคุณ (2544) ที่มีค่าความเป็นกรดต่าง ณ หาดเลนคลองโคน อยู่ระหว่าง 6.61-8.50 และการศึกษาของ(ณัฐรัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ, 2547) ที่มีค่าความเป็นกรดต่างบริเวณชายฝั่งจังหวัดสมุทรสงครามเท่ากับ 8.05

ตารางที่ 13 ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าความเค็มและสภาพนำไฟฟ้า ของดินชายเลนทั้งสามแนว

แนว	ความเป็นกรดต่าง	ความเค็ม (พีพีที)	สภาพนำไฟฟ้า ($\mu\text{m/L}$)
1	5.39±0.05	11.95±0.15	10.03±0.10
2	7.50±0.05	10.96±0.09	10.02±0.06
3	8.33±0.02	10.03±0.06	10.02±0.00

ค่าความเค็มพบว่า ดินแนวป่าชายเลนติดนาุ้งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือดินแนวในป่าชายเลน และดินแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล ตามลำดับ โดยความเค็มในดินเกิดจากดินธรรมดาได้รับเกลือที่ละลายง่ายเข้ามามากกว่าการชะล้างหรือละลายออกไป จึงมีการสะสม

ของเกลือเหล่านี้ไปเรื่อยๆ และพื้นที่ดินชายเลนจะมีการสะสมเกลือจากทะเลเมื่อมีน้ำท่วมถึง หรือพัดละอองน้ำเค็มมาถึงและสะสมในดินที่ละน้อยแต่ต่อเนื่องและยาวนาน (คณาจารย์ ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) โดยพบว่าพื้นที่แนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเลมีการค่าความเค็ม น้อยที่สุดแม้ว่าจะมีการสัมผัสกับน้ำทะเลมากกว่า แต่มีการรวนเวียนของน้ำทะเลอยู่เสมอ ไม่ เกิดการตกตะกอนเกลือในพื้นที่ ในขณะที่ป่าชายเลนติดนาุ้ง แม้ได้รับอิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลง น้อยกว่า แต่มีช่วงเวลาสำหรับการตกตะกอนเกลือและเกิดการสะสมในดิน จึงเกิด การตกตะกอนและสะสมเกลือส่งผลให้ดินมีค่าความเค็มมากที่สุด

ผลการศึกษาดูแตกต่างกับผลการศึกษาดินหาดเลนงอกใหม่ ณ บริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชของสนิท อักษรแก้ว (2547) พบว่าค่าความเค็มมีค่าคงที่ในแต่ละ จุดเก็บตัวอย่าง และผลการศึกษาพบค่าความเค็มเพียงเล็กน้อย คือ อยู่ในช่วง 1-5 พีพีที และ ผลการศึกษาของฐานันท์ ประทุมมิตร (2545) ศึกษาดินชายเลนนาุ้งร้าง อำเภอนวม จังหวัดนครศรีธรรมราช มีค่าความเค็มมากที่สุด คือ 30-39 พีพีที ส่งผลให้พืชทนเค็มเท่านั้นที่ จะสามารถเจริญเติบโตได้ ทั้งนี้ความเค็มของดินขึ้นอยู่กับความเค็มของน้ำทะเลในช่วงเวลานั้น โดยอรพรรณ ฉัตรศรีรุ่ง (2551) กล่าวว่าเมื่อความเค็มลดลง ส่งผลดีต่อกระบวนการทางสรีระวิทยา ทำให้ต้นไม้เจริญเติบโตได้ดี

ในขณะที่ค่าความเป็นกรดต่างและค่าความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะพื้นที่ แต่ค่าสภาพนำไฟฟ้า กลับพบว่าทั้งสามแนวมีค่าใกล้เคียงกัน คือพบว่าค่าสภาพการนำไฟฟ้า ของดินอยู่ในระดับดินเค็มมาก พีซีทีทนเค็มเท่านั้นที่จะสามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่งสอดคล้องกับ ตัวอย่างดินที่นำมาวิเคราะห์ เนื่องจากเป็นดินในป่าชายเลน มีพีซีชายเลนที่ทนเค็ม เจริญเติบโตได้ และไม่พบพีซีไม่ทนเค็มในพื้นที่ศึกษา

4.2.3. ความหนาแน่นของดิน

ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นของดินของดินชายเลนทั้งสามแนว ดังตารางที่ 14 รายละเอียดในภาคผนวก ง เรื่อง ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน การศึกษาได้วิเคราะห์ดินชายเลน 2 ขนาดอนุภาค คือ ขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร และขนาด ≤ 2 มิลลิเมตร พบว่าความหนาแน่น ของดินขนาด ≤ 2 มิลลิเมตรมีค่ามากกว่าอนุภาคดินขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร โดยทั้งสองขนาด ดินมีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.82 ถึง 1.04 ที่อยู่ในระดับความหนาแน่นดินต่ำ โดย (Coyne & Thompson, 2006) จัดให้เป็นดินเนื้อละเอียด หมายถึง อนุภาคของดินเรียงตัวกัน แล้วได้ปริมาตรช่องว่างมาก เนื่องด้วยตัวอนุภาคของดินชายเลนเต็มไปด้วยอนุภาคน้ำที่แทรก อยู่ระหว่างช่องว่าง ส่งผลให้ดินจับตัวกันอย่างหลวมๆ อีกทั้งเป็นตัวอย่างดินที่ระดับ ความลึก 0-30 เซนติเมตร โดยความหนาแน่นของดินจะมากขึ้นเมื่อระดับความลึกมากขึ้น เนื่องจากมีแรงอัดตัวของดินชั้นบน (Walters, 2016) และดินมีอินทรีย์วัตถุสูง คือ มีการสะสม

ของเศษซากของใบไม้เกิดเป็นอินทรีย์วัตถุบนผิวดินส่งเสริมให้เกิดเม็ดดินที่เสถียร โครงสร้างดิน จึงดี ทำให้ดินมีความหนาแน่นรวมต่ำ (วรรณท์ สนทันหา และคณะ, 2555 อ้างถึง Tangsinmankong, 2004 และ Juma, 2001)

ตารางที่ 14 ความหนาแน่นของดินของดินชายเลนทั้งสามแนว

แนว	ความหนาแน่นของดิน (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)	
	อนุภาคดินขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร	อนุภาคดินขนาด ≤ 2 มิลลิเมตร
1	0.82±0.00	1.00±0.00
2	0.87±0.00	1.02±0.00
3	0.87±0.00	1.04±0.00

ผลการศึกษาสอดคล้องกับผลการศึกษาของกนกพรและคณะ (2558) ที่พบค่าความหนาแน่นรวมบริเวณป่าชายเลนศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน จังหวัดสมุทรสาคร อยู่ในช่วง 0.8045-1.3111 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ด้านอื่นในตำบลคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามพบร้อยละ 0.8166-1.2035 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร เนื่องจากการศึกษาของกนกพรและคณะ (2558) มีร้อยละอนุภาคดินเหนียวในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน ส่งผลให้มีความหนาแน่นอยู่ในระดับต่ำเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 15 ความชื้นในดินของดินชายเลนทั้งสามแนว

แนว	อนุภาคดินขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร		อนุภาคดินขนาด ≤ 2 มิลลิเมตร	
	ความชื้น	mfc	ความชื้น	mfc
	(ร้อยละโดยมวล)		(ร้อยละโดยมวล)	
1	13.4176±0.20	1.1342±0.00	13.6016±0.05	1.1360±0.00
2	12.5405±0.37	1.1254±0.00	12.7099±0.33	1.1271±0.00
3	10.3677±0.64	1.1037±0.01	10.7942±0.74	1.1079±0.01

4.2.4. ความชื้นในดิน

ผลการวิเคราะห์ความชื้นในดินของดินชายเลนทั้งสามแนว ดังตารางที่ 15 รายละเอียดในภาคผนวก ง เรื่อง ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน พบว่าดินแนวป่าชายเลนติดนาุ้งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือดินแนวในป่าชายเลน และดินแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล ตามลำดับ โดยมีความใกล้เคียงกันระหว่างดินขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร และขนาด ≤ 2 มิลลิเมตร แนวโน้มค่าความชื้นในดินจะแปรผันตามอินทรีย์คาร์บอนใน เนื่องจากความชื้นส่งผลต่อการย่อยสลายกลายเป็นอินทรีย์วัตถุ เพื่อสะสมเป็นอินทรีย์คาร์บอน (Lewis et al., 2011)

4.2.5. ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและปริมาณอินทรีย์วัตถุ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินชายเลนทั้งสามแนว ดังตารางที่ 16 รายละเอียดในภาคผนวก ง เรื่อง ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน พบว่าดินแนวป่าชายเลนติดนาุ้งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือดินแนวในป่าชายเลนและดินแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล ตามลำดับ เมื่อนำปริมาณอินทรีย์วัตถุที่พบทั้งสามแนวมาแปลผลระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินดังตาราง จ-4 ในภาคผนวก จ เรื่อง ระดับคุณสมบัติพื้นฐานของดินแล้ว พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุทั้งสามแนวที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 4.57 ถึงร้อยละ 8.53 ซึ่งมีค่าอยู่ในระดับที่สูงมาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุจึงสอดคล้องกับร้อยละอนุภาคดินเหนียวโดยพบร้อยละดินเหนียวที่ดินแนวป่าชายเลนติดนาุ้ง แนวในป่าชายเลนและแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล ในสัดส่วนเรียงลำดับจากมากถึงน้อยตามลำดับ เนื่องด้วยดินเหนียวมีช่องว่างระหว่างอนุภาคเล็กแต่มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง และอนุภาคไม่เป็นกลาง หรืออนุภาคมีประจุ การที่ดินมีร้อยละดินเหนียวมากนั้นจึงทำให้ดินมีคุณสมบัติดูดซับสารอาหารได้ดี ดินเหนียวส่วนมากจึงเป็นดินอุดมสมบูรณ์ สอดคล้องกับหลายงานวิจัยที่กล่าวว่าอินทรีย์คาร์บอนมีความสัมพันธ์กับเนื้อดิน เนื่องจากดินเหนียวมีเนื้อละเอียด ช่องว่างระหว่างดินน้อย ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เคลื่อนที่ได้ช้า และสามารถกักเก็บคาร์บอนได้ดี (Novara, Gristina, Mantia & Ruhl, 2013)

ตารางที่ 16 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินชายเลนทั้งสามแนว

แนว	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (ร้อยละ)	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (ร้อยละ)
1	4.95±0.05	8.53±0.09
2	3.62±0.02	6.24±0.01
3	2.65±0.00	4.57±0.04

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาภายในพื้นที่ตำบลคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามพบว่า ผลการศึกษาของวันวิวัฒน์ วิจิตรวคุณ (2544) พบว่าในปี พ.ศ.2543 ปริมาณอินทรีย์วัตถุมี ร้อยละที่เพิ่มขึ้น มีค่าอยู่ในช่วง 2.05-2.32 อินทรีย์วัตถุในระดับปานกลาง และการศึกษาใน ปี พ.ศ.2549 ของณัฐวรรธน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ (2549) มีค่าร้อยละอินทรีย์วัตถุบริเวณ ชายฝั่งเท่ากับ 5.98 ที่อยู่ในระดับสูงมาก นั้นหมายความว่าพื้นที่ป่าชายเลนมีการสะสมปริมาณ อินทรีย์วัตถุมากขึ้น ตามระยะเวลา สอดคล้องกับผลการศึกษาดินหาดเลนงอกใหม่ ณ บริเวณ อ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชของสนิท อักษรแก้ว (2547) ที่พบร้อยละอินทรีย์วัตถุ เพิ่มขึ้นเมื่อมีการปลูกพืชโกงกางในพื้นที่ดินงอกใหม่ จากร้อยละ 1.7 อยู่ในระดับ ปานกลาง เมื่อระยะเวลาผ่านไปร้อยละอินทรีย์วัตถุเพิ่มเป็นร้อยละ 3.2 อยู่ในระดับสูงปานกลาง

เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของฐานันท์ ประทุมมิตร (2545) ศึกษาดินชายเลน นาทุ่งร้าง อำเภอนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช พบร้อยละอินทรีย์วัตถุในช่วง 8-14 ที่ระดับสูงมาก ผลการศึกษาของกัลยา วัฒนากร, สมภพ รุ่งสุภา และเผด็จศักดิ์ จารยะพันธุ์ (2547) ดินชายเลนจังหวัดนครศรีธรรมราช บริเวณอ่าวปากพนัง สวนป่าชายเลนปากนคร และสวนป่า ชายเลนปากพูน พบร้อยละอินทรีย์คาร์บอนในช่วงร้อยละ 0.41 - 1.84 ร้อยละ 1.13 - 1.42 และร้อยละ 1.26 - 2.72 ตามลำดับ เมื่อคำนวณเป็นค่าอินทรีย์วัตถุแล้วพบว่า ร้อยละ อินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลาง ถึงสูงมาก และผลการศึกษาของกนกพรและคณะ (2558) พบอินทรีย์คาร์บอนป่าชายเลนศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบนร้อยละ 1.89 - 4.08 เมื่อคำนวณเป็นค่าอินทรีย์วัตถุแล้วอยู่ในระดับสูงปานกลาง และพื้นที่ริมทางเข้า ตำบลคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามพบร้อยละ 3.36-6.35 เมื่อคำนวณเป็นค่าอินทรีย์วัตถุ แล้วอยู่ในระดับสูงมาก สังเกตพบว่าในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดนั้น พบร้อยละดินเหนียวในสัดส่วนที่ มากกว่าร้อยละของทรายแป้งและทราย ดังนั้นสามารถบ่งชี้เบื้องต้นได้ว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุมี ความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับร้อยละอนุภาคดินเหนียว

4.2.6. ไนโตรเจน

ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนของดินชายเลนทั้งสามแนว ดังตารางที่ 17 รายละเอียดใน ภาคผนวก ง เรื่อง ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน พบว่าดินแนวป่าชายเลนดินนาทุ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือดินแนวในป่าชายเลนและดินแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล ตามลำดับ โดยที่ สองแนวแรกมีค่าใกล้เคียงกันและจัดอยู่ในระดับไนโตรเจนสูง ในขณะที่แนวป่าชายเลน ริมชายฝั่งทะเลมีค่าน้อยกว่าอย่างชัดเจนแต่ยังอยู่ในระดับไนโตรเจนปานกลาง เกิดจากร้อยละ ดินเหนียวและอิทธิพลจากชายฝั่งทะเลร่วมกัน โดยดินที่มีร้อยละดินเหนียวที่มากจะสามารถถูก ชั้ธาตุอาหารได้มาก แต่แนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเลได้รับอิทธิพลการรวนเวียนของ กระแสน้ำขึ้นน้ำลงมากที่สุด ทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนในดินผ่านการชะล้าง (คณาจารย์

ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) อีกทั้งผลการศึกษายังพบความสอดคล้องกันระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับไนโตรเจน โดยพบว่าทั้งสองคุณสมบัติมีความสัมพันธ์เชิงบวกซึ่งกันและกัน สอดคล้องกับผลการศึกษาของกนกพรและคณะ (2558) ที่กล่าวว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินแปรผันตรงกับไนโตรเจน ยกเว้นบริเวณที่มีการชะล้าง พัดพาของน้ำทะเล เนื่องจากการสะสมไนโตรเจนในดินต้องอาศัยระยะเวลา หากมีการรบกวนจากน้ำทะเลจึงส่งผลต่อการสะสมไนโตรเจน

ตารางที่ 17 ไนโตรเจนของดินชายเลนทั้งสามแนว

แนว	ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ)
1	0.36±0.00
2	0.31±0.00
3	0.18±0.00

เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาดินหาดเลนงอกใหม่ ณ บริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชของสนิท อักษรแก้ว (2547) พบว่าร้อยละไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเมื่อมีการปลูกไม้โกงกางใบใหญ่ในพื้นที่ดินเลนงอกใหม่ จากร้อยละไนโตรเจน 0.01 เมื่อระยะเวลาผ่านไป ร้อยละไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.15 แต่ปริมาณยังอยู่ในระดับต่ำ ผลการศึกษาของสุนันท์และสุนทรี (2551) พบไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.177 อยู่ในระดับปานกลาง ที่มีค่าไนโตรเจนมากสุดในฤดูฝนและน้อยสุดในฤดูร้อน ผลการศึกษาของฐานันท์ ประทุมมินทร (2545) ศึกษาดินชายเลนนาทุ่งร้าง อำเภอนวม จังหวัดนครศรีธรรมราช พบร้อยละไนโตรเจน 0.40-0.69 อยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก ผลการศึกษาของกัลยา วัฒนากร และคณะ (2547) ดินชายเลนจังหวัดนครศรีธรรมราช บริเวณอ่าวปากพนัง สวนป่าชายเลนปากนคร และสวนป่าชายเลนปากพูน พบร้อยละอินทรีย์ไนโตรเจนอยู่ในช่วง ร้อยละ 3.9 ถึง 150.4 ร้อยละ 1.7 ถึง 28.0 และร้อยละ 18.2 ถึง 52.9 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับสูงมาก จะเห็นได้ว่า แม้อนุภาคดินเหนียวจะมีอิทธิพลต่อไนโตรเจน แต่พบว่าในบางพื้นที่ที่มีร้อยละอนุภาคดินเหนียวมากกลับพบปริมาณไนโตรเจนในระดับต่ำ นั้นหมายความว่าไนโตรเจนในดินมีการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณอินทรีย์คาร์บอน

4.2.7. ค่ามวลอัตราส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจน

เมื่อการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนแล้วนำผลที่ได้มาคำนวณอัตราส่วนของอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจนดังสมการที่ 3.1 ผลการคำนวณดังตารางที่ 18 พบว่าแนวป่าชายเลนมีอัตราส่วนที่น้อยที่สุด ในขณะที่แนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเลมีอัตราส่วนที่มากที่สุด ทั้งนี้เกิดจากปริมาณไนโตรเจนที่พบในแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเลที่พบน้อยมาก เนื่องจากไนโตรเจนแนวชายเลนริมชายฝั่งทะเลสูญหายโดยการชะล้างโดยกระแสน้ำ แม้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนไม่ต่างกันมาก แต่มีการลดลงของไนโตรเจนในปริมาณมาก จึงทำให้จึงส่งผลต่ออัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเลมากที่สุด

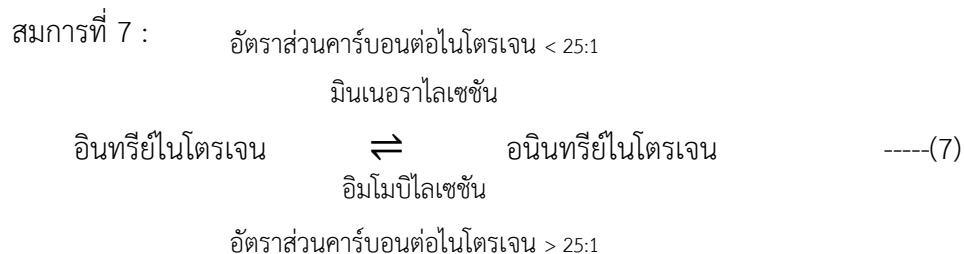
ตารางที่ 18 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของดินชายเลนทั้งสามแนว

แนว	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน
1	13.94
2	11.68
3	14.40

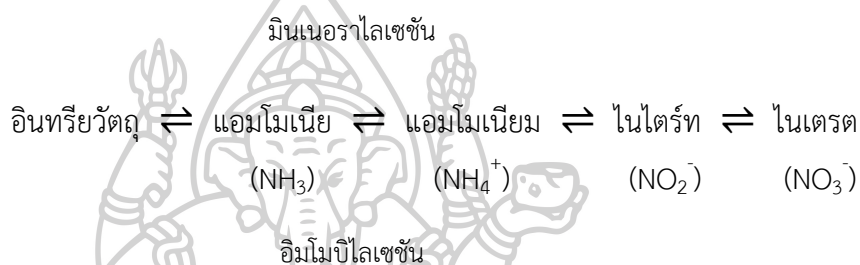
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของดินชายเลนทั้งสามแนวอยู่ระหว่าง 11.68 ถึง 14.40 พบว่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่พบมีค่าน้อยกว่า 25 บ่งชี้ว่าการย่อยสลายดำเนินไปตามอัตราสูงสุดภายใต้เงื่อนไขตามสภาพปัจจัยสิ่งแวดล้อม เมื่อเทียบกับตารางที่ จ-6 และตารางที่ จ-7 พบว่าอัตราส่วนของดินชายเลนทั้งสามแนวอยู่ในระดับที่ต่ำ ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ที่ต้องการอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 20:1 ถึง 30:1 โดยอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่พบนั้นน้อยกว่า 20:1 นั้นแสดงว่าในดินมีปริมาณคาร์บอนไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ ในขณะที่ปริมาณไนโตรเจนยังคงมีปริมาณมากเกินไป (Metson, 1961)

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่มีค่าน้อยกว่า 25:1 แสดงว่ากระบวนการอิมโมบิไลเซชัน (Immobilization) เกิดขึ้นน้อยกว่ากระบวนการมินเนอราไลเซชัน (Mineralization) นั่นคือเกิดกระบวนการสลายอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์ในดินมากกว่ากระบวนการสร้างสารอินทรีย์วัตถุ อินทรีย์ไนโตรเจนมีแนวโน้มถูกเปลี่ยนเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน อนินทรีย์ไนโตรเจนในดินมีแนวโน้มถูกปลดปล่อยออกมา ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่าการสะสมไว้

ในดิน พีชหรือจุลินทรีย์ (ปีทมา วิทยากรม, 2547 และ อรรวรรณ ฉัตราสีรุ่ง, 2551) เช่นเดียวกับสมการของ Minnesota (2017) ดังสมการที่ 7 และสมการที่ 8



สมการที่ 8 :



4.2.8. การประเมินการกักเก็บคาร์บอนในดิน

การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของแนวการเก็บตัวอย่างทั้งสามแนวตาม ได้ผลการคำนวณการกักเก็บคาร์บอน (จากสมการที่ 6 บทที่ 3) ดังตารางที่ 19 พบว่า แนวป่าชายเลนตีดนากุ้ง แนวในป่าชายเลนและแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล มีค่าการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 121.77 94.48 และ 69.17 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร ตามลำดับ พบว่าดินชายเลนมีการกักเก็บคาร์บอนในแนวป่าชายเลนตีดนากุ้งมากที่สุด รองลงมาคือแนวในป่าชายเลนและแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการกักเก็บคาร์บอนในป่าชายเลนบริเวณชายฝั่งทะเลจะลดลงเมื่อระยะทางเข้าใกล้ทะเลมากขึ้น

การกักเก็บคาร์บอนในดินจะขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลนของแต่ละแนวตัวอย่าง จะพบว่าในดินแนวป่าชายเลนตีดนากุ้งพบปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในปริมาณมาก จึงส่งผลให้มีการกักเก็บคาร์บอนมากกว่าแนวที่เก็บตัวอย่างอีก 2 แนว เนื่องจากบริเวณป่าชายเลนตีดนากุ้งมีการทำเกษตรกรรมเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อาทิ กุ้ง ปลา ปู และหอย ทั้งแบบพัฒนา กึ่งพัฒนา และแบบธรรมชาติ มีการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบเลี้ยงเดี่ยว เลี้ยงรวมแบบรอง และเลี้ยงรวมแบบหลัก พื้นที่การเพาะเลี้ยงหลายพันไร่ มีการขุดบ่อ ลอกเลนหรือสิ่งปฏิกูลออกจากบ่อ อีกทั้งยังมีการระบายน้ำทิ้งในขั้นตอนการเลี้ยงสัตว์น้ำ 3 ช่วง คือ ช่วงระหว่างการเลี้ยง ช่วงทยอยจับผลผลิต และช่วงเก็บเกี่ยว โดยน้ำทิ้งที่มาจาก การเพาะเลี้ยงดังกล่าวนี้จะมี

ปริมาณสารอินทรีย์สูง อันเกิดจากอาหารเสริมที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำ ยาปฏิชีวนะและของเสียที่มาจากสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำ (วัชรวิมล ประเสริฐวรากล, 2560) จึงอาจมีการตกตะกอนสะสมในดินบริเวณใกล้เคียง จึงส่งผลให้ดินในแนวป่าชายเลนติดนาุ้งพบปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในร้อยละที่สูงมาก ส่งผลให้มีการกักเก็บคาร์บอนในดินสูงด้วย

ตารางที่ 19 การกักเก็บคาร์บอนของดินชายเลนทั้งสามแนว

แนว	การกักเก็บคาร์บอนในดิน (กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร)
1	121.77±0.06
2	94.48±0.08
3	69.17±0.00

จากตารางเปรียบเทียบการกักเก็บคาร์บอนที่ 20 เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษากับการกักเก็บคาร์บอนในดินป่าชายเลนบ้านเป็ดใน จังหวัดตราด มีการกักเก็บคาร์บอน 94.90 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร พบว่าการกักเก็บคาร์บอนในดินป่าชายเลนบ้านเป็ดใน มีค่าใกล้เคียงกับการกักเก็บคาร์บอนในดินแนวป่าชายเลน แต่มีค่าน้อยกว่าการกักเก็บคาร์บอนในดินแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล และมีความมากกว่าการกักเก็บคาร์บอนในดินแนวป่าชายเลนติดนาุ้ง อย่างไรก็ตามการกักเก็บคาร์บอนในดินป่าชายเลนคลองโค่นทั้งสามแนวมีค่าน้อยกว่าการกักเก็บคาร์บอนในดินเฉลี่ยทั่วโลกที่มีการกักเก็บคาร์บอน 174.00 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษากับการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพใต้พื้นดินในพื้นที่ป่าชายเลน ผลการศึกษากักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพใต้พื้นดินในป่าชายเลน ณ ประเทศเม็กซิโก ทางตอนใต้ของประเทศจีน ทางตะวันออกของประเทศออสเตรเลียและควีนแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย ที่พบการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพใต้พื้นดินเท่ากับ 940-10,240 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร 25,400-42,500 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร 51,500-62,100 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร และ 153,000 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนมีค่าน้อยกว่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพใต้พื้นดินเป็นพันเท่า เนื่องจากการกักเก็บคาร์บอนในดินต้องใช้ระยะเวลาในการสะสม และกักเก็บที่ซับซ้อนและยาวนานกว่า ในขณะที่โดยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพใต้พื้นดินจะแตกต่างกันตามความแตกต่างของพันธุ์พืช (Donado et al., 2011)

และเมื่อเทียบการกักเก็บคาร์บอนในดินกับการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินแล้วยังพบว่าการกักเก็บคาร์บอนในดินมีค่าต่ำกว่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินหลายพันเท่าเช่นเดียวกัน

เมื่อเทียบกับการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นที่อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช และทางตอนใต้ของอ่าวแคลิฟอร์เนีย ที่มีค่า 446,730 และ 330,000 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรตามลำดับ

ตารางที่ 20 เปรียบเทียบการกักเก็บคาร์บอนในป่าชายเลน

	การกักเก็บคาร์บอน (กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร)	พื้นที่ศึกษา	อ้างอิง
การกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน	121.77 - 69.17	คลองโคน ประเทศไทย	การศึกษานี้
	94.90	บ้านเป็ดใน จังหวัดตราด ประเทศไทย	ลดาวัลย์ และคณะ (2558)
	174.00	ค่าเฉลี่ยทั่วโลก	Donado et al.(2011)
การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพใต้พื้นดินในป่าชายเลน	940 -10,240	แมกซิโก	Adame et al. (2015)
(ส่วนของพืชที่อยู่ใต้ดิน เช่น ราก)	25,400- 42,500	ตอนใต้ของจีน	Donado et al.(2011)
	51,500-62,100	ตะวันออกของ ประเทศออสเตรเลีย	Donado et al.(2011)
	153,000	ควีนแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย	Donado et al.(2011)
กักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในป่าชายเลน (ลำต้น กิ่ง และใบ)	446,730	อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ประเทศไทย	ชลิตา ศรีสัตตา (2547)
	330,000	ตอนใต้ของ อ่าวแคลิฟอร์เนีย	Julia et al (2014)

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางสิ่งแวดล้อมต่ออินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจนและอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนของดินในแนวในป่าชายเลน

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่ออินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจน และอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน หลังจากการนำตัวอย่างดินมาผสมกับไบโพีซ สารละลายเกลือและบ่มที่อุณหภูมิสามช่วงอุณหภูมิ ในระยะเวลาหนึ่งๆ ดังตารางที่ 10 พบว่าดินตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงทั้งลักษณะทางกายภาพ และคุณสมบัติบางประการของดิน ดังนี้

การบ่มดินไว้ในตู้บ่ม ระยะเวลา 28 วัน พบว่าสีของดินมีการแยกชั้นอย่างชัดเจนและชัดเจนมากขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป 105 วัน ดังรูปที่ 23 ดินส่วนใหญ่เป็นสีเทาถึงน้ำตาลปนเทา โดยดินตัวอย่างเกิดการแยกเป็นสองชั้น ดินชั้นล่างเป็นสีเทาและพบว่าบางตัวอย่างมีรอยจุดประสีดำแทรกอยู่ในเนื้อดิน เมื่อเทียบกับสมุดเทียบสีดิน (Table Munsell) พบว่า สีดินอยู่ในช่วงสี 7.5YR-3/1 ส่วนด้านบนเป็นชั้นดินบางๆสีน้ำตาลแดง เมื่อมีการกระทบกระเทือนจะแขวนลอยกับน้ำ สังเกตด้วยตาเปล่าจะพบว่าเนื้อดินที่ละเอียดกว่าดินด้านล่าง และเทียบสีดินพบว่าอยู่ในช่วงสี 7.5YR-3/3 โดยดินที่มีสีเทา บ่งชี้ว่าดินอยู่ในสภาวะที่มีการแช่น้ำขังเป็นเวลานาน สภาพการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศไม่ดี โดยทั่วไปพบในดินชายเลนซึ่งมีการท่วมของน้ำทะเลอยู่เสมอ ซึ่งสอดคล้องกับตัวอย่างดินที่เป็นตัวอย่างดินชายเลน อีกทั้งธาตุเหล็กเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเกิดสีในดิน เนื่องจากดินแร่ธาตุนั้นจะมีเหล็กเป็นองค์ประกอบอยู่อย่างน้อยร้อยละ 5 เมื่อออกซิเจนในดินมีน้อย จุลินทรีย์ในดินจึงดึงเอาออกซิเจนมาจากเฟอร์ริกออกไซด์ (Ferric oxide: Fe_2O_3) ทำให้เกิดเฟอร์รัสออกไซด์ (Ferrous oxide: FeO) ที่ทำให้ดินมีเทา แต่เมื่อได้รับออกซิเจนดินจะอยู่ในรูปของ เฟอร์ริกออกไซด์ ซึ่งมีสีแดง อีกทั้งการที่ดินมีสีเข้มนั้นอาจเกิดจากการที่ดินมีอินทรีย์วัตถุสูงอีกด้วย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2530) และช่วงสีดิน 7.5YR จะพบในดินที่มีส่วนประกอบของซากรากพืชที่ตายแล้ว และมีอนุภาคดินทรายน้อย

ดินที่พบจุดประนั้น แสดงให้เห็นว่าดินมีการระบายน้ำที่ไม่ดี หรือมีการพัฒนาการอยู่ในสภาพน้ำขังเป็นระยะเวลานานพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยารีดักชัน (Buol, Southard, Graham & McDaniel, 2003) ดังรูปที่ 24 แสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาการบ่มมากขึ้น จุดประสีดำจะมีขนาดมากขึ้นด้วย

การทดลองมีการเติมสารละลายเกลือลงไปในตัวอย่าง เพื่อเป็นตัวแทนของน้ำทะเลที่มีองค์ประกอบของโซเดียมคลอไรด์ เมื่อระยะเวลาผ่านไป น้ำในดินค่อยๆระเหยออกไปจะพบคราบเกลือเกาะอยู่บนบีกเกอร์ และเมื่อนำดินออกจากตู้บ่มมาผึ่งให้แห้ง ณ อุณหภูมิห้องจนดินแห้ง ยังพบคราบเกลืออยู่บนตัวอย่างดิน ดังรูปที่ 25 จึงสามารถบ่งชี้ได้เบื้องต้นว่าน้ำทะเลส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของดิน



(ก)



(ข)

(ก) การแยกชั้นของสึดินในบีกเกอร์ทดลอง

(ข) ความแตกต่างของสึดินเมื่อเทออกจากบีกเกอร์

รูปที่ 24 การแบ่งสึของดินตัวอย่างหลังปม



(ก)



(ข)

(ก) ลักษณะดินที่มีจุดดำบริเวณก้นภาชนะ ณ วันที่ 28

(ข) ลักษณะดินที่มีจุดดำบริเวณก้นภาชนะ ณ วันที่ 105

รูปที่ 25 ลักษณะดินที่มีจุดดำบริเวณก้นภาชนะ



(ก)



(ข)

(ก)

(ข)

(ก) คราบเกลือที่พบบริเวณปีกเกอร์เหนือระดับดินตัวอย่าง

(ข) คราบเกลือที่พบบนดินชายเลนหลังจากการฝังดินจนแห้ง

รูปที่ 26 คราบเกลือที่พบบริเวณผิวดิน

4.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน

เมื่อครบกำหนดระยะเวลาบ่มแล้ว นำดินตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน และปริมาณไนโตรเจนในดิน จากนั้นคำนวณอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน และการกักเก็บคาร์บอนในดิน รายละเอียดดังนี้

4.3.1.1 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน

เมื่อครบกำหนดเวลาจะนำดินตัวอย่างออกจากตู้บ่ม เพื่อฝังให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ก่อนนำมาบดและร่อนผ่านตะแกรง และวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจน และคำนวณอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ผลการวิเคราะห์คาร์บอน ณ วันที่ 28 45 และ 105 วัน ดังตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนวันที่ 28 นั้น พบค่าอยู่ระหว่าง ร้อยละ 3.46 ถึง ร้อยละ 4.12 และค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 3.84 ± 0.16 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนวันที่ 45 พบค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 3.37 ถึง ร้อยละ 4.17 และค่าเฉลี่ยอยู่ที่ ร้อยละ 3.82 ± 0.19 และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนวันที่ 105 พบค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 3.84 ถึง ร้อยละ 4.21 และค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 4.03 ± 0.11 โดยค่าอินทรีย์คาร์บอนส่วนใหญ่มีค่ามากกว่าค่าคุณสมบัติพื้นฐานก่อนการทดลอง (ร้อยละ 3.62) นั้นหมายความว่า การทดลองมีแนวโน้มทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินมีค่าเพิ่มขึ้น จึงทำการพิจารณาในแต่ละปัจจัย ดังนี้

ตารางที่ 21 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ณ วันที่ 28 45 และ 105

	D ₂₈			D ₄₅			D ₁₀₅		
	L ₁₅	L ₁₃₈	L ₄₉₇	L ₁₅	L ₁₃₈	L ₄₉₇	L ₁₅	L ₁₃₈	L ₄₉₇
S _{0.5}	3.77	3.77	4.05	3.62	3.69	3.74	3.94	3.84	4.14
S ₁₅	3.82	4.12	4.07	3.50	3.71	3.96	4.14	4.17	4.05
S ₃₄	3.46	3.77	4.0	3.76	4.05	3.9	4.06	4.16	4.09
S _{0.5}	3.60	4.03	3.83	3.94	3.81	3.91	3.88	3.89	4.17
S ₁₅	3.82	3.98	3.95	3.37	3.74	3.43	3.97	3.98	4.14
S ₃₄	3.71	3.87	3.76	3.96	3.82	4.05	3.98	3.95	3.99
S _{0.5}	3.92	3.77	3.93	3.84	3.83	4.07	3.91	4.08	4.21
S ₁₅	3.77	3.58	3.92	3.77	3.83	4.17	3.90	3.93	3.97
S ₃₄	3.65	3.99	3.83	3.81	3.97	3.91	3.97	4.00	4.2
หมายเหตุ	T _{20c}	แทน	การบ่มที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	S _{0.5}	แทน	ระดับความเค็ม 0.5 พีพีที			
	T _{28c}	แทน	การบ่มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส	S ₁₅	แทน	ระดับความเค็ม 15 พีพีที			
	T _{35c}	แทน	การบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส	S ₃₄	แทน	ระดับความเค็ม 34 พีพีที			
	L ₁₅	แทน	การผสมกับใบพืชที่อัตราส่วน 15 กิโลกรัมต่อไร่	D ₂₈	แทน	ระยะเวลาที่บ่ม 28 วัน			
	L ₁₃₈	แทน	การผสมกับใบพืชที่อัตราส่วน 138 กิโลกรัมต่อไร่	D ₄₅	แทน	ระยะเวลาที่บ่ม 45 วัน			
	L ₄₉₇	แทน	การผสมกับใบพืชที่อัตราส่วน 497 กิโลกรัมต่อไร่	D ₁₀₅	แทน	ระยะเวลาที่บ่ม 105 วัน			

1) การพิจารณาอิทธิพลการทับถมของซากพืชที่มีผลต่อคาร์บอน

เมื่อนำผลปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมาสร้างแผนภูมิรูปภาพระหว่างอินทรีย์คาร์บอน(ร้อยละ) กับ อัตราส่วนของพืชต่อดิน (กิโลกรัมต่อไร่) พิจารณาได้ดังรูปที่ 27

จากรูปที่ 27 (ก) การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับอัตราส่วนพืชต่อดินที่ระดับความเค็มต่างกัน สังเกตที่ระดับสารละลายเกลือ 0.5 พีพีทีและ 34 พีพีที พบว่า เมื่ออัตราส่วนพืชต่อดินมากขึ้น มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอินทรีย์คาร์บอนในดิน ตามลำดับ โดยที่ทั้งสองระดับความเค็ม มีค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่ไม่พบแนวโน้มใดที่ระดับสารละลายเกลือ 15 พีพีที

จากรูปที่ 27 (ข) การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับอัตราส่วนพืชต่อดิน ที่ระดับอุณหภูมิที่บ่มต่างกัน ณ อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส และ 35 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่ออัตราส่วนพืชต่อดินมากขึ้น มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอินทรีย์คาร์บอนในดิน ตามลำดับเช่นเดียวกัน และไม่พบแนวโน้มใดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

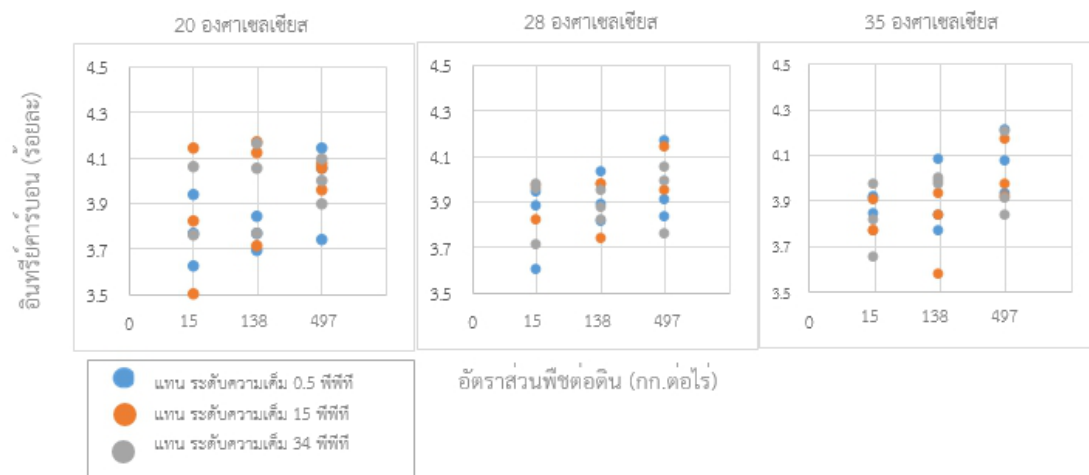
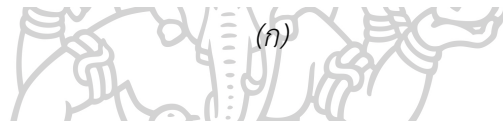
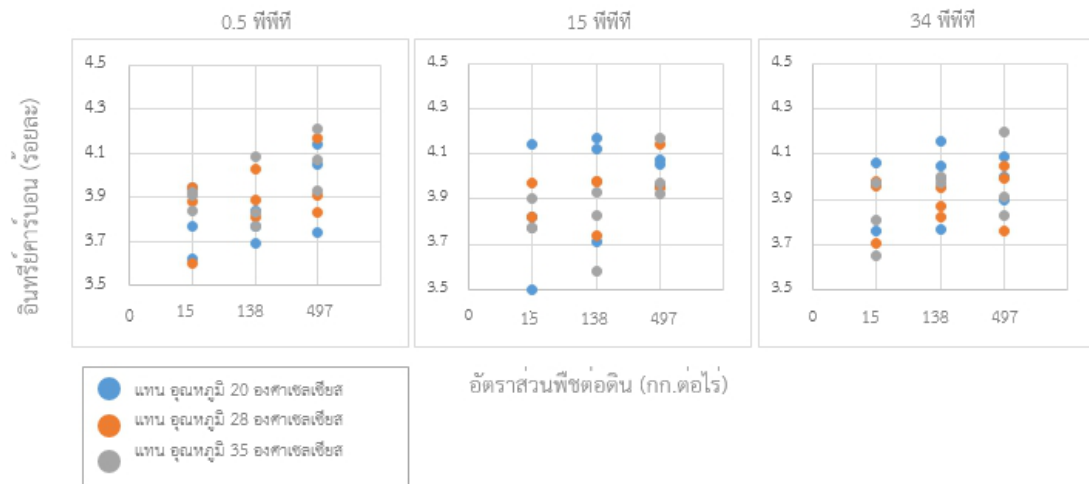
ดังนั้นสามารถสรุปเบื้องต้นได้ว่าเมื่อมีการร่วงหล่นของซากพืชลงสู่ดินมาก จะส่งผลให้ดินมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงขึ้น โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสและ35 องศาเซลเซียสและที่ระดับความเค็ม 0.5 พีพีทีและ 34 พีพีที

2) การพิจารณาอิทธิพลความเค็มที่มีผลต่อคาร์บอน

เมื่อนำผลปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมาสร้างแผนภูมิรูปภาพระหว่างอินทรีย์คาร์บอน(ร้อยละ) กับ ระดับความเค็ม (พีพีที) พิจารณาได้ดังรูปที่ 28

จากรูปที่ 28 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับค่าความเค็มที่อัตราส่วนการผสมพืชต่อดินต่างกัน และจากรูปที่ 28 (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับค่าความเค็มที่ระยะเวลาการบ่มต่างกัน พบว่าทุกความสัมพันธ์มีการกระจายตัวของผลการทดลองในช่วงกว้าง แต่เมื่อพิจารณาที่ระดับความเค็ม 0.5 พีพีที และ 34 พีพีที จะพบแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอินทรีย์คาร์บอนเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีแนวโน้มสูงที่สุดในวันที่ 105 แต่ไม่พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินใดเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น

ดังนั้นสามารถสรุปเบื้องต้นได้ว่า ระดับความเค็ม ไม่มีผลต่อปริมาณ อินทรีย์คาร์บอนในดินโดยตรง

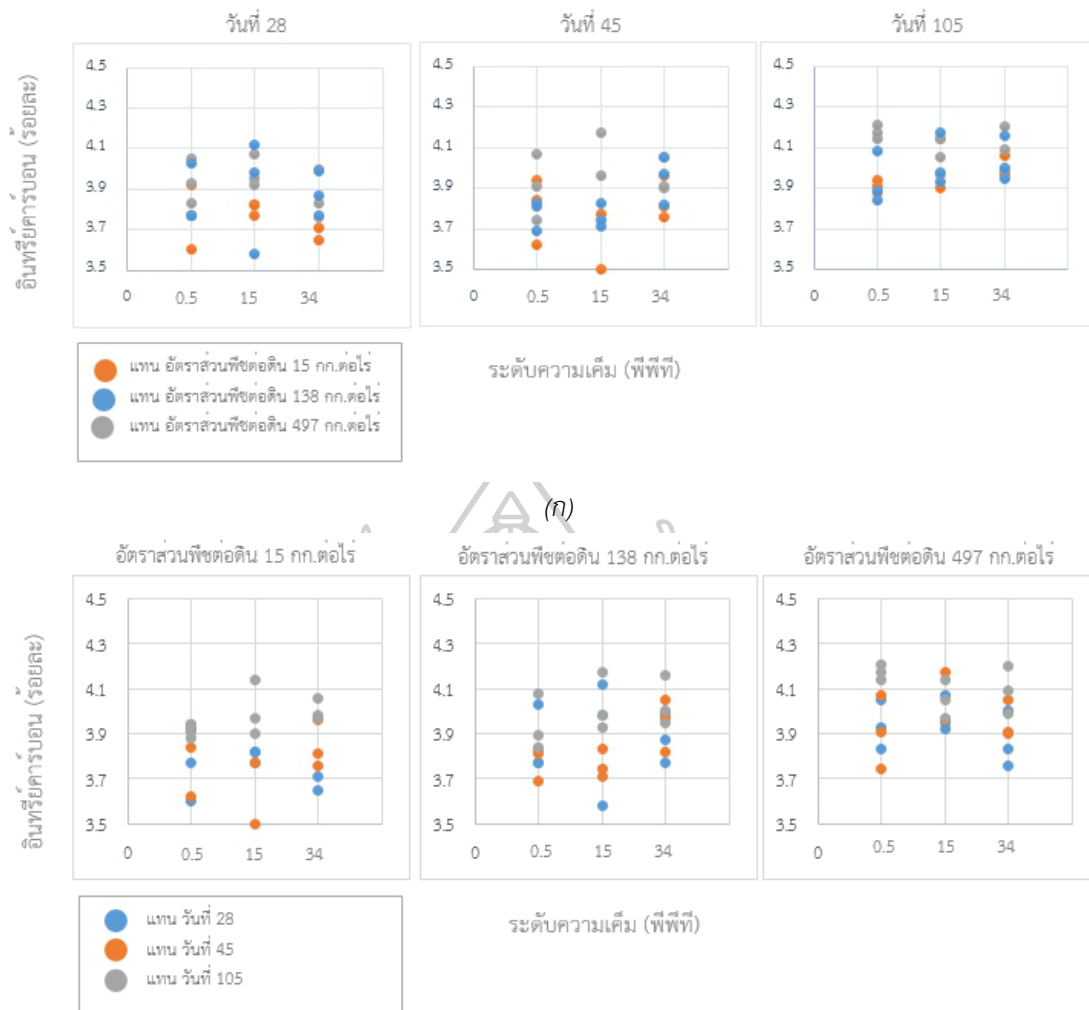


(ข)

(ก) พิจารณาที่ระดับความเค็มต่างกัน

(ข) พิจารณาที่อุณหภูมิต่างกัน

รูปที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับอัตราส่วนพืชต่อดิน



(ก) พิจารณาที่ระยะเวลาการบ่ม

(ข) พิจารณาที่อัตราส่วนของพืชต่างกัน

รูปที่ 28 ความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับค่าความเค็ม

3) การพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อคาร์บอน

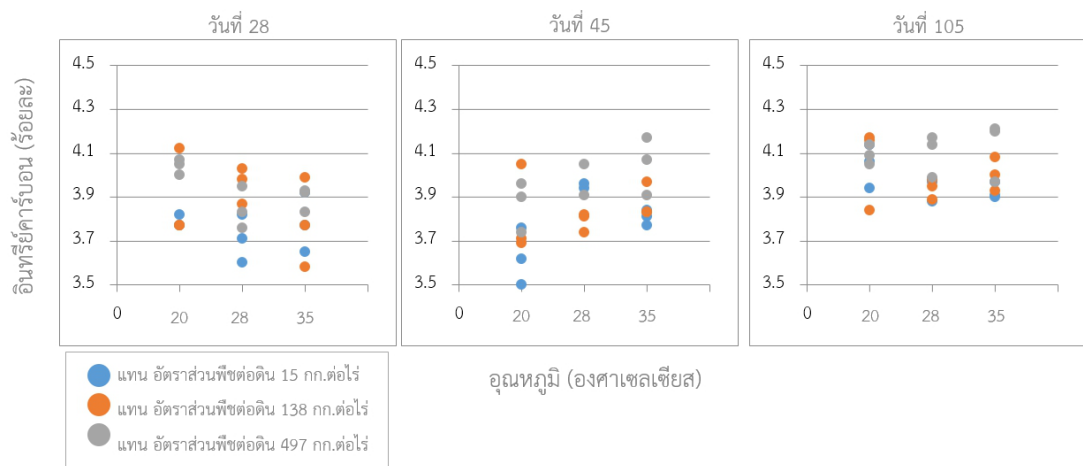
เมื่อนำผลปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมาสร้างแผนภูมิรูปภาพระหว่างอินทรีย์คาร์บอน (ร้อยละ) กับอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) พิจารณาได้ดังรูปที่ 29

จากรูปที่ 29 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับอุณหภูมิที่ระยะเวลาต่างกัน เมื่อพิจารณา ณ วันที่ 28 พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีแนวโน้มลดลง ซึ่งตรงกันข้ามกับ ณ วันที่ 45 ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น กลับพบว่า มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงขึ้น เช่นเดียวกับ ณ วันที่ 105 ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนจะเพิ่มขึ้น แต่มี

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนค่อนข้างจะใกล้เคียงกันหรือมีแนวโน้มคงที่ และเมื่อพิจารณาเฉพาะที่อุณหภูมิตั้งที่ 28 องศาเซลเซียส และ 35 องศาเซลเซียส พบว่าอินทรีย์คาร์บอนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น

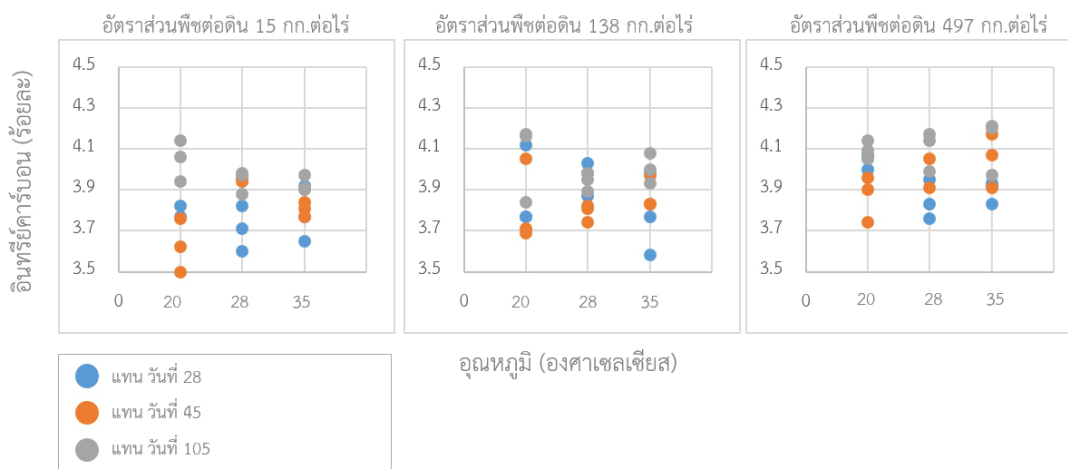
จากรูปที่ 29 (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับอุณหภูมิที่อัตราส่วนของพืชต่อดินต่างกัน เมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนพืชต่อดินที่มากที่สุด พบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนจะเพิ่มขึ้นด้วย และพิจารณาที่อุณหภูมิตั้งที่ 28 องศาเซลเซียส และ 35 องศาเซลเซียส จะพบว่าที่อัตราส่วนพืชต่อดิน 138 กก.ต่อไร่และ 497 กก.ต่อไร่ ยังพบแนวโน้มเดียวกันนี้เช่นกัน แต่กลับไม่พบแนวโน้มใดใด ณ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

ดังนั้นสามารถสรุปได้เบื้องต้นว่าที่อุณหภูมิตั้งที่ 35 องศาเซลเซียส มีผลให้ปริมาณคาร์บอนในดินเพิ่มสูงขึ้น และที่อุณหภูมิตั้งที่ 20 องศาเซลเซียสไม่ส่งผลใดใดต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอน



(ก)

รูปที่ 29 ความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับอุณหภูมิ



(ข)
รูปที่ 29 ความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับอุณหภูมิมิ (ต่อ)

(ก) พิจารณาที่ระยะเวลาการบ่ม

(ข) พิจารณาที่อัตราส่วนของพืชต่างกัน

4.3.1.2 ปริมาณไนโตรเจน

ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจน ณ วันที่ 28 45 และ 105 วัน ดังตารางที่ 22 เมื่อพิจารณาตามระยะเวลา พบว่าผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนวันที่ 28 นั้น ค่าปริมาณไนโตรเจนอยู่ระหว่างร้อยละ 0.29 ถึงร้อยละ 0.34 และค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 0.31 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนวันที่ 45 ปริมาณไนโตรเจนอยู่ระหว่างร้อยละ 0.32 ถึงร้อยละ 0.45 และค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 0.34 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนวันที่ 105 ปริมาณไนโตรเจนอยู่ระหว่างร้อยละ 0.29 ถึง ร้อยละ 0.34 และค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 0.32 เมื่อเปรียบเทียบกับคุณสมบัติพื้นฐานก่อนการทดลองพบว่า ค่าไนโตรเจนส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกับค่าคุณสมบัติพื้นฐานก่อนการทดลอง (ร้อยละ 0.31) โดยช่วงที่มีปริมาณไนโตรเจนมากที่สุดคือ ระยะเวลาวันที่ 45 หลังการบ่ม แต่อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยค่าไนโตรเจนอยู่ในระดับดินในแถบอบอุ่นที่พบร้อยละไนโตรเจนระหว่าง 0.02-0.50 (ยงยุทธ และคณะ, 2541)

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนพืชพบว่าค่าเฉลี่ยที่อัตราส่วนพืชต่อดิน 15 138 และ 497 กิโลกรัมต่อไร่เท่ากัน คือ ร้อยละ 0.33 และหากพิจารณาที่ความเค็มพบว่า ที่ระดับความเค็ม 0.5 10 และ 34 พีพีที มีค่าเฉลี่ยไนโตรเจนเท่ากันร้อยละ 0.33 0.33 และ 0.32 และเมื่อพิจารณาที่ อุณหภูมิมิ 20 28 และ 35 องศาเซลเซียส พบค่าเฉลี่ย

ไนโตรเจนเท่ากับร้อยละ 0.33 0.32 และ 0.32 นั้นหมายความว่าอัตราส่วนของซากพืช ความเค็ม และอุณหภูมิไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนในดิน

4.3.1.3 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนแล้ว นำมาคำนวณ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนจากสมการที่ 5 ในบทที่ 3 ผลการคำนวณดังตารางที่ 23 อัตราส่วนต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 7.78353 (ตัวอย่างที่ D₄₅- L₁₅- T₂₀ C -S₁₅) อัตราส่วน สูงสุดมีค่าเท่ากับ 14.184 (ตัวอย่างที่ D₁₀₅- L₁₃₈- T₃₅ C -S_{0.5}) เมื่อพิจารณาอัตราส่วน คาร์บอนต่อไนโตรเจนแล้วจะเห็นว่า ในวันที่ 28 45 และ 105 มีค่าเฉลี่ยอัตราส่วน คาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 12.3122 10.9763 และ 12.4388 ตามลำดับ ที่อัตราส่วนพืชต่อดินที่ 15 138 และ 497 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนคาร์บอน ต่อไนโตรเจนเท่ากับ 11.7028 12.0305 และ 11.9939 ตามลำดับ ที่ระดับความเค็ม 0.5 10 และ 34 พีพีที มีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 11.8631 11.8013 และ 12.0628 ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 20 28 และ 35 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 11.5769 11.9704 และ 12.1800 ตามลำดับ ดังนั้นวันที่ 105 อัตราส่วนพืชต่อดินที่ 138 กิโลกรัมต่อไร่ ระดับความเค็ม 34 พีพีที และที่ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงสุด

จากการคำนวณอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน พบว่าอัตราส่วนอยู่ในช่วงที่ต่ำกว่า 20:1 นั้นแสดงว่าในดินยังคงเกิดกระบวนการ Mineralization น้อยกว่ากระบวนการ Immobilization และพบบางอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่มีค่าประมาณ 12:1 ถึง 10:1 ที่บ่งชี้ว่าในดินจึงไม่เกิดการแลกเปลี่ยนคาร์บอนและไนโตรเจนระหว่างจุลินทรีย์ กับดิน

4.3.1.4 การกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนแล้ว จะนำมาคำนวณการกักเก็บคาร์บอน ในดินชายเลนจากสมการที่ 6 ผลการคำนวณดังตารางที่ 24 พบว่าการกักเก็บคาร์บอน มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 87.96 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร (ตัวอย่างที่ D₄₅-L₁₅-T₂₈ C-S₁₅) และพบค่ามากที่สุดอยู่ที่ 109.88 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร (ตัวอย่างที่ D₁₀₅-L₄₉₇-T₃₅ C-S_{0.5}) ในวันที่ 28 45 และ 105 มีการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 100.28 99.72 และ 105.09 (กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร) ตามลำดับ ที่อัตราส่วนพืชต่อดินที่ 15 138 และ 497 กิโลกรัมต่อไร่ มีการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 99.41 101.82 103.88 กรัมคาร์บอนต่อไนโตรเจน ตามลำดับ ที่ระดับความเค็ม 0.5 10 และ 34 พีพีที พบ การกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 101.67 101.27 และ 102.15 กรัมคาร์บอนต่อ

ตารางเมตร ตามลำดับ และที่อุณหภูมิตั้งที่ 20 28 และ 35 องศาเซลเซียส พบการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 101.84 101.05 และ 102.21 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรตามลำดับ ดังนั้นวันที่ 105 อัตราส่วนพืชต่อดินที่ 497 กิโลกรัมต่อไร่ ระดับความเค็ม 34 พีพีที และที่ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มีการกักเก็บคาร์บอนในดินสูงสุด

จากการคำนวณค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนนั้น พบว่าแนวโน้มการกักเก็บคาร์บอนสูงขึ้น เมื่อปัจจัยต่างๆ มีค่ามากขึ้น คือ ระยะเวลาการบ่ม 105 วัน อัตราส่วนพืชต่อดินที่ 497 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระดับความเค็ม 34 พีพีที และที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส แต่ไม่สามารถระบุได้ว่าอิทธิพลใดมีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนมากกว่ากัน เนื่องจากมีการหมักดินร่วมกันระหว่างปัจจัยจึงไม่สามารถแยกได้อย่างแน่ชัดว่าการกักเก็บคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นนั้นเกิดจากปัจจัยอย่างใดอย่างหนึ่ง



ตารางที่ 22 ไนโตรเจนในดิน ณ วันที่ 28 45 และ 105

	D ₂₈			D ₄₅			D ₁₀₅		
	L ₁₅	L ₁₃₈	L ₄₉₇	L ₁₅	L ₁₃₈	L ₄₉₇	L ₁₅	L ₁₃₈	L ₄₉₇
S _{0.5}	0.32	0.33	0.33	0.33	0.35	0.33	0.34	0.33	0.33
S ₁₅	0.31	0.32	0.33	0.45	0.38	0.33	0.33	0.32	0.33
S ₃₄	0.32	0.31	0.31	0.33	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33
S _{0.5}	0.31	0.34	0.29	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34
S ₁₅	0.31	0.33	0.33	0.32	0.34	0.34	0.32	0.31	0.32
S ₃₄	0.30	0.3	0.3	0.33	0.35	0.36	0.31	0.33	0.32
S _{0.5}	0.3	0.3	0.31	0.34	0.33	0.34	0.33	0.29	0.34
S ₁₅	0.29	0.33	0.31	0.33	0.34	0.36	0.33	0.30	0.31
S ₃₄	0.31	0.31	0.31	0.33	0.33	0.34	0.34	0.3	0.34
หมายเหตุ	T _{20 c}	แทน	การบ่มที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	S _{0.5}	แทน	ระดับความเค็ม 0.5 พีพีที			
	T _{28 c}	แทน	การบ่มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส	S ₁₅	แทน	ระดับความเค็ม 15 พีพีที			
	T _{35 c}	แทน	การบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส	S ₃₄	แทน	ระดับความเค็ม 34 พีพีที			
	L ₁₅	แทน	การผสมกับใบพืชที่อัตราส่วน 15 กิโลกรัมต่อไร่	D ₂₈	แทน	ระยะเวลาที่บ่ม 28 วัน			
	L ₁₃₈	แทน	การผสมกับใบพืชที่อัตราส่วน 138 กิโลกรัมต่อไร่	D ₄₅	แทน	ระยะเวลาที่บ่ม 45 วัน			
	L ₄₉₇	แทน	การผสมกับใบพืชที่อัตราส่วน 497 กิโลกรัมต่อไร่	D ₁₀₅	แทน	ระยะเวลาที่บ่ม 105 วัน			

ตารางที่ 23 อัตราส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจน ณ วันที่ 28 45 และ 105

	D ₂₈			D ₄₅			D ₁₀₅		
	L ₁₅	L ₁₃₈	L ₄₉₇	L ₁₅	L ₁₃₈	L ₄₉₇	L ₁₅	L ₁₃₈	L ₄₉₇
S _{0.5}	11.6177	11.3761	12.2574	10.3345	10.4714	8.4908	11.6786	11.7184	12.4133
T _{20 c}	12.3002	13.0771	12.3566	7.78353	9.8567	10.9098	12.4431	13.0385	12.3742
S ₃₄	10.8848	12.3316	12.8060	11.3871	11.7270	11.741	12.3452	12.597	12.2574
S _{0.5}	11.5087	12.0146	13.3931	11.8974	11.4681	12.0208	11.9253	11.7017	12.1461
T _{28 c}	12.3883	12.1749	11.9009	10.5725	10.8813	10.0038	12.3183	12.6845	13.0113
S ₃₄	12.2047	12.9682	12.665	11.8631	10.9735	11.2897	12.890	12.0204	12.3133
S _{0.5}	13.2607	12.5915	12.719	11.1298	11.5079	11.9543	12.013	14.184	12.5101
T _{35 c}	12.8265	10.8885	12.5499	11.288	11.3932	11.7097	11.9968	12.9947	12.912
S ₃₄	11.95732	12.9313	12.4784	11.5174	11.8837	10.3039	11.6439	13.3675	12.3476
หมายเหตุ	T _{20 c}	แทน	การบ่มที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	S _{0.5}	แทน	ระดับความเค็ม 0.5 พีพีที			
	T _{28 c}	แทน	การบ่มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส	S ₁₅	แทน	ระดับความเค็ม 15 พีพีที			
	T _{35 c}	แทน	การบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส	S ₃₄	แทน	ระดับความเค็ม 34 พีพีที			
	L ₁₅	แทน	การผสมกับใบพืชที่อัตราส่วน 15 กิโลกรัมต่อไร่	D ₂₈	แทน	ระยะเวลาที่บ่ม 28 วัน			
	L ₁₃₈	แทน	การผสมกับใบพืชที่อัตราส่วน 138 กิโลกรัมต่อไร่	D ₄₅	แทน	ระยะเวลาที่บ่ม 45 วัน			
	L ₄₉₇	แทน	การผสมกับใบพืชที่อัตราส่วน 497 กิโลกรัมต่อไร่	D ₁₀₅	แทน	ระยะเวลาที่บ่ม 105 วัน			

ตารางที่ 24 การกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน ณ วันที่ 28 45 และ 105

	D ₂₈			D ₄₅			D ₁₀₅		
	L ₁₅	L ₁₃₈	L ₄₉₇	L ₁₅	L ₁₃₈	L ₄₉₇	L ₁₅	L ₁₃₈	L ₄₉₇
S _{0.5}	98.40	98.40	105.71	94.48	96.31	97.61	102.83	100.22	108.05
S ₁₅	99.70	107.53	106.23	91.35	96.83	103.36	108.05	108.84	105.71
S ₃₄	90.31	98.40	104.40	98.14	105.71	101.79	105.97	108.58	106.75
S _{0.5}	93.96	105.18	99.96	102.83	99.44	102.05	101.27	101.53	108.84
S ₁₅	99.70	103.88	103.10	87.96	97.61	89.52	103.62	103.88	108.05
S ₃₄	96.83	101.01	98.14	103.36	99.70	105.71	103.88	103.10	104.14
S _{0.5}	102.31	98.40	102.57	100.22	99.96	106.23	102.05	106.49	109.88
S ₁₅	98.40	93.44	102.31	98.40	99.96	108.84	101.79	102.57	103.62
S ₃₄	95.27	104.14	99.96	99.44	103.62	102.05	103.62	104.40	109.62
หมายเหตุ	T _{20 c}	แทน	การบ่มที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส		S _{0.5}	แทน	ระดับความเค็ม 0.5 พีพีที		
	T _{28 c}	แทน	การบ่มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส		S ₁₅	แทน	ระดับความเค็ม 15 พีพีที		
	T _{35 c}	แทน	การบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส		S ₃₄	แทน	ระดับความเค็ม 34 พีพีที		
	L ₁₅	แทน	การผสมกับใบพีชที่อัตราส่วน 15 กิโลกรัมต่อไร่		D ₂₈	แทน	ระยะเวลาที่บ่ม 28 วัน		
	L ₁₃₈	แทน	การผสมกับใบพีชที่อัตราส่วน 138 กิโลกรัมต่อไร่		D ₄₅	แทน	ระยะเวลาที่บ่ม 45 วัน		
	L ₄₉₇	แทน	การผสมกับใบพีชที่อัตราส่วน 497 กิโลกรัมต่อไร่		D ₁₀₅	แทน	ระยะเวลาที่บ่ม 105 วัน		

4.3.1.5 ความสัมพันธ์ของการกักเก็บคาร์บอนระหว่างอิทธิพลการทับถมของพีช ระดับความเค็ม และอุณหภูมิ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกสามทางจะพิจารณาอิทธิพลทางสิ่งแวดล้อมทั้ง 3 ปัจจัยพร้อมกัน คือ การทับถมของซากพีช ระดับความเค็มและอุณหภูมิ ที่ระยะเวลา 28 วัน 45 วัน และ 105 วัน สมมติฐานการทดลอง คือ

$$H_0 = \text{ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย}$$

$$H_1 = \text{มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย}$$

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทั้งสามอิทธิพลทางสิ่งแวดล้อมผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ ฉ-2 ฉ-6 และ ฉ-10 ตามลำดับ พบว่าระยะเวลา 28 วัน 45 วัน และ 105 วัน ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีค่า $P < 0.05$ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับสมมติฐาน H_1 ในทุกๆ ความสัมพันธ์ กล่าวคือพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการทับถมกับอุณหภูมิ การทับถมของพีชกับระดับความเค็ม อุณหภูมิกับระดับความเค็ม และปฏิสัมพันธ์ระหว่างการทับถมของพีช อุณหภูมิและระดับความเค็ม สอดคล้องกันทั้งระยะเวลา 28 วัน 45 วัน และ 105 วัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เนื่องจากที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าทั้งสามอิทธิพลทางสิ่งแวดล้อมมีปฏิสัมพันธ์กัน จึงต้องทำการทดลองเชิงพหุระหว่างปัจจัย สมมติฐานการทดลอง คือ

$$H_0 = \alpha_1 = \alpha_2$$

$$H_1 = \alpha_1 \neq \alpha_2$$

โดยผลการเปรียบเทียบเชิงพหุแยกต่างปัจจัยที่สนใจได้ดังนี้

1) เปรียบเทียบหาการทับถมของพีชที่ทำให้การกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด

เมื่อกำหนดให้อุณหภูมิและระดับความเค็มที่ระดับต่างๆ และเปรียบเทียบหาการทับถมของพีชที่ทำให้การกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดที่ระยะเวลาการบ่ม 28 45 และ 105 วัน ผลการเปรียบเทียบเชิงพหุ ณ วันที่ 28 45 และ 105 ดังตารางที่ ฉ-3 ฉ-7 และ ฉ-11 ตามลำดับ สามารถสรุปการทับถมของพีชที่ทำให้มีการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนมากที่สุด ดังตารางที่ 25

เมื่อสรุปการทับถมของพีชที่ทำให้มีการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนมากที่สุดทั้ง 3 ระยะเวลาการบ่มแล้ว พบว่า ณ วันที่ 28 ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่การทับถมของพีช 497 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มการกักเก็บคาร์บอนในดินที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่การทับถมของพีช 138 กิโลกรัมต่อไร่ และ 15 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

เช่นเดียวกับ ณ วันที่ 45 ที่ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่การทับถมของพีช 497 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มการกักเก็บคาร์บอนในดินที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่การทับถมของพีช 138 กิโลกรัมต่อไร่ และ 15 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ แม้ว่าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ระดับความเค็ม 0.5 พีพีที ($T_{20-S_{0.5}}$) และที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ระดับความเค็ม 0.5 พีพีที ($T_{28-S_{0.5}}$) จะพบว่าค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่ทั้ง 3 อัตราการทับถมของพีช ไม่แตกต่างกัน แต่สังเกตได้ว่าเมื่อพิจารณาที่ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนแล้ว ที่อัตราการทับถมของพีชที่ 497 กิโลกรัมต่อไร่ ยังคงมีค่าการกักเก็บคาร์บอนที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับสถานะที่อัตราการทับถมของพีชต่ำกว่า

และยังพบแนวโน้มเดียวกัน ณ วันที่ 105 ที่ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่การทับถมของพีช 497 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มการกักเก็บคาร์บอนในดินที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่การทับถมของพีช 138 กิโลกรัมต่อไร่ และ 15 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ แม้ว่าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ระดับความเค็ม 15 พีพีที ($T_{20-S_{15}}$) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ระดับความเค็ม 34 พีพีที ($T_{20-S_{34}}$) ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ระดับความเค็ม 34 พีพีที ($T_{28-S_{34}}$) และที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ระดับความเค็ม 15 พีพีที ($T_{35-S_{15}}$) พบว่าค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่ทั้ง 3 อัตราการทับถมของพีช ไม่แตกต่างกัน แต่สังเกตได้ว่าเมื่อพิจารณาที่ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนแล้ว ที่อัตราการทับถมของพีชที่ 497 กิโลกรัมต่อไร่ ยังคงมีค่าการกักเก็บคาร์บอนที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับสถานะที่อัตราการทับถมของพีชต่ำกว่า เช่นเดียวกัน

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการกักเก็บคาร์บอนมีค่าสูงเมื่อมีการทับถมของพีชมากขึ้น โดยเฉพาะระยะเวลาการบ่มที่ 105 วัน พบว่าค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่การทับถมของพีช 497 กิโลกรัมต่อไร่ มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด แม้ว่าในบางระดับความเค็มและอุณหภูมิ จะมีค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนไม่แตกต่างระหว่างอัตราการทับถมของพีชที่ต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนแล้วยังพบว่าที่การทับถมของพีชที่ 497 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มค่าการกักเก็บคาร์บอนที่สูงกว่าที่อัตราการทับถมของพีชที่ระดับต่ำกว่า

ตารางที่ 25 สรุปการทับถมของพืชที่ทำให้การกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดในแต่ละวัน

		ณ วันที่ 28			ณ วันที่ 45			ณ วันที่ 105		
		การทับถมพืช (กก./ไร่)			การทับถมพืช (กก./ไร่)			การทับถมพืช (กก./ไร่)		
		15	138	497	15	138	497	15	138	497
อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	ความเค็ม 0.5 พีพีที									
	ความเค็ม 15 พีพีที									
	ความเค็ม 34 พีพีที									
อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส	ความเค็ม 0.5 พีพีที									
	ความเค็ม 15 พีพีที									
	ความเค็ม 34 พีพีที									
อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส	ความเค็ม 0.5 พีพีที									
	ความเค็ม 15 พีพีที									
	ความเค็ม 34 พีพีที									
หมายเหตุ		หมายถึง ระดับที่มีการกักเก็บคาร์บอนสูงสุด								
		หมายถึง ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนไม่แตกต่างกัน								

2) เปรียบเทียบหาอุณหภูมิที่ทำให้การกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด

เมื่อกำหนดให้การทับถมของพืชและระดับความเค็มที่ระดับต่างๆ และเปรียบเทียบหาอุณหภูมิที่ทำให้การกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดที่ระยะเวลาการบ่ม 28 45 และ 105 วัน ผลการเปรียบเทียบเชิงพหุ ณ วันที่ 28 45 และ 105 ดังตารางที่ ฉ-4 ฉ-8 และ ฉ-12 ตามลำดับ สามารถสรุปอุณหภูมิที่ทำให้มีการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนมากที่สุดดังตารางที่ 26

เมื่อสรุปอุณหภูมิที่ทำให้มีการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนมากที่สุด ทั้ง 3 ระยะเวลาการบ่มแล้ว พบว่า ในแต่ละสภาวะสิ่งแวดล้อม ที่มีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันไปนั้น ส่งผลต่อการกักเก็บคาร์บอน ณ อุณหภูมิต่างๆ ที่แตกต่างกัน โดยไม่พบแนวโน้มที่ชัดเจนทั้ง 3 ระยะเวลาการบ่ม และยังพบบางสภาวะที่ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่ทั้ง 3 อุณหภูมิไม่แตกต่างกัน คือ ณ วันที่ 28 ที่การทับถมของพืช 15 กิโลกรัมต่อไร่ ระดับความเค็ม 15 พีพีที ($L_{15}-S_{15}$) ณ วันที่ 45 ที่การทับถมของพืช 138 กิโลกรัมต่อไร่ ระดับความเค็ม 0.5 พีพีที ($L_{138}-S_{0.5}$) และที่การทับถมของพืช 138 กิโลกรัมต่อไร่ ระดับความเค็ม 15 พีพีที ($L_{138}-S_{15}$) และ ณ วันที่ 105 ที่การทับถมของ

พืช 15 กิโลกรัมต่อไร่ ระดับความเค็ม 0.5 พีพีที ($L_{15}-S_{0.5}$) ที่การทับถมของพืช 15 กิโลกรัมต่อไร่ ระดับความเค็ม 34 พีพีที ($L_{15}-S_{34}$) และที่การทับถมของพืช 497 กิโลกรัมต่อไร่ ระดับความเค็ม 0.5 พีพีที ($L_{497}-S_{0.5}$)

ตารางที่ 26 สรุปอุณหภูมิที่ทำให้การกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดในแต่ละวัน

		ณ วันที่ 28			ณ วันที่ 45			ณ วันที่ 105		
		อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
		20	28	35	20	28	35	20	28	35
การทับถมพืช 15 กก./ไร่	ความเค็ม 0.5 พีพีที	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	ความเค็ม 15 พีพีที	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	ความเค็ม 34 พีพีที	■	■	■	■	■	■	■	■	■
การทับถมพืช 138 กก./ไร่	ความเค็ม 0.5 พีพีที	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	ความเค็ม 15 พีพีที	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	ความเค็ม 34 พีพีที	■	■	■	■	■	■	■	■	■
การทับถมพืช 497 กก./ไร่	ความเค็ม 0.5 พีพีที	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	ความเค็ม 15 พีพีที	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	ความเค็ม 34 พีพีที	■	■	■	■	■	■	■	■	■
หมายเหตุ	■	หมายถึง ระดับที่มีการกักเก็บคาร์บอนสูงสุด								
	■	หมายถึง ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนไม่แตกต่างกัน								

3) เปรียบเทียบหาระดับความเค็มที่ทำให้การกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด

เมื่อกำหนดให้การทับถมของพืชและอุณหภูมิต่างๆ และเปรียบเทียบหาระดับความเค็มที่ทำให้การกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดที่ระยะเวลาการบ่ม 28 45 และ 105 วัน ผลการเปรียบเทียบเชิงพหุ ๓ วันที่ 28 45 และ 105 ดังตารางที่ ๓-5 ๓-9 และ ๓-13 ตามลำดับ สามารถสรุประดับความเค็มที่ทำให้มีการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนมากที่สุดดังตารางที่ 27

ตารางที่ 27 สรุประดับความเค็มที่ทำให้การกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดในแต่ละวัน

		ณ วันที่ 28			ณ วันที่ 45			ณ วันที่ 105		
		ระดับความเค็ม (พีพีที)			ระดับความเค็ม (พีพีที)			ระดับความเค็ม (พีพีที)		
		0.5	15	34	0.5	15	34	0.5	15	34
การทับถมพืช 15 กก./ไร่	อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส	■	■	■	■	■	■	■	■	■
การทับถมพืช 138 กก./ไร่	อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส	■	■	■	■	■	■	■	■	■
การทับถมพืช 497 กก./ไร่	อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส	■	■	■	■	■	■	■	■	■
หมายเหตุ	■	หมายถึง ระดับที่มีการกักเก็บคาร์บอนสูงสุด								
	■	หมายถึง ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนไม่แตกต่างกัน								

เมื่อสรุประดับความเค็มที่ทำให้มีการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนมากที่สุด ทั้ง 3 ระยะเวลาการบ่มแล้ว พบว่า ในแต่ละสภาวะสิ่งแวดล้อม ที่มีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันไปนั้น ส่งผลต่อการกักเก็บคาร์บอน ณ ระดับความเค็มต่างๆ ที่แตกต่างกัน โดยไม่พบแนวโน้มที่ชัดเจนทั้ง 3 ระยะเวลาการบ่ม และยังพบบางสภาวะที่ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่ทั้ง 3 ระดับความเค็มไม่แตกต่างกัน คือ ณ วันที่ 28 ที่การทับถมของพีช 497 กิโลกรัมต่อไร่ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (L_{497-T₂₀}) และที่การทับถมของพีช 497 กิโลกรัมต่อไร่ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (L_{497-T₃₅}) ณ วันที่ 45 ที่การทับถมของพีช 15 กิโลกรัมต่อไร่ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (L_{15-T₃₅}) ที่การทับถมของพีช 138 กิโลกรัมต่อไร่ อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส (L_{138-T₂₈}) และที่การทับถมของพีช 138 กิโลกรัมต่อไร่ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (L_{138-T₃₅}) และ ณ วันที่ 105 ที่การทับถมของพีช 15 กิโลกรัมต่อไร่ อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส (L_{15-T₂₈}) ที่การทับถมของพีช 15 กิโลกรัมต่อไร่ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (L_{15-T₃₅}) ที่การทับถมของพีช 138 กิโลกรัมต่อไร่ อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส (L_{138-T₂₈}) และที่การทับถมของพีช 497 กิโลกรัมต่อไร่ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (L_{497-T₂₀})

จากผลการเปรียบเทียบหาอุณหภูมิ และระดับความเค็มที่ทำให้การกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด ไม่สามารถหาแนวโน้มที่ชัดเจนได้ในทั้ง 2 กรณี คาดว่าเกิดจากจุลินทรีย์ในดินชายเลนมีหลายประเภท เมื่อจำแนกตามอุณหภูมิ จะพบว่ามีจุลินทรีย์ที่เติบโตได้ในช่วงกว้าง ตั้งแต่ช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำถึงอุณหภูมิสูง (0-100 องศาเซลเซียส) ซึ่งระดับอุณหภูมิที่ 20 28 และ 35 องศาเซลเซียสนั้น จะพบจุลินทรีย์ในกลุ่ม Psychrophiles และกลุ่ม Mesophiles เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 20-30 องศาเซลเซียส และ 28-43 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อีกทั้งอาจจะพบกลุ่ม Thermophiles ที่สามารถอาศัยในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำสุดได้ถึง 5 องศาเซลเซียส หากจำแนกตามระดับความเค็ม จะพบกลุ่มฮาโลฟิลิคแบคทีเรีย (Halophilic bacteria) คือ แบคทีเรียที่เจริญเติบโตในสภาวะที่มีความเข้มข้นของเกลือสูง โดยแบ่งได้ 4 พวก คือ พวกชอบเกลือเล็กน้อย (Slightly halophilic bacteria) พวกชอบเกลือปานกลาง (Moderate halophilic bacteria) และพวกชอบเกลือสูง (Extreme halophilic bacteria) และพวกทนเกลือ (Halotolerant) (ศิริลักษณ์ นามวงษ์, 2553)

โดยที่ดินชายเลนบริเวณจังหวัดสมุทรสงครามจะพบกลุ่มจุลินทรีย์ในกลุ่ม ไซยาโนแบคทีเรีย (Cyanobacteria) ที่แตกต่างกันตามฤดูกาล คือ ในฤดูแล้ง จะพบไซยาโนแบคทีเรียสกุล *Trichodestium spp.* เป็นสกุลเด่น เนื่องจากเป็นสกุลที่ทนความเค็มค่อนข้างสูงได้ (หมั่น โพธิ์วิจิตร และคณะ, 2521 : สมภพ รุ่งสุภา และคณะ, 2536)

ฤดูฝนความเค็มของน้ำทะเลลดต่ำลง ทำให้ไซยาโนแบคทีเรียกลุ่มที่ทนเค็มได้ใน ช่วงกว้างมีจำนวนเพิ่มขึ้น ได้แก่ สกุล *Oscillatoria spp.*, *Spirulina spp.*, *Anabeana spp.* และ *Anabeanopsis spp.* (ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลฯ, 2549) ดังนั้นช่วงอุณหภูมิจึงมีผลต่อกลุ่มจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ ย่อยสลายอินทรีย์สารในดินชายเลน จึงควรมีการศึกษาบทบาทของจุลินทรีย์ในดินชาย เลนร่วมกับการทดลอง เพื่อวิเคราะห์หากกลุ่มจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลาย อินทรีย์สาร ในแต่ละสภาวะที่แตกต่างกัน



บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนติดชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนบน กรณีศึกษาตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม ระหว่างเดือนสิงหาคม 2558 ถึง เดือนตุลาคม 2560 สามารถแยกประเด็นสำหรับการสรุปผลได้ดังนี้

5.1 ลักษณะป่าชายเลน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม

ป่าชายเลนตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม มีลักษณะการแบ่งเขตพันธุ์ไม้ไม่ชัดเจนเหมือนป่าชายเลนทั่วไป เนื่องจากมีการปลูกกล้าไม้แทรกระหว่างต้นไม้เดิมจากความร่วมมือของชาวบ้านในชุมชนและหน่วยงานที่สนใจดำเนินการด้านความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม (CSR) ในการอนุรักษ์ป่าชายเลน การแบ่งพันธุ์ไม้แตกต่างกันตามแปลงปลูกป่าที่ปลูกเสริมและมีการกระจายพันธุ์ไม้ทั่วพื้นที่ ไม้พันธุ์เด่น คือ แสม โกงกางใบเล็ก และโกงกางใบใหญ่ นอกจากนี้ ปัจจุบันพื้นที่ป่าชายเลนมีการกำหนดขอบเขตพื้นที่ป่าอย่างชัดเจน เพื่อป้องกันการถูกล้ำพื้นที่ของคนในชุมชน อีกทั้งยังมีการปลูกกล้าไม้เข้าไปในทะเล ส่งผลให้เกิดป่าชายเลนงอกใหม่เป็นการเพิ่มพื้นที่ป่าชายเลนตำบลคลองโคน พื้นที่โดยรอบป่าชายเลนมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมเป็นพื้นที่เกษตรกรรม นาทุ่งแบบธรรมชาติ ปัจจุบันเปลี่ยนเป็นการผันน้ำทะเลเข้าสู่บ่อเพื่อเลี้ยงสัตว์น้ำอื่นๆ โดยแนวการศึกษาทั้งสามแนว มีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกัน และสภาพของป่าแตกต่างกันเล็กน้อยตามระยะห่างจากชายฝั่งทะเล

5.2 การกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนและตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

คุณสมบัติพื้นฐานของดินทั้งสามแนวพบว่าดินมีคุณสมบัติบางอย่างที่แตกต่างกันตามระยะห่างจากชายฝั่งทะเล คือ เนื้อดิน ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าความเค็ม ความชื้นในดิน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและปริมาณไนโตรเจน แต่พบว่าสภาพนำไฟฟ้าและความหนาแน่นของดินรวมที่มีค่าใกล้เคียงกันทั้งสามแนว และสามารถสรุปคุณสมบัติดินแต่ละแนวได้ ดังนี้ ตัวอย่างดินแนวป่าชายเลนติดนาทุ่งเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง มีค่าความเป็นกรดต่างในระดับกรดจัด ค่าความเค็ม 11.95 พีพีที ความชื้นในดินขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร และอนุภาคดินขนาด ≤ 2 มิลลิเมตร ร้อยละ 13.4176 และ ร้อยละ 13.6016 ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับสูงมาก ปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับสูง และอัตราส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 13.94 ตัวอย่างดินแนวในป่าชายเลนเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง มีค่าความเป็นกรดต่างในระดับกรดอ่อน ค่าความเค็ม 10.96 พีพีที ความชื้นในดินขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร และอนุภาคดินขนาด ≤ 2 มิลลิเมตร

ร้อยละ 12.5405 และ ร้อยละ 12.7099 ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับสูงมาก ปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับสูง และอัตราส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 11.68 สูดท้ายตัวอย่างดินแนวป่าชายเลนริมชายฝั่งทะเล เป็นดินร่วนปนเหนียว มีค่าความเป็นกรดต่างในระดับต่างจัด ค่าความเค็ม 10.03 พีพีที ความชื้นในดินขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร และอนุภาคดินขนาด ≤ 2 มิลลิเมตร ร้อยละ 10.3677 และ ร้อยละ 10.7942 ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับสูงมาก ปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับปานกลาง และอัตราส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 14.40 โดยทั้งสามแนวมีสภาพนำไฟฟ้าและความหนาแน่นรวมของดินใกล้เคียงกัน คือ สภาพนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 10.02-10.03 $\mu\text{m/L}$ และความหนาแน่นของดินรวมขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตรอยู่ในช่วง 0.82-0.87 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และขนาด ≤ 2 มิลลิเมตรอยู่ในช่วง 1.00-1.04 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์คุณสมบัติพื้นฐานของดินป่าชายเลนพบว่าค่าความเป็นกรด ต่างมีความสัมพันธ์เชิงลบกับร้อยละดินเหนียวในทุกแนวตัวอย่างดิน ในขณะที่ความสัมพันธ์อื่นไม่มีแนวโน้มสอดคล้องกันในแต่ละแนวตัวอย่างดิน

ดินตัวอย่างทั้งสามแนวมีค่าการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 121.77 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร 94.482 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรและ 69.165 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตรตามลำดับ จะเห็นว่าการกักเก็บคาร์บอนในป่าชายเลนบริเวณชายฝั่งทะเลจะลดลงเมื่อระยะทางเข้าใกล้ทะเลมากขึ้น ดังนั้นจึงเป็นการส่งเสริมสมมติฐานที่ว่าคุณสมบัติพื้นฐานของดินชายเลนจะมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะห่างชายฝั่งทะเล เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำขึ้นน้ำลงที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางสิ่งแวดล้อมกับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลน

หลังจากการทดลองบ่มดินในสภาวะการทับถมของพีช ระดับความเค็มและอุณหภูมิที่แตกต่างกันพบว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินไม่เท่ากับตอนก่อนบ่มดิน และส่วนใหญ่มีค่ามากขึ้นนั้นหมายความว่า การทับถมของพีช ระดับความเค็มและอุณหภูมิ มีผลทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเปลี่ยนแปลงไป การกักเก็บคาร์บอนในดินจึงเปลี่ยนแปลงไปด้วย เมื่อพิจารณาแต่ละปัจจัยสามารถสรุปได้ ดังนี้

1) การทับถมของพีชกับปริมาณอินทรีย์คาร์บอน พบว่าระดับการทับถมของพีชที่แตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลนแตกต่างกัน การกักเก็บคาร์บอนในดินจึงแตกต่างกัน โดยพบแนวโน้มว่า เมื่อมีการทับถมของพีชมากขึ้น จะทำให้ดินชายเลนมีการกักเก็บคาร์บอนมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อระยะเวลาการหมักที่ 105 วัน พบว่าค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่การทับถมของพีช 497 กิโลกรัมต่อไร่ มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด

2) อุณหภูมิกับปริมาณอินทรีย์คาร์บอน พบว่าระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลนแตกต่างกัน การกักเก็บคาร์บอนในดินจึงแตกต่างกัน แต่ไม่พบแนวโน้มที่ชัดเจน ว่าที่ระดับอุณหภูมิใดส่งผลให้ดินชายเลนมีการกักเก็บคาร์บอนที่มากที่สุด

3) ระดับความเค็มกับปริมาณอินทรีย์คาร์บอน พบว่าระดับความเค็มของน้ำทะเลที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินชายเลนแตกต่างกัน การกักเก็บคาร์บอนในดินจึงแตกต่างกัน แต่ไม่พบแนวโน้มที่ชัดเจน ว่าที่ระดับความเค็มใดส่งผลให้ดินชายเลนมีการกักเก็บคาร์บอนที่มากที่สุด เช่นเดียวกับอุณหภูมิ

จากผลการศึกษาพบว่า เมื่อมีการทับถมของพีชมากขึ้น ทำให้ดินชายเลนมีการกักเก็บคาร์บอนมากขึ้น แต่อุณหภูมิ และระดับความเค็ม ไม่สามารถสรุปทิศทางของอิทธิพลที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนได้อย่างแน่นอน ดังนั้นจึงส่งเสริมสมมติฐานที่ว่า การกักเก็บคาร์บอนในรูปอินทรีย์วัตถุจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการทับถมไปไม่เพิ่มขึ้น ในขณะที่สมมติฐานการกักเก็บคาร์บอนในรูปอินทรีย์วัตถุจะลดลงเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิสูงขึ้นนั้นไม่ถูกต้อง เนื่องจากพบปฏิสัมพันธ์ของทั้งสามปัจจัย และเมื่อเปรียบเทียบเชิงพหุกลับไม่พบแนวโน้มของปฏิสัมพันธ์นั้นในทิศทางเดียวกันในกรณีอุณหภูมิ และระดับความเค็ม เมื่อเปรียบเทียบการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนกับการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินยังพบว่า แม้อินจะอยู่ในสภาวะที่มีการทับถมของพีช ระดับความเค็ม และอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดแล้ว คือการกักเก็บคาร์บอนสูงสุดเท่ากับ 113.54 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร ที่ระยะเวลา 45 วัน การทับถมของพีชปานกลาง อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสระดับความเค็ม 35 พีพีที แต่การกักเก็บคาร์บอนในดินยังมีปริมาณน้อยกว่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินหลายเท่า

อีกทั้งระยะเวลาการบ่มสูงสุดในการทดลองที่ 105 วัน ภายใต้สภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงการทับถมของพีช ระดับความเค็ม และอุณหภูมิ ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนไปจากดินที่ไม่มีการบ่มเฉลี่ย 7.727 กรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร ซึ่งถือว่ามีเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลนทั่วโลก ซึ่งในธรรมชาติการทับถมของพีชจะมีระยะเวลายาวนาน มีการหมุนเวียนสารอินทรีย์ในระบบจากแหล่งภายนอก และระดับความเค็มของน้ำทะเลมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เช่นเดียวกับอุณหภูมิที่มีการแปรผันตามสภาพภูมิอากาศ และยังมีปัจจัยอื่นๆ อีกมาก ดังนั้นการทับถมของพีช ระดับความเค็มของน้ำทะเล และอุณหภูมิ จึงเป็นอิทธิพลร่วมของปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในป่าชายเลนที่มีอิทธิพลน้อยมาก

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน ในขั้นตอนการหมักหรือผสมดินกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ควรแยกการทดลองแต่ละปัจจัยออกจากกันและควบคุมปัจจัยอื่นๆ ให้คงที่ เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงการกักเก็บคาร์บอนในดิน เมื่อสภาพทางสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันไป

5.4.2 ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน ควรวิเคราะห์คุณสมบัติดินชายเลนเชิงชีวภาพ หรือวิเคราะห์ชนิดจุลินทรีย์ในดินชายเลนที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายหรือสร้างอินทรีย์วัตถุในดิน ณ สภาวะสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป อาทิ ที่ระดับการทับถมพีช ระดับความเค็ม และระดับอุณหภูมิ แตกต่างกันไป







ภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐาน

1. เนื้อดิน

การวิเคราะห์เนื้อดิน (Soil Texture) (Bouyoucos, 1962) มีอุปกรณ์ สารเคมีและวิธีเตรียมสาร ขั้นตอนการวิเคราะห์ และการคำนวณ ดังนี้

1.1 อุปกรณ์

- ไฮโดรมิเตอร์ ชนิด 152H (20 องศาเซลเซียส)
- เครื่องปั่นไฟฟ้า (Electric mixer)
- ถ้วยปั่น (Metal dispersing cup)
- กระบอแก้วสำหรับการตกตะกอน ขนาด 1000 มิลลิลิตร
- จุกยางสำหรับปิดกระบอแก้ว
- เทอร์โมมิเตอร์
- นาฬิกาจับเวลา

1.2 สารเคมีและวิธีการเตรียมสาร

- สารละลายแคลกอนร้อยละ 5 ความเป็นกรดต่างประมาณ 8.3
ละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (Sodium hexametaphosphate) จำนวน 50.0 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาณ 800 มิลลิลิตร ปรับให้มีความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 8.3 โดยเติมโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate, Na_2CO_3) ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ในขวดปรับปริมาตร
- เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethylalcohol)

1.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

- 1) ชั่งตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่อง 2 มิลลิลิตร จำนวน 50 กรัม ใส่ลงในถ้วยปั่น
- 2) เติมสารละลายแคลกอน 100 มิลลิลิตร
- 3) เติมน้ำกลั่นเพิ่มลงไป โดยสังเกตให้ระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าปากของถ้วยปั่น 5-8 เซนติเมตร
- 4) ปั่นผสมสารละลายดินด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า 15 นาที
- 5) ถ่ายสารละลายดินจากถ้วยปั่นลงในกระบอแก้วสำหรับการตกตะกอน ใช้ น้ำกลั่นฉีดชะล้างต่างๆ ในถ้วยปั่น แกนและใบพัดของเครื่องปั่นไฟฟ้า ลงในกระบอแก้วให้หมด
- 6) ปรับปริมาตรในกระบอแก้วด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร
- 7) ปิดปากกระบอแก้วด้วยจุกยาง
- 8) ตั้งกระบอแก้วทิ้งไว้ข้ามคืนในที่ที่ปราศจากการสั่นสะเทือน

9) เขย่ากระบอกแก้วในแนวตั้งกลับไปกลับมาประมาณ 25 ครั้ง เพื่อทำให้เกิดสารแขวนลอยดินที่สมบูรณ์

10) วางกระบอกแก้วลงบนโต๊ะ

11) เริ่มจับเวลาทันที

12) เปิดจุกยางออก

13) ค่อยๆ หย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงไป อ่านค่าบนก้านไฮโดรมิเตอร์ทันทีเมื่อครบ 40

วินาที

14) ถ้าบริเวณผิวหน้าของสารละลายดินเต็มไปด้วยฟองอากาศ ให้เติมเอทิลแอลกอฮอล์ลงไป 2-3 หยด

15) นำไฮโดรมิเตอร์ออกจากกระบอกแก้ว แล้ววัดอุณหภูมิของสารละลายดินโดยหย่อนเทอร์โมมิเตอร์ลงไปให้ความลึกอยู่ในสารละลายดินประมาณ 5 เซนติเมตร

16) ล้างไฮโดรมิเตอร์และเทอร์โมมิเตอร์ให้สะอาดเพื่อใช้อ่านค่าในช่วงเวลาถัดไป

17) ตั้งกระบอกแก้วทิ้งไว้บนโต๊ะ ห้ามรบกวนและเคลื่อนย้าย

18) เมื่อครบ 2 ชั่วโมง อ่านค่าจากไฮโดรมิเตอร์และเทอร์โมมิเตอร์อีกครั้ง

19) คำนวณหาร้อยละของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว และหาประเภทของเนื้อดินโดยใช้สามเหลี่ยมแสดงประเภทเนื้อดิน

20) ทำแบล็งค์ (Blank) โดยใส่สารละลายแคลกอนลงในกระบอกแก้วสำหรับการตกตะกอน จำนวน 100 มิลลิลิตร

21) ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร และเขย่าให้เข้ากันดี จากนั้นทำเช่นเดียวกับ

ตัวอย่าง

1.4 การคำนวณ

1) ปรับค่าแบล็งค์

$$\text{Corrected Hydrometer Reading}_1 = R_s - R_b$$

โดยที่ R_s = ค่าที่อ่านได้ของสารแขวนลอยดินที่อุณหภูมิห้อง เมื่อ 40 วินาที หรือ 2 ชั่วโมง (กรัม/ลิตร)

R_b = ค่าที่อ่านได้ของสารละลายแคลกอนที่อุณหภูมิห้อง เมื่อ 40 วินาที หรือ 2 ชั่วโมง (กรัม/ลิตร)

2) ปรับค่าอุณหภูมิ

$$\text{Corrected hydrometer reading}_2 = \text{Corrected hydrometer reading}_1 + 0.36 (T-20^\circ\text{C})$$

โดยที่ T = อุณหภูมิของสารแขวนลอย เมื่อ 40 วินาที หรือ 2 ชั่วโมง
(องศาเซลเซียส)

3) การคำนวณผลรวมของปริมาณอนุภาคขนาดทรายแป้งและดินเหนียว

$$\text{Silt + Clay (\%)} = \frac{\text{Corrected hydrometer reading}_2 \text{ at 40 seconds}}{W} \times 100 \times \text{mf}$$

โดยที่ W = น้ำหนักตัวอย่างดิน (กรัม)

mf = Moisture correction factor

4) การคำนวณปริมาณอนุภาคดินเหนียว

$$\text{Clay (\%)} = \frac{\text{Corrected hydrometer reading}_2 \text{ at 2 hours}}{W} \times 100 \times \text{mf}$$

โดยที่ W = น้ำหนักตัวอย่างดิน (กรัม)

mf = Moisture correction factor

5) การคำนวณปริมาณอนุภาคขนาดทรายแป้ง

$$\text{Silt (\%)} = (\text{ร้อยละ Silt + Clay}) - (\text{ร้อยละ Clay})$$

6) การคำนวณปริมาณอนุภาคขนาดทรายแป้ง

$$\text{Sand (\%)} = 100 - (\text{ร้อยละ Silt + Clay})$$

2. ค่าความเป็นกรดต่าง

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) (Blakemore et al., 1987) มีอุปกรณ์ สารเคมีและวิธีเตรียมสาร และขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังนี้

2.1 อุปกรณ์

- สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน (Standard buffer solution) ค่าความเป็นกรดต่าง 4, 7 และ 10
- เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง
- เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร
- แท่งแก้ว
- กระบอกฉีดน้ำ

2.2 สารเคมีและวิธีการเตรียมสาร

- สารละลาย 0.01 M CaCl_2

ละลาย Calcium chloride dihydrate ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (M.W. 147.02)) จำนวน 1.47 กรัม ลงในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

- 1) สอบเทียบ (Calibration) เครื่องวัดความเป็นกรดต่างด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานพีเอช 4 7 และ 9
- 2) ชั่งตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่อง 2 มิลลิเมตรจำนวน 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์
- 3) เติมละลายตัวกลางสารละลาย 0.01 M CaCl_2 25 มิลลิลิตร
- 4) ใช้แท่งแก้วคนเป็นระยะ ๆ ให้บ่อยครั้งในระยะ 30 นาทีแรก หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้อีก 30 นาที
- 5) วัดค่าความเป็นกรดเป็นต่างด้วยเครื่องวัดความเป็นกรดต่างโดยวัดในส่วนที่เป็นน้ำใส

3. ค่าความเค็มและสภาพนำไฟฟ้า

การวิเคราะห์ค่าความเค็ม (Salinity) และ สภาพนำไฟฟ้า (Conductivity) (Rhodes, 1992) มีอุปกรณ์ และขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังนี้

3.1 อุปกรณ์

- เครื่องวัดค่าความเค็มและสภาพนำไฟฟ้า
- สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน (Standard buffer solution)
- บีกเกอร์
- กระจกฉีดยาน้ำ

3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์

- 1) ทำการสอบเทียบ (Calibration) ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน
- 2) ชั่งตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่อง 2 มิลลิเมตรจำนวน 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์
- 3) เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร
- 4) วัดค่าความเค็มและสภาพนำไฟฟ้าโดยวัดในส่วนที่เป็นน้ำใสและบันทึกค่า

4. ความหนาแน่นของดิน

การวิเคราะห์ความหนาแน่นของดิน (Bulk density) (Culley, 1993) มีอุปกรณ์ ขั้นตอนการวิเคราะห์ และการคำนวณ ดังนี้

4.1 อุปกรณ์

- บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
- เครื่องชั่งความแม่นยำ 0.01 กรัม

4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์

- 1) เตรียมบีกเกอร์ที่ทราบปริมาตรที่แน่นอน (V_b)
- 2) นำดินร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่อง 0.5 มิลลิเมตร ใส่ในบีกเกอร์ที่ทราบปริมาตรที่แน่นอน จากนั้นนำไปชั่งเพื่อหาน้ำหนัก (M_s)

4.3 การคำนวณ

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

โดยที่ D_b = ความหนาแน่นของดิน (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)
 M_s = มวลหรือน้ำหนักดินแห้ง (กรัม)
 V_s = ปริมาตรของบีกเกอร์ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

5. ความชื้นในดิน

การวิเคราะห์ความชื้นในดิน (Mehlich, 1984) มีอุปกรณ์ ขั้นตอนการวิเคราะห์ และการคำนวณ ดังนี้

5.1 อุปกรณ์

- บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิตร
- เตาอบที่สามารถเพิ่มอุณหภูมิได้ถึง 110 องศาเซลเซียสและควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้
- เครื่องชั่งความแม่นยำ 0.01 กรัม
- โถแก้วดูความชื้น

5.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์

- 1) อบบีกเกอร์ในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง
- 2) นำบีกเกอร์เข้าโถแก้วดูความชื้น เพื่อให้อุณหภูมิเย็นลงและน้ำหนักคงที่
- 3) นำบีกเกอร์ไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักพร้อมจذبบันทึก (W_1)
- 4) ชั่งตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่อง 2 มิลลิเมตร และ 0.5 มิลลิเมตรหนัก 50 กรัมโดยประมาณ และชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของดินพร้อมจذبบันทึกน้ำหนัก (W_2)
- 5) นำดินไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง
- 6) จากนั้นทิ้งให้เย็นในโถแก้วดูความชื้นอีกครั้ง
- 7) ชั่งน้ำหนักหลังอบ (W_3)

5.3 การคำนวณ

1) ค่าความชื้นของดิน

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

- โดยที่ W_1 = น้ำหนักภาชนะ (กรัม)
 W_2 = น้ำหนักดิน+ภาชนะ ก่อนอบแห้ง (กรัม)
 W_3 = น้ำหนักดิน+ภาชนะ หลังอบแห้ง (กรัม)

2) Moisture correction factor (mf)

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

- โดยที่ mf = Moisture correction factor
 %moisture = ค่าความชื้น (ร้อยละ)

6. ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน

การวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon) (Walkley & Black, 1934) มีอุปกรณ์ สารเคมีและวิธีการเตรียมสาร ขั้นตอนการวิเคราะห์ และการคำนวณ ดังนี้

6.1 อุปกรณ์

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

6.2 สารเคมีและวิธีการเตรียมสาร

- สารละลายโพแตสเซียมไดโครเมต (Potassium dichromate, $K_2Cr_2O_7$) 1.0 นอร์มัล
 ละลายโพแตสเซียมไดโครเมตที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสอย่างน้อย 3 ชั่วโมงหนัก 49.04 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ในขวดปรับปริมาตร
- กรดซัลฟูริก เข้มข้น (Conc. H_2SO_4) ความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 96 เปอร์เซ็นต์
- สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous ammonium sulfate, FAS) 0.5 นอร์มัล

ละลายเฟอร์รัสซัลเฟต ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) จำนวน 140 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 500 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริก เข้มข้นลงไป 20 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ในขวดปรับปริมาตร (หากใช้ไม่หมด เก็บไว้ในขวดเก็บสารสีชา)

- เฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์ (Ferroun indicator)

ละลาย 1,10 ฟีนอนธโรโรไลโมนไฮเดรต (phenanthrolinemonohydrate) จำนวน 1.48 กรัม และเฟอร์รัสซัลเฟต (Ferrous sulfate, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) จำนวน 0.7 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

6.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

1) ชั่งตัวอย่างดินที่ร้อนผ่านตะแกรงขนาด 0.50 มิลลิเมตร จำนวน 0.5 กรัม โดยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร พร้อมระบุรายละเอียดของจุดเก็บตัวอย่างไว้ข้างขวด

2) ปิเปตสารละลาย 1.0 นอร์มัล โฟแทสเซียมไดโครเมตลงในขวดรูปชมพู่ จำนวน 10 มิลลิลิตร แก้วขวดรูปชมพู่เบา ๆ ให้ดินผสมกับสารละลาย

3) เติมกรดซัลฟูริก เข้มข้นลงไป 20 มิลลิลิตร โดยเร็ว ให้ดินสัมผัสกับสารละลายโดยตรง

4) แก้วขวดรูปชมพู่เบา ๆ จนดินและสารละลายผสมกันเป็นเวลา 1 นาที

5) ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อทำปฏิกิริยา

6) เติมน้ำกลั่นลงไป 50 มิลลิลิตร

7) หยดเฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์ 3 – 4 หยด

8) ไตเตรตด้วย สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟต 0.5 นอร์มัล เมื่อใกล้ถึงจุดยุติ สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเขียวเข้มที่จุดนี้ค่อย ๆ เติมสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟตไปช้า ๆ ทีละหยด จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวอมน้ำเงินเป็นน้ำตาลแกมแดง

9) จดบันทึกปริมาณ สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสซัลเฟตที่ใช้ เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณอินทรีย์คาร์บอน

10) ทำแบล็งค์ (Blank) ควบคู่ไปกับตัวอย่าง โดยไม่ต้องใส่ตัวอย่างดิน เพื่อใช้ในการเทียบมาตรฐานสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต

6.4 การคำนวณ

1) ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+}

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

โดยที่	N_f	= ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} (นอร์มัล)
	N_c	= ความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมไดโครเมต (นอร์มัล)
	T_1	= ปริมาตรของสารละลาย Fe^{2+} ที่ใช้ไตเตรตกับแบล็งค์ (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+} ที่ใช้ไตเตรตกับแบล็งค์ (มิลลิลิตร)
	T_2	= ปริมาตรของสารละลาย Fe^{2+} ที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่างดิน (มิลลิลิตร)
	N_f	= ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} (นอร์มัล)
	0.003	= น้ำหนักสมมูลของคาร์บอน (กรัม)
	O_f	= Oxidation factor (ค่าโดยทั่วไปที่ใช้คือ 1.3 เนื่องจากสมมติฐานที่ว่า อินทรีย์คาร์บอนเพียงร้อยละ 77 เท่านั้นที่เกิดปฏิกิริยา)
	W	= น้ำหนักตัวอย่างดิน (กรัม)
	mf	= Moisture correction factor

3) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ

$$\text{Organic matter (\%)} = C_f \times OC (\%)$$

โดยที่	Organic matter (%)	= ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (ร้อยละ)
	C_f	= Conversion factor (ห้องปฏิบัติการในประเทศไทยนิยมใช้ค่า 1.724 หรือ 100/58 เนื่องจากสมมติฐานที่ว่า อินทรีย์วัตถุในดินประกอบด้วยอินทรีย์คาร์บอนร้อยละ 58)
	OC (%)	= ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (ร้อยละ)

7. ไนโตรเจน

การวิเคราะห์ไนโตรเจน (Nitrogen) (Sparks et al., 1996) มีอุปกรณ์ สารเคมีและวิธีการเตรียมสาร ขั้นตอนการวิเคราะห์ และการคำนวณ ดังนี้

7.1 อุปกรณ์

- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- ตู้ดูดควัน (Hood)
- เครื่องย่อย (Djgestor)
- เครื่องกลั่น (Distillator)
- ขวดเจลดดาห์ (Kjeldahl flask)
- ขวดแก้วรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
- บิวเรต (Burette) ขนาด 50 ml
- ปิเปต (Pipette)
- กระจกตวง (Cylinder)
- หลอดหยอด (Dropper)

7.2 สารเคมีและวิธีการเตรียมสาร

- กรดซัลฟูริกเข้มข้น (ร้อยละ 98)
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 12.5 นอร์มัล

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 500 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ในขวดปรับปริมาตร

- สารสำเร็จรูปอัดเม็ด (Kjeltabs)
- กรดซัลฟูริกมาตรฐาน 0.02 นอร์มัล

เตรียมกรดซัลฟูริก 1 นอร์มัล โดยปิเปตกรดซัลฟูริกเข้มข้น (ร้อยละ 98) จำนวน 28.3 มิลลิลิตรลงในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ในขวดปรับปริมาตร

เตรียมกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มัล โดยปิเปตกรดซัลฟูริก 1 นอร์มัล จำนวน 10 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ในขวดปรับปริมาตร

การเทียบความเข้มข้น (Standardize) เพื่อทราบความเข้มข้นแน่นอนโดยไตเตรตกับสารละลายต่างโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3 0.01 โมล/ลิตร) ปล่อยให้แห้งด้วยการอบที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมทิลเรด (Methyl red) เป็นอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด

- สารละลายกรดบอริก

ละลายกรดบอริก (H_3BO_3) 50 กรัม ลงในน้ำกลั่น นำไปตั้งบนเครื่องให้ความร้อน (Hot plate stirrer) เพื่อละลายกรดบอริก ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น ในขวดปรับปริมาตร

- อินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator)

ละลายเมททิวเรด (Methyl red) จำนวน 0.125 กรัมและเมทิลีนบลู (Methylene blue) จำนวน 0.083 แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) ในขวดปรับปริมาตร

7.3 วิธีการวิเคราะห์

1) การย่อยสลาย (digestion)

1.1) ชั่งตัวอย่างดินที่ร้อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตรจำนวน 1 กรัม โดยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ใส่ลงในขวดเจลดาห์

1.2) เติมสารสำเร็จรูปอัดเม็ดจำนวน 2 เม็ด

1.3) ใส่เม็ดแก้ว (Glass bead) จำนวน 5 เม็ด

1.4) เติมกรดซัลฟูริก 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 ลงในขวด เจลดาห์ที่มีสารละลายตัวอย่าง

2.3) ทำการกลั่น จนได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร แลวนำไปไตเตรตในขั้นตอนต่อไป

3) การไตเตรต

- ไตเตรตของเหลวที่กลั่นได้ด้วยกรดซัลฟูริกมาตรฐาน 0.02 นอร์มัล จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนจากเขียวเป็นสีม่วง

4) ทำแบล็งค์ควบคู่ไปกับตัวอย่าง โดยไม่ต้องใส่ตัวอย่างดิน

7.4 การคำนวณ

1) เทียบความเข้มข้นกรดซัลฟูริก (นอร์มัล)

$$\text{ความเข้มข้นกรดซัลฟูริก (นอร์มัล)} = \frac{\text{g of Na}_2\text{CO}_3 \text{ used} \times 1000}{33 \times \text{ml of acid used}}$$

โดยที่ g of Na₂CO₃ used = น้ำหนักกรดซัลฟูริกที่ใช้ (กรัม)

ml of acid used = ปริมาตรโซเดียมคาร์บอเนตที่ใช้ (มิลลิลิตร)

2) ปริมาณไนโตรเจน

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

โดยที่ N = ความเข้มข้นเป็นนอร์มัลของกรดซัลฟูริกมาตรฐานที่ใช้ (นอร์มัล)

V = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรตกับตัวอย่างดิน (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรตกับแบล็งค์ (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (กรัม)

mf = Moisture correction factor





ภาคผนวก ข

การคำนวณอัตราส่วนพืชต่อดิน

ภาคผนวก ข

การคำนวณอัตราส่วนพืชต่อดิน

1) แปลงข้อมูล จากหน่วย กิโลกรัม/ไร่ เป็น กรัม/ตารางเมตร

อัตราส่วนน้อยที่สุด

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักพืช 15 กิโลกรัม/ไร่} &= \frac{15 \text{ กิโลกรัม}}{1 \text{ ไร่}} \times \frac{1 \text{ ไร่}}{1,600 \text{ ตารางเมตร}} \times \frac{1,000 \text{ กรัม}}{1 \text{ กิโลกรัม}} \\ &= 9.38 \text{ กรัม / ตารางเมตร} \end{aligned}$$

อัตราส่วนเฉลี่ย

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักพืช 138 กิโลกรัม/ไร่} &= \frac{138 \text{ กิโลกรัม}}{1 \text{ ไร่}} \times \frac{1 \text{ ไร่}}{1,600 \text{ ตารางเมตร}} \times \frac{1,000 \text{ กรัม}}{1 \text{ กิโลกรัม}} \\ &= 86.25 \text{ กรัม / ตารางเมตร} \end{aligned}$$

อัตราส่วนมากที่สุด

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักพืช 497 กิโลกรัม/ไร่} &= \frac{497 \text{ กิโลกรัม}}{1 \text{ ไร่}} \times \frac{1 \text{ ไร่}}{1,600 \text{ ตารางเมตร}} \times \frac{1,000 \text{ กรัม}}{1 \text{ กิโลกรัม}} \\ &= 310.63 \text{ กรัม / ตารางเมตร} \end{aligned}$$

2) คำนวณน้ำหนักพืชสดที่ต้องชั่งจากน้ำหนักพืชแห้ง

อัตราส่วนน้อยที่สุด

พิจารณาน้ำหนักพืช 9.38 กรัม/ตารางเมตร

3.56 กรัม พืชแห้ง	ต้องชั่งใบพืชสด =	10.07	กรัม พืชสด
9.38 กรัม พืชแห้ง	ต้องชั่งใบพืชสด =	$\frac{10.07 \times 9.35}{3.56}$	กรัม พืชสด
		= 26.45	กรัม พืชสด

อัตราส่วนเฉลี่ย

พิจารณาน้ำหนักพืช 86.25 กรัม / ตารางเมตร

3.56 กรัม พืชแห้ง	ต้องชั่งใบพืชสด =	10.07	กรัม พืชสด
86.25 กรัม พืชแห้ง	ต้องชั่งใบพืชสด =	$\frac{10.07 \times 86.25}{3.56}$	กรัม พืชสด
		= 243.97	กรัม พืชสด

อัตราส่วนมากที่สุด

พิจารณาน้ำหนักพืช 310.63 กรัม / ตารางเมตร

$$\begin{array}{rclcl}
 3.56 \text{ กรัม พืชแห้ง} & \text{ต้องชั่งใบพืชสด} & = & 10.07 & \text{กรัม พืชสด} \\
 310.63 \text{ กรัม พืชแห้ง} & \text{ต้องชั่งใบพืชสด} & = & \frac{10.07 \times 310.63}{3.56} & \text{กรัม พืชสด} \\
 & & = & 878.66 & \text{กรัม พืชสด}
 \end{array}$$

3) หาน้ำหนักดินต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร

$$\begin{array}{rcl}
 \text{ดิน } 40 \times 40 \text{ ตารางเซนติเมตร หนัก} & = & \frac{6.1 \text{ กิโลกรัม}}{1,600 \text{ ตารางเซนติเมตร}} \times \frac{10,000 \text{ ตารางเซนติเมตร}}{1 \text{ ตารางเมตร}} \\
 & = & 38.125 \text{ กิโลกรัม/ตารางเมตร}
 \end{array}$$

4) คำนวนต่อดิน 2 กิโลกรัมให้เพียงพอสำหรับการทดลอง

อัตราส่วนน้อยที่สุด

$$\begin{array}{rcl}
 26.45 \text{ กรัม พืชสด} / 38.125 \text{ กิโลกรัมดิน} & = & \frac{26.45 \text{ กรัม พืชสด}}{38.125 \text{ กิโลกรัมดิน}} \times 2 \text{ กิโลกรัมดิน} \\
 & = & 1.39 \text{ กรัมพืช} / 2 \text{ กิโลกรัมดิน}
 \end{array}$$

อัตราส่วนเฉลี่ย

$$\begin{array}{rcl}
 243.97 \text{ กรัม พืชสด} / 38.125 \text{ กิโลกรัมดิน} & = & \frac{243.97 \text{ กรัม พืชสด}}{38.125 \text{ กิโลกรัมดิน}} \times 2 \text{ กิโลกรัมดิน} \\
 & = & 12.8 \text{ กรัมพืช} / 2 \text{ กิโลกรัมดิน}
 \end{array}$$

อัตราส่วนมากที่สุด

$$\begin{array}{rcl}
 878.66 \text{ กรัม พืชสด} / 38.125 \text{ กิโลกรัมดิน} & = & \frac{878.66 \text{ กรัม พืชสด}}{38.125 \text{ กิโลกรัมดิน}} \times 2 \text{ กิโลกรัมดิน} \\
 & = & 46.09 \text{ กรัมพืช} / 2 \text{ กิโลกรัมดิน}
 \end{array}$$



ภาคผนวก ค
พิกัดทางภูมิศาสตร์ของจุดเก็บตัวอย่างดินชายเลน

ภาคผนวก ค

พิกัดทางภูมิศาสตร์ของจุดเก็บตัวอย่างดินชายเลน

จากการลงภาคสนามเพื่อเก็บตัวอย่างดินชายเลน ณ ป่าชายเลน ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม จำนวน 47 จุดเก็บตัวอย่าง โดยแต่ละจุด มีพิกัดดังตาราง ค-1 เรื่อง พิกัดจุดเก็บตัวอย่างดิน

ตาราง ค-1 พิกัดจุดเก็บตัวอย่างดิน

	ละติจูด	ลองจิจูด
1	13.320564	99.969092
2	13.319609	99.968265
3	13.31944	99.968329
4	13.321006	99.970571
5	13.321021	99.970582
6	13.321892	99.972103
7	13.32121	99.973055
8	13.319952	99.971358
9	13.317782	99.969893
10	13.318607	99.971066
11	13.319414	99.971285
12	13.313329	99.973171
13	13.314137	99.974915
14	13.323347	99.974162
15	13.325628	99.9754
16	13.321281	99.976101
17	13.323211	99.977516
18	13.323159	99.977481
19	13.312608	99.968603
20	13.312647	99.96834
21	13.312641	99.968332
22	13.313491	99.971154
23	13.313525	99.971156

ตาราง ค-1 พิกัดจุดเก็บตัวอย่างดิน (ต่อ)

	ละติจูด	ลองจิจูด
24	13.315102	99.977284
25	13.315125	99.977325
26	13.31711	99.980063
27	13.32135	99.980586
28	13.321213	99.983352
29	13.322475	99.986026
30	13.323912	99.988218
31	13.325838	99.990164
32	13.327717	99.988403
33	13.328747	99.987382
34	13.327433	99.985741
35	13.328234	99.984653
36	13.326494	99.986152
37	13.327546	99.982083
38	13.324803	99.984042
39	13.324822	99.984054
40	13.327279	99.98048
41	13.324351	99.981856
42	13.324369	99.981846
43	13.326468	99.976705
44	13.32846	99.979192
45	13.322889	99.978778
46	13.319952	99.971358
47	13.321892	99.972103



ภาคผนวก ง
ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐาน

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐาน

1) ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์พื้นฐานของดินใน 3 แนว

1.1. เนื้อดิน

ผลการวิเคราะห์เนื้อดิน ดังตารางที่ ง-1 ผลการคำนวณการปรับค่าแบล็งค์และปรับค่าอุณหภูมิเพื่อวิเคราะห์ ณ เวลา 24 ชั่วโมง เพื่อคำนวณหาร้อยละอนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียว ดังตารางที่ ง-2 ผลการคำนวณการปรับค่าแบล็งค์และปรับค่าอุณหภูมิเพื่อวิเคราะห์ ณ เวลา 2 ชั่วโมง เพื่อคำนวณหาร้อยละอนุภาคดินเหนียว ตารางที่ ง-3 และสรุปผลการวิเคราะห์เนื้อดินดังตารางที่ ง-4



ตารางที่ ง-1 เมื่อดิน

ตัวอย่าง	ซ้่าที่	น้ำหนกดิน	24 ชั่วโมง		2 ชั่วโมง	
			hydrometer	อุณหภูมิ	hydrometer	อุณหภูมิ
แบล้งค้	1	0.00	6.5	25.0	6.5	25.0
	2	0.00	6.5	25.0	6.5	25.0
	3	0.00	6.5	25.0	6.5	25.0
1	1	40.00	40.5	25.5	30.5	25.0
	2	40.01	40.5	25.5	30.5	25.0
	3	40.00	40.5	25.5	30.5	25.0
2	1	40.00	42.0	25.0	30.5	25.0
	2	40.01	41.5	25.0	30.5	25.0
	3	40.00	41.5	25.0	30.5	25.0
3	1	40.00	33.5	25.5	26.5	25.0
	2	40.09	33.5	25.0	26.5	25.0
	3	40.05	33.0	25.0	27.0	25.0

ตารางที่ ง-2 การปรับค่าแบบลิ่งค์และปรับค่าอุณหภูมิเพื่อวิเคราะห์ ณ เวลา 24 ชั่วโมง

ตัวอย่างที่	ซ้ำที่	ที่ 24 ชั่วโมง		ร้อยละ Silt+Clay
		corrected hydrometer reading ₁	corrected hydrometer reading ₂	
	$R_s - R_b$		corrected hydrometer reading ₁ + 0.36/(T-20)	
1	1	34.0	35.98	105.3
	2	34.0	35.98	105.3
	3	34.0	35.98	105.3
2	1	35.5	37.30	105.1
	2	35.0	36.80	103.7
	3	35.0	36.80	103.7
3	1	27.0	28.98	80.3
	2	27.0	28.80	79.6
	3	26.5	28.30	78.3

ตารางที่ ง-3 การปรับค่าแบลิ่งค์และปรับค่าอุณหภูมิเพื่อวิเคราะห์ ณ เวลา 2 ชั่วโมง

ตัวอย่างที่	ซ้ำที่	ที่ 24 ชั่วโมง		
		corrected hydrometer reading ₁	corrected hydrometer reading ₂	ร้อยละ Clay ร้อยละ Silt
1	1	24.0	16.8	49.2 56.1
	2	24.0	16.8	49.2 56.1
	3	24.0	16.8	49.2 56.1
2	1	24.0	16.8	47.3 57.8
	2	24.0	16.8	47.3 56.3
	3	24.0	16.8	47.3 56.4
3	1	20.0	12.8	35.5 44.8
	2	20.0	12.8	35.4 44.2
	3	20.5	13.3	36.8 41.5

ตารางที่ ง-4 เนื้อดิน

ตัวอย่างที่	เฉลี่ย				สรุป		
	Silt+Clay	Clay	Silt	Sand	Silt	Clay	Clay
1	105.3	49.2	56.1	5.3	56.1	49.2	49.2
2	104.2	47.3	56.8	4.2	56.8	47.3	47.3
3	79.4	35.9	43.5	20.6	43.5	35.9	35.9
1.2. ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าความเค็มและสภาพน้ำไฟฟ้า							
ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าความเค็มและสภาพน้ำไฟฟ้า ดังตารางที่ ง-5							
ตารางที่ ง-5 ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าความเค็มและสภาพน้ำไฟฟ้า							
ตัวอย่างที่	ซ้	pH	Conduct (um/L)	และ Salinity(ppt)	เฉลี่ย		
		น้ำหนักดิน(กรัม)	pH	น้ำหนักดิน(กรัม)	Conduct (um/L)	Salinity(ppt)	Salinity(ppt)
1	1	10.0127	5.37	10.0100	11.79	6.8	11.95
	2	10.0097	5.45	10.0421	11.98	6.9	
	3	10.0641	5.36	10.0382	12.09	7.0	
2	1	10.0736	7.45	10.0006	11.00	6.3	10.96
	2	10.0309	7.49	10.0472	11.02	6.3	
	3	10.0199	7.55	10.0066	10.86	6.2	
3	1	10.0353	8.31	10.0415	10.10	5.7	10.03
	2	10.0032	8.33	10.0073	10.00	5.7	
	3	10.0239	8.35	10.0222	10.00	5.7	

1.3. ความหนาแน่นของดิน

ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดินที่ขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร ดังตารางที่ ๓-7 และ ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดินที่ขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร ดังตารางที่ ๓-7

ตารางที่ ๓-6 ความหนาแน่นรวมของดินที่ขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร

ขนาดดิน	ตัวอย่างที่	ซ้าที่	น้ำหนักเปียกเกอร์	น้ำหนักเปียกเกอร์ + น้ำหนักดิน	น้ำหนักดิน	ปริมาตรเปียกเกอร์	ความหนาแน่น	เฉลี่ย
1	1	1	52.186	142.0805	89.8945	110	0.82	
	2	2	52.186	142.0801	89.8941	110	0.82	0.82
	3	3	52.186	142.0799	89.8939	110	0.82	
2	1	1	52.186	147.7606	95.5746	110	0.87	
	2	2	52.186	147.7606	95.5746	110	0.87	0.87
	3	3	52.186	147.7606	95.5746	110	0.87	
0.5 มิลลิเมตร	1	1	52.186	147.7722	95.5862	110	0.87	
	2	2	52.186	147.7722	95.5862	110	0.87	0.87
	3	3	52.186	147.7722	95.5862	110	0.87	

ตารางที่ ง-7 ความหนาแน่นรวมของดินที่ขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร

ขนาดดิน	ตัวอย่างที่	ซึ้	น้ำหนักบีกเกอร์	น้ำหนักบีกเกอร์ + น้ำหนักดิน	น้ำหนักดิน	ปริมาตรบีกเกอร์	ความหนาแน่น	เฉลี่ย
1	1	52.186	161.8300	109.6440	110	1.00	1.00	1.00
	2	52.186	161.8299	109.6439	110	1.00		
	3	52.186	161.8298	109.6438	110	1.00		
2	1	52.186	164.6192	112.4332	110	1.02	1.02	1.02
	2	52.186	164.6191	112.4331	110	1.02		
	3	52.186	164.6191	112.4331	110	1.02		
3	1	52.186	166.4551	114.2691	110	1.04	1.04	1.04
	2	52.186	166.4550	114.2690	110	1.04		
	3	52.186	166.4550	114.2690	110	1.04		

1.4. ความชื้นในดิน

ผลการวิเคราะห์ความชื้นในดินที่ขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร ดังตารางที่ ๙-8 และ ผลการวิเคราะห์ความชื้นในดินที่ขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร ดังตารางที่ ๙-9

ตารางที่ ๙-8 ความชื้นในดินที่ขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร

ตัวอย่างที่	ซ้่า	ขนาดดิน 0.5 มิลลิเมตร			ขนาดดิน (กริม)			เฉลี่ย				
		W ₁	W ₂	W ₃	%Mois	mf	%Mois	mf	%Mois	mf		
1	1	53.8568	53.8567	53.8567	63.8628	63.8627	63.8626	62.6844	62.6849	62.6855	13.3413	1.1334
	2	51.2404	51.2404	51.2404	61.2516	61.2515	61.2514	60.0776	60.0782	60.0787	13.2759	1.1328
	3	51.4301	51.43	51.43	61.4424	61.4424	61.4422	60.2402	60.2409	60.2415	13.6353	1.1363
2	1	48.4333	48.4337	48.4337	100.4046	100.4065	100.4069	94.7802	94.7901	94.7990	12.1154	1.1212
	2	50.9423	50.9432	50.9432	100.6571	100.6589	100.6594	95.0265	95.0357	95.0457	12.7514	1.1275
	3	51.0782	51.0788	51.0788	100.7707	100.7724	100.7730	95.1415	95.1508	95.1599	12.7548	1.1275
3	1	51.1622	51.1630	51.1630	101.2543	101.2548	101.2553	96.4811	96.4889	96.4974	10.5141	1.1051
	2	52.1772	52.1783	52.1784	100.6587	100.6591	100.6596	95.8776	95.8855	95.8944	10.9209	1.1092
	3	49.3954	49.3940	49.3954	103.6165	103.6170	103.6174	98.8285	98.8364	98.8458	9.6680	1.0967
หมายเหตุ												
		%Mois หมายถึง ความชื้น (ร้อยละ)										

ตารางที่ ง-9 ความชื้นในดินที่ขนาดอนุภาค 2 มิลลิเมตร

ขนาดดิน 2 มิลลิเมตร												
ตัวอย่างที่	ซ้	น้ำหนักดิน (กรัม)									เฉลี่ย	
		W ₁			W ₂			W ₃			%Mois	mf
1	1	59.9847	59.9847	62.9969	62.9967	62.9965	61.7935	61.7945	61.7952	59.9847	13.6475	1.1365
	2	49.7536	49.7536	59.7776	59.7773	59.7772	58.5803	58.5810	58.5820	49.7536	13.5520	1.1355
	3	51.8542	51.8542	61.8672	61.8666	61.8664	60.6671	60.6676	60.6682	51.8542	13.6054	1.1361
2	1	50.4038	50.4062	50.4062	98.4033	98.4079	98.4082	92.8408	92.8492	92.8551	13.0955	1.1310
	2	50.6773	50.6794	50.6792	100.9558	100.9558	100.9568	95.3518	95.3606	95.3658	12.5260	1.1253
	3	50.7801	50.7823	50.7822	101.2671	101.2672	101.2673	95.6477	95.6555	95.6600	12.5082	1.1251
3	1	51.2571	51.2582	51.2582	101.1253	101.1254	101.1255	96.3592	96.3658	96.3695	10.5539	1.1055
	2	50.6893	50.6906	50.6906	102.1937	102.1939	102.194	97.4199	97.4267	97.4309	10.2021	1.1020
	3	53.627	53.6256	53.6266	99.3675	99.3677	99.3676	94.5978	94.6041	94.6082	11.6266	1.1163

หมายเหตุ %Mois หมายถึง ความชื้น (ร้อยละ)

1.5. ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและปริมาณอินทรีย์วัตถุ

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} ดังตาราง ง-10 และผลการวิเคราะห์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ดังตาราง ง-11

ตาราง ง-10 ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+}

ข้อ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
1	0.00	28.50	28.50	
2	0.00	28.50	28.50	28.5
3	0.00	28.50	28.50	

$$N_f = \frac{10N_c}{T_1} = 0.3509$$

ตาราง ง-11 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาณ FAS ที่ใช้	ปริมาณ FAS-แบล็กด์	%OC	%OM	เฉลี่ย	
1	1	0.5058	0.00	12.70	12.7	15.80	4.90	8.44	4.95
	2	0.5016	12.70	25.20	12.50	16.00	5.01	8.62	
	3	0.5018	25.20	37.85	12.65	15.85	4.96	8.54	
2	1	0.5044	0.00	16.30	16.30	12.20	3.73	6.42	3.62
	2	0.5047	3.80	19.60	15.80	12.70	3.88	6.68	
	3	0.5054	19.60	35.40	15.80	12.70	3.87	6.67	
3	1	1.0071	0.00	10.80	10.80	17.70	2.65	4.58	2.65
	2	1.0134	0.00	10.75	10.75	17.75	2.65	4.56	
	3	1.0022	25.60	36.50	10.90	17.60	2.65	4.57	



1.6. ไนโตรเจน

ผลการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม สำหรับการวิเคราะห์ไนโตรเจน ดังตาราง ง-12 และผลการวิเคราะห์ไนโตรเจน ดังตาราง ง-13 ตารางที่ ง-12 ค่าแบบดั้งเดิม สำหรับการวิเคราะห์ไนโตรเจน

แบบดั้งเดิม	ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาณ FAS ที่ใช้	เฉลี่ย		
1	1	0.00	0.10	0.10			
2	2	0.00	0.10	0.10	0.10		
3	3	0.00	0.10	0.10			
ตารางที่ ง-13 ไนโตรเจน							
ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาณ FAS ที่ใช้	ตัวอย่าง-แบบดั้งเดิม	%N	เฉลี่ย
1	1	1.0026	0.00	11.40	11.30	0.36	
2	2	1.0031	0.00	11.40	11.30	0.36	0.36
3	3	1.0032	0.00	11.40	11.30	0.35	
2	1	1.0044	0.00	10.10	10.00	0.31	
2	2	1.0022	0.00	8.50	8.40	0.26	0.31
3	3	1.0019	0.00	11.30	11.20	0.35	
3	1	1.004	29.80	35.90	6.00	0.18	
2	2	1.0041	11.80	17.90	6.00	0.18	0.18
3	3	1.0043	0.00	6.00	5.90	0.18	

2) ผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลทางสิ่งแวดล้อมต่อคุณสมบัติของดิน

2.1) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} สำหรับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์คาร์บอนวันที่ 28 ดังตาราง ง-14 และผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 28 ดังตาราง ง-15

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} สำหรับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์คาร์บอนวันที่ 45 ดังตาราง ง-16 และผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 45 ดังตาราง ง-17

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} สำหรับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์คาร์บอนวันที่ 105 ดังตาราง ง-18 และผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 105 ดังตาราง ง-19

ตาราง ง-14 ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} สำหรับการคำนวณปริมาณอินทรีย์คาร์บอนวันที่ 28

ข้อ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
1	23.00	43.00	20.00	19.93
2	0.00	19.90	19.90	
3	19.90	19.90	19.90	

ตาราง ง-14 ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} สำหรับการคำนวณปริมาณอินทรีย์คาร์บอนวันที่ 28 (ต่อ)

$$N_f = \frac{10N_c}{T_1} = 0.50$$

ลำดับ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
1	0.00	20.50	20.50	20.67
2	20.50	41.30	20.80	
3	1.00	21.70	20.70	

$$N_f = \frac{10N_c}{T_1} = 0.48$$

ตาราง ง-14 ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} สำหรับการคำนวณปริมาณอินทรีย์คาร์บอนวันที่ 28 (ต่อ)

ลำดับ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
1	0.00	28.10	28.10	20.67
2	0.00	27.90	27.90	
3	1.00	27.95	27.95	

$$N_f = \frac{10N_c}{T_1} = 0.4839$$

ตารางที่ ๙-15 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 28

		น้ำหนักดิน	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาณ FAS ที่ใช้	ปริมาณ FAS-แบลั่งค์	% OC	%OM	เฉลี่ย
		(กรัม)							
D ₂₈ -L ₁₅ -T ₂₀ -S _{0.5}	1	0.5002	0.10	11.40	11.30	8.63	3.80	6.55	3.77
	2	0.5047	11.40	22.70	11.30	8.63	3.77	6.49	
	3	0.5077	22.70	34.00	11.30	8.63	3.74	6.45	
D ₂₈ -L ₁₃₈ -T ₂₀ -S _{0.5}	1	0.5065	15.75	31.60	15.85	12.13	3.76	6.48	3.77
	2	0.5005	31.60	47.60	16.00	11.98	3.75	6.47	
	3	0.5043	0.00	15.75	15.75	12.23	3.80	6.56	
D ₂₈ -L ₄₉₇ -T ₂₀ -S _{0.5}	1	0.5063	0.40	15.15	14.75	13.23	4.10	7.07	
	2	0.5055	15.15	30.15	15.00	12.98	4.03	6.94	4.05
	3	0.5097	30.15	45.10	14.95	13.03	4.01	6.91	

ตารางที่ ง-15 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 28 (ต่อ)

น้ำหนักดิน		ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาณ FAS ที่ใช้	ปริมาณ FAS-แปลงค์	% OC	% OM	เฉลี่ย
		(กรัม)						
D ₂₈ -L ₁₅ -T ₂₀ -S ₁₅	1	0.5007	0.00	11.30	11.30	8.63	3.80	6.54
	2	0.5077	11.30	22.40	11.10	8.83	3.83	6.60
	3	0.5062	22.40	33.50	11.10	8.83	3.84	6.62
D ₂₈ -L ₁₃₈ -T ₂₀ -S ₁₅	1	0.5034	1.30	16.05	14.75	13.23	4.12	7.11
	2	0.5043	16.05	30.80	14.75	13.23	4.11	7.09
	3	0.5094	30.80	45.40	14.60	13.38	4.12	7.10
D ₂₈ -L ₄₉₇ -T ₂₀ -S ₁₅	1	0.507	0.00	14.55	14.55	13.43	4.15	7.16
	2	0.5022	14.55	29.60	15.05	12.93	4.04	6.96
	3	0.5037	15.10	30.20	15.10	12.88	4.01	6.91
D ₂₈ -L ₁₅ -T ₂₀ -S ₃₄	1	0.5052	0.00	16.60	16.60	11.38	3.53	6.09
	2	0.5067	16.60	33.40	16.80	11.18	3.46	5.97
	3	0.5037	33.40	50.50	17.10	10.88	3.39	5.84
D ₂₈ -L ₁₃₈ -T ₂₀ -S ₃₄	1	0.5098	0.00	15.50	15.50	12.48	3.84	6.62
	2	0.5006	15.50	31.60	16.10	11.88	3.72	6.42
	3	0.5062	31.60	47.50	15.90	12.08	3.74	6.45

ตารางที่ ง-15 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 28 (ต่อ)

		น้ำหนักดิน	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	ปริมาตร FAS-แปลงค์	% OC	% OM	เฉลี่ย
		(กรัม)							
D ₂₈ -L ₄₉₇ -T ₂₀ -S ₃₄	1	0.5003	4.00	19.20	15.20	12.78	4.01	6.91	
	2	0.5064	19.20	34.40	15.20	12.78	3.96	6.82	3.99
	3	0.5037	0.00	15.10	15.10	12.88	4.01	6.91	
D ₂₈ -L ₁₅ -T ₂₈ -S _{0.5}	1	0.5050	0.00	11.60	11.60	8.33	3.63	6.26	3.60
	2	0.5097	11.60	23.20	11.60	8.33	3.60	6.20	
	3	0.5065	23.20	34.90	11.70	8.23	3.58	6.17	
D ₂₈ -L ₁₃₈ -T ₂₈ -S _{0.5}	1	0.5036	0.00	10.85	10.85	9.82	4.14	7.14	4.03
	2	0.5011	11.00	21.90	10.90	9.77	4.14	7.14	
	3	0.5063	0.00	11.20	11.20	8.73	3.80	6.55	
D ₂₈ -L ₄₉₇ -T ₂₈ -S _{0.5}	1	0.5044	0.00	11.10	11.10	8.83	3.85	6.65	3.83
	2	0.5013	11.10	22.30	11.20	8.73	3.83	6.61	
	3	0.5006	22.20	33.50	11.30	8.63	3.80	6.54	
D ₂₈ -L ₁₅ -T ₂₈ -S ₁₅	1	0.5076	0.50	12.10	11.60	9.07	3.79	6.54	3.82
	2	0.5025	12.55	24.30	11.75	8.92	3.77	6.50	
	3	0.5065	24.30	35.70	11.40	9.27	3.89	6.70	

ตารางที่ ง-15 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 28 (ต่อ)

		น้ำหนักดิน	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาณ FAS ที่ใช้	ปริมาณ FAS-แบคที	% OC	%OM	เฉลี่ย
		(กรัม)							
D ₂₈ -L ₁₃₈ -T ₂₈ -S ₁₅	1	0.5074	0.00	14.90	14.90	13.08	4.04	6.97	3.98
	2	0.5055	15.00	30.30	15.30	12.68	3.93	6.78	
	3	0.5041	30.30	45.55	15.25	12.73	3.96	6.83	
D ₂₈ -L ₄₉₇ -T ₂₈ -S ₁₅	1	0.5063	0.00	11.10	11.10	9.57	4.01	6.92	3.95
	2	0.5063	11.10	22.40	11.30	9.37	3.93	6.78	
	3	0.5037	22.60	34.00	11.40	9.27	3.91	6.74	
D ₂₈ -L ₁₅ -T ₂₈ -S ₃₄	1	0.5011	0.00	11.50	11.50	8.43	3.70	6.39	3.71
	2	0.5049	11.50	23.00	11.50	8.43	3.68	6.34	
	3	0.502	23.00	34.40	11.40	8.53	3.74	6.45	
D ₂₈ -L ₁₃₈ -T ₂₈ -S ₃₄	1	0.5012	0.10	11.70	11.60	9.07	3.84	6.63	3.87
	2	0.5056	0.00	11.40	11.40	9.27	3.89	6.71	
	3	0.5088	11.40	22.80	11.40	9.27	3.87	6.67	
D ₂₈ -L ₄₉₇ -T ₂₈ -S ₃₄	1	0.5106	11.70	22.90	11.20	8.73	3.76	6.49	3.76
	2	0.5092	23.00	34.20	11.20	8.73	3.78	6.51	
	3	0.5094	34.20	45.45	11.25	8.68	3.75	6.47	

ตารางที่ ง-15 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 28 (ต่อ)

	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาณ FAS ที่ใช้	ปริมาณ FAS-แบบตั้งค์	% OC	%OM	เฉลี่ย	
D ₂₈ -L ₁₅ -T ₃₅ -S _{0.5}	1	0.5009	0.00	11.40	11.40	9.27	3.93	6.78	3.92
	2	0.5043	11.40	22.80	11.40	9.27	3.90	6.73	
	3	0.5024	22.80	34.20	11.40	9.27	3.92	6.76	
D ₂₈ -L ₁₃₈ -T ₃₅ -S _{0.5}	1	0.5006	0.00	11.40	11.40	8.53	3.75	6.47	3.77
	2	0.5029	11.40	22.60	11.20	8.73	3.82	6.59	
	3	0.5020	22.60	34.00	11.40	8.53	3.74	6.45	
D ₂₈ -L ₄₉₇ -T ₃₅ -S _{0.5}	1	0.5030	16.10	31.50	15.40	12.58	3.92	6.76	
	2	0.5040	31.40	46.70	15.30	12.68	3.95	6.80	3.93
	3	0.5018	1.00	16.40	15.40	12.58	3.93	6.78	
D ₂₈ -L ₁₅ -T ₃₅ -S ₁₅	1	0.5076	34.40	45.60	11.20	8.73	3.79	6.53	
	2	0.5036	0.10	11.40	11.30	8.63	3.77	6.51	3.77
	3	0.5078	11.40	22.70	11.30	8.63	3.74	6.45	
D ₂₈ -L ₁₃₈ -T ₃₅ -S ₁₅	1	0.5023	30.20	46.60	16.40	11.58	3.62	6.23	
	2	0.5056	0.00	16.70	16.70	11.28	3.50	6.03	3.58
	3	0.5017	16.70	33.10	16.40	11.58	3.62	6.24	

ตารางที่ ง-15 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 28 (ต่อ)

		น้ำหนักดิน	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาณ FAS ที่ใช้	ปริมาณ FAS-แบลด์จ์	% OC	%OM	เฉลี่ย
		(กรัม)							
D ₂₈ -L ₄₉₇ -T ₃₅ -S ₁₅	1	0.5005	0.00	15.45	15.45	12.53	3.93	6.77	
	2	0.5056	15.45	30.85	15.40	12.58	3.90	6.73	3.92
	3	0.5004	30.85	46.32	15.47	12.51	3.92	6.76	
D ₂₈ -L ₁₅ -T ₃₅ -S ₃₄	1	0.5047	22.70	34.20	11.50	8.43	3.68	6.34	
	2	0.5008	34.20	46.00	11.80	8.13	3.57	6.16	3.65
	3	0.5007	0.20	11.70	11.50	8.43	3.71	6.39	
D ₂₈ -L ₁₃₈ -T ₃₅ -S ₃₄	1	0.5041	0.00	15.10	15.10	12.88	4.01	6.91	
	2	0.5058	15.10	30.10	15.00	12.98	4.03	6.94	3.99
	3	0.5009	30.10	45.50	15.40	12.58	3.94	6.79	
D ₂₈ -L ₄₉₇ -T ₃₅ -S ₃₄	1	0.5024	11.20	23.00	11.80	8.13	3.56	6.14	
	2	0.5056	13.05	24.35	11.30	9.37	3.94	6.79	3.97
	3	0.5005	24.35	35.60	11.25	9.42	4.00	6.89	

ตาราง ง-16 ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} สำหรับการคำนวณปริมาณอินทรีย์คาร์บอนวันที่ 45

ข้อ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบบสังค์				
1	0.00	21.00	21.00	20.17
2	21.00	40.40	19.40	
3	1.00	21.10	21.10	
$N_f = \frac{10N_c}{T_1}$ $= \frac{10 \times 0.5}{21.10}$				
ข้อ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบบสังค์				
1	0.00	20.10	20.10	20.10
2	21.10	40.30	20.20	
3	0.00	20.00	20.00	
$N_f = \frac{10N_c}{T_1}$ $= \frac{10 \times 0.5}{20.10}$				

ตารางที่ ง-17 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 45

น้ำหนักดิน	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาณ FAS ที่ใช้	ปริมาณ FAS-แบล็ก	% OC	%OM	เฉลี่ย		
(กรัม)									
D ₄₅ -L ₁₅ -T ₂₀ -S _{0.5}	1	0.5019	11.40	23.25	11.85	8.32	3.61	6.22	3.62
	2	0.5045	23.25	34.95	11.70	8.47	3.65	6.30	
	3	0.5017	34.95	46.80	11.85	8.32	3.61	6.22	
D ₄₅ -L ₁₃₈ -T ₂₀ -S _{0.5}	1	0.5056	0.00	11.60	11.60	8.57	3.69	6.36	3.68
	2	0.5054	11.60	23.30	11.70	8.47	3.65	6.29	
	3	0.5016	23.40	35.00	11.60	8.57	3.72	6.41	

ตารางที่ ง-17 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 45 (ต่อ)

	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาณ FAS ที่ใช้	ปริมาณ FAS-แบคที	% OC	%OM	เฉลี่ย	
D ₄₅ -L ₄₉₇ -T ₂₀ -S _{0.5}	1	0.5091	35.00	46.70	11.70	8.47	3.62	6.24	3.74
	2	0.5048	0.10	11.50	11.40	8.77	3.78	6.52	
	3	0.5019	11.50	22.90	11.40	8.77	3.80	6.56	
D ₄₅ -L ₁₅ -T ₂₀ -S ₁₅	1	0.5035	0.00	12.00	12.00	8.17	3.53	6.09	3.50
	2	0.5024	12.00	24.15	12.15	8.02	3.47	5.99	
	3	0.5070	24.20	36.20	12.00	8.17	3.51	6.05	
D ₄₅ -L ₁₃₈ -T ₂₀ -S ₁₅	1	0.5090	0.00	11.40	11.40	8.77	3.75	6.46	3.71
	2	0.5017	11.40	23.10	11.70	8.47	3.67	6.33	
	3	0.5047	23.10	34.70	11.60	8.57	3.70	6.37	
D ₄₅ -L ₄₉₇ -T ₂₀ -S ₁₅	1	0.5020	0.00	11.55	11.55	8.62	3.74	6.44	3.96
	2	0.5062	11.60	22.30	10.70	9.47	4.07	7.02	
	3	0.5015	22.30	33.10	10.80	9.37	4.07	7.01	
D ₄₅ -L ₁₅ -T ₂₀ -S ₃₄	1	0.5068	5.00	16.40	11.40	8.77	3.77	6.49	3.76
	2	0.5020	16.40	27.80	11.40	8.77	3.80	6.56	
	3	0.5019	27.80	39.40	11.60	8.57	3.72	6.41	

ตารางที่ ง-17 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 45 (ต่อ)

	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	ปริมาตร FAS-แปลงค์	% OC	%OM	เฉลี่ย	
D ₄₅ -L ₁₃₈ -T ₂₀ -S ₃₄	1	0.5014	23.85	34.00	10.15	10.02	4.35	7.50	4.05
	2	0.5073	34.00	45.10	11.10	9.07	3.89	6.71	
	3	0.5010	1.00	12.20	11.20	8.97	3.90	6.72	
D ₄₅ -L ₁₃₈ -T ₂₀ -S ₃₄	1	0.5014	23.85	34.00	10.15	10.02	4.35	7.50	4.05
	2	0.5073	34.00	45.10	11.10	9.07	3.89	6.71	
	3	0.5010	1.00	12.20	11.20	8.97	3.90	6.72	
D ₄₅ -L ₄₉₇ -T ₂₀ -S ₃₄	1	0.5070	0.00	11.00	11.00	9.17	3.94	6.79	3.90
	2	0.5046	11.00	22.00	11.00	9.17	3.96	6.82	
	3	0.5012	22.00	33.40	11.40	8.77	3.81	6.57	
D ₄₅ -L ₁₅ -T ₂₈ -S _{0.5}	1	0.5023	0.10	11.10	11.00	9.10	3.90	6.73	3.94
	2	0.5033	11.10	22.10	11.00	9.10	3.96	6.82	
	3	0.5023	22.10	33.10	11.00	9.10	3.96	6.83	
D ₄₅ -L ₁₃₈ -T ₂₈ -S _{0.5}	1	0.5092	0.00	11.30	11.30	8.80	3.83	6.60	3.81
	2	0.5024	22.60	33.90	11.30	8.80	3.78	6.52	
	3	0.5018	11.30	22.60	11.30	8.80	3.83	6.60	

ตารางที่ ง-17 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 45 (ต่อ)

		น้ำหนักดิน (กรัม)		ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	ปริมาตร FAS-แบล็ก	% OC	%OM	เฉลี่ย
D ₄₅ -L ₄₉₇ -T ₂₈ -S _{0.5}	1	0.5016	21.10	32.20	11.10	9.00	3.91	6.75	3.91	
	2	0.5083	32.20	43.40	11.20	8.90	3.86	6.66		
	3	0.5018	0.00	11.00	11.00	9.10	3.95	6.81		
D ₄₅ -L ₄₉₇ -T ₂₈ -S ₁₅	1	0.5079	0.00	12.10	12.10	8.00	3.48	6.00	3.43	
	2	0.5035	12.10	24.40	12.30	7.80	3.35	5.78		
	3	0.5024	24.40	36.50	12.10	8.00	3.45	5.95		
D ₄₅ -L ₁₅ -T ₂₈ -S ₃₄	1	0.5017	0.00	11.00	11.00	9.10	3.96	6.82	3.96	
	2	0.5079	11.00	21.90	10.90	9.20	3.97	6.85		
	3	0.5064	22.00	33.00	11.00	9.10	3.95	6.81		
D ₄₅ -L ₁₃₈ -T ₂₈ -S ₃₄	1	0.5021	10.90	22.05	11.15	8.95	3.86	6.65	3.82	
	2	0.5056	22.05	33.30	11.25	8.85	3.83	6.60		
	3	0.5027	0.00	11.40	11.40	8.70	3.77	6.49		
D ₄₅ -L ₄₉₇ -T ₂₈ -S ₃₄	1	0.5063	0.00	10.90	10.90	9.20	3.99	6.88	4.05	
	2	0.5046	10.90	21.60	10.70	9.40	4.07	7.01		
	3	0.5043	21.60	32.25	10.65	9.45	4.09	7.04		

ตารางที่ ง-17 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 45 (ต่อ)

		น้ำหนักดิน (กรัม)		ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	ปริมาตร FAS-แปลงค์	% OC	%OM	เฉลี่ย
D ₄₅ -L ₁₅ -T ₃₅ -S _{0.5}	1	0.5014	11.00	22.40	11.40	8.77	3.80	6.55	3.84	
	2	0.5013	22.40	33.70	11.30	8.87	3.81	6.58		
	3	0.5014	33.70	44.90	11.20	8.97	3.90	6.72		
D ₄₅ -L ₁₃₈ -T ₃₅ -S _{0.5}	1	0.5025	0.00	11.40	11.40	8.77	3.81	6.56	3.83	
	2	0.5061	11.40	22.60	11.20	8.97	3.89	6.70		
	3	0.5012	22.60	34.00	11.40	8.77	3.81	6.57		
D ₄₅ -L ₄₉₇ -T ₃₅ -S _{0.5}	1	0.5016	22.90	34.00	11.10	9.07	3.94	6.79	4.07	
	2	0.5021	34.00	44.70	10.70	9.47	4.08	7.04		
	3	0.5011	0.00	10.70	10.70	9.47	4.07	7.01		
D ₄₅ -L ₁₅ -T ₃₅ -S ₁₅	1	0.5009	10.70	22.10	11.40	8.77	3.79	6.54	3.77	
	2	0.5050	22.10	33.60	11.50	8.67	3.76	6.48		
	3	0.5070	33.70	45.10	11.40	8.77	3.78	6.51		
D ₄₅ -L ₁₃₈ -T ₃₅ -S ₁₅	1	0.5033	0.00	11.40	11.40	8.77	3.78	6.51	3.83	
	2	0.5023	11.40	22.70	11.30	8.87	3.85	6.64		
	3	0.5056	22.70	34.00	11.30	8.87	3.86	6.65		

ตารางที่ ง-17 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 45 (ต่อ)

	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาณ FAS ที่ใช้	ปริมาณ FAS-แบคทีเรีย	% OC	% OM	เฉลี่ย
D ₄₅ -L ₄₉₇ -T ₃₅ -S ₁₅	1	0.5055	34.00	44.50	10.50	9.67	4.18	7.20
	2	0.5012	0.00	10.55	10.55	9.62	4.18	7.20
	3	0.5003	10.55	21.10	10.55	9.62	4.16	7.17
D ₄₅ -L ₁₅ -T ₃₅ -S ₃₄	1	0.5038	21.20	32.60	11.40	8.77	3.79	6.54
	2	0.5010	32.60	44.00	11.40	8.77	3.81	6.57
	3	0.5037	0.00	11.30	11.30	8.87	3.84	6.62
D ₄₅ -L ₁₃₈ -T ₃₅ -S ₃₄	1	0.5033	11.30	22.30	11.00	9.17	3.94	6.80
	2	0.5005	22.30	33.30	11.00	9.17	3.99	6.88
	3	0.5029	33.30	44.30	11.00	9.17	3.98	6.87
D ₄₅ -L ₄₉₇ -T ₃₅ -S ₃₄	1	0.5065	0.00	10.90	10.90	9.27	3.94	6.79
	2	0.5025	10.90	21.85	10.95	9.22	3.95	6.81
	3	0.503	21.85	33.00	11.15	9.02	3.86	6.65

ตาราง ง-18 ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{2+} สำหรับการคำนวณปริมาณอินทรีย์คาร์บอนวันที่ 105

ลำดับ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบบลั้งค์				
1	0.00	20.40	20.40	20.40
2	20.40	40.80	20.40	
3	0.00	20.40	20.40	
		N_f	$= 10N_c / T_1$	
			$= 0.5$	
ค่าเริ่มต้น			ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
แบบลั้งค์				
1	0.00	20.60	20.60	20.60
2	0.10	20.70	20.60	
3	0.00	20.60	20.60	
		N_f	$= 10N_c / T_1$	
			$= 0.49$	

ตารางที่ ง-19 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 105

		น้ำหนักดิน (กรัม)		ค่าเริ่มต้น		ค่าสิ้นสุด		ปริมาณ FAS ที่ใช้		ปริมาณ FAS-แปลงค่า		% OC		% OM		เฉลี่ย	
D ₁₀₅ -L ₁₅ -T ₂₀ -S _{0.5}	1	0.5037	0.00	11.00	11.00	11.00	11.00	9.17	9.17	3.92	6.75	3.94	6.75	3.94	6.75	3.94	6.75
	2	0.5064	11.00	22.00	11.00	11.00	11.00	9.17	9.17	3.90	6.72	3.90	6.72	3.90	6.72	3.90	6.72
	3	0.5034	22.00	32.80	10.80	10.80	10.80	9.37	9.37	4.00	6.90	4.00	6.90	4.00	6.90	4.00	6.90
D ₁₀₅ -L ₁₃₈ -T ₂₀ -S _{0.5}	1	0.5053	20.40	31.60	11.20	11.20	11.20	8.97	8.97	3.82	6.58	3.84	6.58	3.84	6.58	3.84	6.58
	2	0.5027	31.60	42.70	11.10	11.10	11.10	9.07	9.07	3.88	6.69	3.88	6.69	3.88	6.69	3.88	6.69
	3	0.5035	0.00	11.20	11.20	11.20	11.20	8.97	8.97	3.83	6.61	3.83	6.61	3.83	6.61	3.83	6.61

ตารางที่ ง-19 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 105 (ต่อ)

		น้ำหนักดิน (กรัม)		ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	ปริมาตร FAS-เบสลับ	% OC	% OM	เฉลี่ย
D ₁₀₅ -L ₄₉₇ -T ₂₀ -S _{0.5}	1	0.5025	1.60	12.00	10.40	9.77	4.18	7.21	4.14	
	2	0.5080	12.00	22.30	10.30	9.87	4.18	7.21		
	3	0.5269	22.30	32.50	10.20	9.97	4.07	7.02		
D ₁₀₅ -L ₁₅ -T ₂₀ -S ₁₅	1	0.5084	0.00	10.55	10.55	9.62	4.07	7.02	4.10	
	2	0.5040	10.60	21.10	10.50	9.67	4.13	7.12		
	3	0.5061	21.60	32.10	10.50	9.67	4.11	7.09		
D ₁₀₅ -L ₁₃₈ -T ₂₀ -S ₁₅	1	0.5035	0.00	10.40	10.40	9.77	4.17	7.20	4.17	
	2	0.5038	10.40	20.80	10.40	9.77	4.17	7.19		
	3	0.5065	20.80	31.20	10.40	9.77	4.15	7.15		
D ₁₀₅ -L ₄₉₇ -T ₂₀ -S ₁₅	1	0.5018	0.00	10.70	10.70	9.47	4.02	6.93	4.05	
	2	0.5012	10.70	21.40	10.70	9.47	4.03	6.94		
	3	0.5015	21.40	31.90	10.50	9.67	4.11	7.08		
D ₁₀₅ -L ₁₅ -T ₂₀ -S ₃₄	1	0.5053	0.00	10.50	10.50	9.67	4.12	7.10	4.06	
	2	0.5023	10.50	21.10	10.60	9.57	4.10	7.07		
	3	0.5046	21.10	32.00	10.90	9.27	3.95	6.81		

ตารางที่ ง-19 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 105 (ต่อ)

		น้ำหนักดิน (กรัม)		ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	ปริมาตร FAS-แบล็ก	% OC	% OM	เฉลี่ย
D ₁₀₅ -L ₁₃₈ -T ₂₀ -S ₃₄	1	0.5075	0.10	10.50	10.40	9.77	4.14	7.14	4.16	
	2	0.5045	10.50	20.80	10.30	9.87	4.21	7.26		
	3	0.5074	20.80	31.20	10.40	9.77	4.14	7.14		
D ₁₀₅ -L ₄₉₇ -T ₂₀ -S ₃₄	1	0.5030	0.00	10.50	10.50	9.67	4.10	7.06	4.09	
	2	0.5014	10.50	21.10	10.60	9.57	4.07	7.01		
	3	0.5032	21.10	31.60	10.50	9.67	4.09	7.06		
D ₁₀₅ -L ₁₅ -T ₂₈ -S _{0.5}	1	0.5069	23.10	34.00	10.90	9.20	3.87	6.67	3.88	
	2	0.5036	34.00	44.90	10.90	9.20	3.89	6.71		
	3	0.5048	0.10	11.00	10.90	9.20	3.88	6.69		
D ₁₀₅ -L ₁₃₈ -T ₂₈ -S _{0.5}	1	0.5176	11.20	22.00	10.80	9.30	3.87	6.66	3.89	
	2	0.5037	22.00	32.90	10.90	9.20	3.93	6.77		
	3	0.5101	32.90	43.80	10.90	9.20	3.88	6.69		
D ₁₀₅ -L ₄₉₇ -T ₂₈ -S _{0.5}	1	0.5129	21.40	31.60	10.20	9.90	4.15	7.16	4.17	
	2	0.5032	31.60	41.90	10.30	9.80	4.19	7.22		
	3	0.5155	0.10	10.20	10.10	10.00	4.17	7.20		

ตารางที่ ง-19 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 105 (ต่อ)

		น้ำหนักดิน (กรัม)		ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	ปริมาตร FAS-แบล็ก	% OC	%OM	เฉลี่ย
D ₁₀₅ -L ₁₅ -T ₂₈ -S ₁₅	1	0.5144	32.10	42.70	10.60	10.60	9.50	3.97	6.85	3.97
	2	0.5141	0.10	10.70	10.60	10.60	9.50	3.98	6.85	
	3	0.5147	10.75	21.40	10.65	10.65	9.45	3.95	6.81	
D ₁₀₅ -L ₁₃₈ -T ₂₈ -S ₁₅	1	0.5092	0.00	10.70	10.70	10.70	9.40	3.97	6.85	3.98
	2	0.5065	10.70	21.40	10.70	10.70	9.40	3.99	6.88	
	3	0.5032	21.40	32.20	10.80	10.80	9.30	3.98	6.86	
D ₁₀₅ -L ₄₉₇ -T ₂₈ -S ₁₅	1	0.504	30.90	41.50	10.60	10.60	9.50	4.06	6.99	4.14
	2	0.5092	0.00	10.20	10.20	10.20	9.90	4.18	7.21	
	3	0.5093	10.20	20.40	10.20	10.20	9.90	4.18	7.21	
D ₁₀₅ -L ₁₅ -T ₂₈ -S ₃₄	1	0.5049	0.00	10.80	10.80	10.80	9.30	3.96	6.83	3.98
	2	0.5056	10.80	21.50	10.70	10.70	9.40	4.00	6.90	
	3	0.5074	21.50	32.20	10.70	10.70	9.40	3.99	6.87	
D ₁₀₅ -L ₁₃₈ -T ₂₈ -S ₃₄	1	0.5037	0.00	10.60	10.60	10.60	9.50	4.02	6.93	3.95
	2	0.5036	10.60	21.50	10.90	10.90	9.20	3.89	6.71	
	3	0.5065	21.50	32.20	10.70	10.70	9.40	3.95	6.82	

ตารางที่ ง-19 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 105 (ต่อ)

		น้ำหนักดิน (กรัม)		ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	ปริมาตร FAS-แบบตั้ง	% OC	%OM	เฉลี่ย
D ₁₀₅ -L ₄₉₇ -T ₂₈ -S ₃₄	1	0.5036	0.00	10.70	10.70	9.40	9.40	3.98	6.86	3.99
	2	0.5010	10.70	21.50	10.80	9.30	9.30	3.95	6.82	
	3	0.5027	21.50	32.10	10.60	9.50	9.50	4.03	6.94	
D ₁₀₅ -L ₁₅ -T ₃₅ -S _{0.5}	1	0.5082	21.70	32.65	10.95	9.22	9.22	3.90	6.73	3.91
	2	0.5040	32.65	43.70	11.05	9.12	9.12	3.89	6.71	
	3	0.5061	0.10	11.00	10.90	9.27	9.27	3.94	6.79	
D ₁₀₅ -L ₁₃₈ -T ₃₅ -S _{0.5}	1	0.5018	0.00	10.70	10.70	9.47	9.47	4.06	7.00	4.08
	2	0.5018	10.70	21.30	10.60	9.57	9.57	4.10	7.07	
	3	0.5059	21.30	31.90	10.60	9.57	9.57	4.07	7.02	
D ₁₀₅ -L ₄₉₇ -T ₃₅ -S _{0.5}	1	0.5071	11.00	21.10	10.10	10.07	10.07	4.27	7.37	4.21
	2	0.5100	21.10	31.20	10.10	10.07	10.07	4.25	7.32	
	3	0.5082	31.20	41.50	10.30	9.87	9.87	4.18	7.20	
D ₁₀₅ -L ₁₅ -T ₃₅ -S _{1.5}	1	0.5048	20.40	31.50	11.10	9.07	9.07	3.87	6.66	3.90
	2	0.5100	31.50	42.40	10.90	9.27	9.27	3.91	6.74	
	3	0.5043	0.00	10.95	10.95	9.22	9.22	3.93	6.78	

ตารางที่ ง-19 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ณ วันที่ 105 (ต่อ)

	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	ปริมาตร FAS-เบดลิ่ง	% OC	%OM	เฉลี่ย	
D ₁₀₅ -L ₁₃₈ -T ₃₅ -S ₁₅	1	0.5179	31.90	42.75	10.85	9.32	3.87	6.68	3.93
	2	0.5084	0.00	10.75	10.75	9.42	3.99	6.87	
	3	0.5042	10.75	21.70	10.95	9.22	3.93	6.78	
D ₁₀₅ -L ₄₉₇ -T ₃₅ -S ₁₅	1	0.5198	0.00	10.30	10.30	9.87	4.09	7.04	3.97
	2	0.5569	10.30	20.90	10.60	9.57	3.70	6.37	
	3	0.5077	20.90	31.30	10.40	9.77	4.14	7.14	
D ₁₀₅ -L ₁₅ -T ₃₅ -S ₃₄	1	0.5058	0.00	10.90	10.90	9.27	3.94	6.80	3.97
	2	0.5079	10.90	21.70	10.80	9.37	3.97	6.84	
	3	0.5043	21.70	32.50	10.80	9.37	4.00	6.89	
D ₁₀₅ -L ₁₃₈ -T ₃₅ -S ₃₄	1	0.5011	10.20	21.10	10.90	9.27	3.98	6.86	4.00
	2	0.5046	21.10	31.90	10.80	9.37	4.00	6.89	
	3	0.5059	31.90	42.60	10.70	9.47	4.03	6.94	
D ₁₀₅ -L ₄₉₇ -T ₃₅ -S ₃₄	1	0.5035	0.40	10.60	10.20	9.97	4.26	7.34	4.20
	2	0.5110	10.60	20.90	10.30	9.87	4.16	7.16	
	3	0.5232	20.90	30.90	10.00	10.17	4.18	7.21	

2.2) ไนโตรเจน

ผลการวิเคราะห์แบบลิ่งค์ สำหรับการวิเคราะห์ไนโตรเจน ณ วันที่ 28 ดังตาราง ง-20 และผลการวิเคราะห์ไนโตรเจน ณ วันที่ 28 ดังตาราง ง-21

ผลการวิเคราะห์แบบลิ่งค์ สำหรับการวิเคราะห์ไนโตรเจน ณ วันที่ 28 ดังตาราง ง-22 และผลการวิเคราะห์ไนโตรเจน ณ วันที่ 28 ดังตาราง ง-23

ผลการวิเคราะห์แบบลิ่งค์ สำหรับการวิเคราะห์ไนโตรเจน ณ วันที่ 28 ดังตาราง ง-24 และผลการวิเคราะห์ไนโตรเจน ณ วันที่ 28 ดังตาราง ง-25

ตารางที่ ง-20 ค่าแบบลิ่งค์ สำหรับการวิเคราะห์ไนโตรเจน ณ วันที่ 28

ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	เฉลี่ย
1	0.00	0.10	0.10	
2	0.00	0.10	0.10	0.10
3	0.00	0.10	0.10	

ตาราง ง-21 ไนโตรเจน ณ วันที่ 28

ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	ตัวอย่าง-แบบลิ่งค์	%N	เฉลี่ย
D ₂₈ -L ₁₅ -T ₂₀ -S _{0.5}	1	1.0017	20.50	10.35	10.35	0.33	0.32
	2	1.0090	30.85	41.20	10.35	10.35	0.32
D ₂₈ -L ₁₃₈ -T ₂₀ -S _{0.5}	1	1.0037	21.10	31.70	10.60	10.60	0.33
	2	1.0019	31.70	42.20	10.50	10.50	0.33
D ₂₈ -L ₄₉₇ -T ₂₀ -S _{0.5}	1	1.0075	0.00	10.60	10.60	10.60	0.33
	2	1.0072	10.60	21.10	10.50	10.50	0.33

ตาราง ง-21 โนโตรเจน ณ วันที่ 28 (ต่อ)

ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	ตัวอย่าง-แปลงค์	%N	เฉลี่ย
D ₂₈ -L ₁₅ -T ₂₀ -S ₁₅	1	1.0017	0.00	9.90	9.90	0.31	0.31
	2	1.0013	9.90	9.85	9.85	0.31	0.31
D ₂₈ -L ₁₃₈ -T ₂₀ -S ₁₅	1	1.0023	19.75	29.75	10.00	0.31	0.31
	2	1.0036	29.75	39.80	10.05	0.32	0.32
D ₂₈ -L ₄₉₇ -T ₂₀ -S ₁₅	1	1.0035	10.10	20.60	10.50	0.33	0.33
	2	1.0066	20.60	31.10	10.50	0.33	0.33
D ₂₈ -L ₁₅ -T ₂₀ -S ₃₄	1	1.0072	0.00	10.10	10.10	0.32	0.32
	2	1.0048	10.10	20.30	10.20	0.32	0.32
D ₂₈ -L ₁₃₈ -T ₂₀ -S ₃₄	1	1.0006	4.90	14.70	9.80	0.31	0.31
	2	1.0020	14.70	24.55	9.85	0.31	0.31
D ₂₈ -L ₄₉₇ -T ₂₀ -S ₃₄	1	1.0015	24.55	34.30	9.75	0.30	0.31
	2	1.0029	34.30	44.40	10.10	0.31	0.31
D ₂₈ -L ₁₅ -T ₂₈ -S _{0.5}	1	1.0080	0.00	10.00	10.00	0.31	0.31
	2	1.0052	31.10	41.10	10.00	0.31	0.31
D ₂₈ -L ₁₃₈ -T ₂₈ -S _{0.5}	1	1.0019	0.00	10.70	10.70	0.34	0.34
	2	1.0010	10.70	21.30	10.60	0.33	0.33

ตาราง ง-21 โนโตรเจน ณ วันที่ 28 (ต่อ)

ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	ตัวอย่าง-แปลงค์	%N	เฉลี่ย
D ₂₈ -L ₄₉₇ -T ₂₈ -S _{0.5}	1	1.0038	19.00	28.10	9.10	9.10	0.29
	2	1.0026	28.10	37.20	9.10	9.10	0.29
D ₂₈ -L ₁₅ -T ₂₈ -S ₁₅	1	1.0054	0.30	10.20	9.90	9.90	0.31
	2	1.0093	10.20	20.00	9.80	9.80	0.31
D ₂₈ -L ₁₃₈ -T ₂₈ -S ₁₅	1	1.0091	0.00	10.40	10.40	10.40	0.32
	2	1.0058	10.40	20.90	10.50	10.50	0.33
D ₂₈ -L ₄₉₇ -T ₂₈ -S ₁₅	1	1.0019	21.00	31.50	10.50	10.50	0.33
	2	1.0008	31.50	42.10	10.60	10.60	0.33
D ₂₈ -L ₁₅ -T ₂₈ -S ₃₄	1	1.0071	0.00	9.70	9.70	9.70	0.30
	2	1.0054	9.70	19.40	9.70	9.70	0.30
D ₂₈ -L ₁₃₈ -T ₂₈ -S ₃₄	1	1.0039	0.00	9.50	9.50	9.50	0.30
	2	1.0030	9.50	19.00	9.50	9.50	0.30
D ₂₈ -L ₄₉₇ -T ₂₈ -S ₃₄	1	1.0012	19.40	29.00	9.60	9.60	0.30
	2	1.0028	18.70	28.00	9.30	9.30	0.29
D ₂₈ -L ₁₅ -T ₃₅ -S _{0.5}	1	1.0073	0.10	9.50	9.40	9.40	0.30
	2	1.0033	9.50	18.95	9.45	9.45	0.30

ตาราง ง-21 โนโตรเจน ณ วันที่ 28 (ต่อ)

ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	ตัวอย่าง-แบล็ค	%N	เฉลี่ย
D ₂₈ -L ₁₃₈ -T ₃₅ -S _{0.5}	1	1.0016	28.50	38.00	9.50	9.50	0.30
	2	1.0023	18.95	28.50	9.55	9.55	0.30
D ₂₈ -L ₄₉₇ -T ₃₅ -S _{0.5}	1	1.0028	0.10	10.00	9.90	9.90	0.31
	2	1.0044	10.00	19.80	9.80	9.80	0.31
D ₂₈ -L ₁₅ -T ₃₅ -S ₁₅	1	1.0032	0.00	9.30	9.30	9.30	0.29
	2	1.0030	9.30	18.70	9.40	9.40	0.30
D ₂₈ -L ₁₃₈ -T ₃₅ -S ₁₅	1	1.0007	21.30	31.70	10.40	10.40	0.33
	2	1.0032	31.70	42.20	10.50	10.50	0.33
D ₂₈ -L ₄₉₇ -T ₃₅ -S ₁₅	1	1.0039	9.00	19.00	10.00	9.90	0.31
	2	1.0033	19.00	29.00	10.00	9.90	0.31
D ₂₈ -L ₁₅ -T ₃₅ -S ₃₄	1	1.0050	0.00	9.75	9.75	9.75	0.31
	2	1.0011	9.75	19.45	9.70	9.70	0.31
D ₂₈ -L ₁₃₈ -T ₃₅ -S ₃₄	1	1.0038	19.45	29.30	9.85	9.85	0.31
	2	1.0078	29.30	39.15	9.85	9.85	0.31
D ₂₈ -L ₄₉₇ -T ₃₅ -S ₃₄	1	1.0047	0.00	9.75	9.75	9.75	0.31
	2	1.0065	9.75	19.60	9.85	9.85	0.31

หมายเหตุ ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก (นอร์มัล) = 0.0200

ตารางที่ ง-22 ค่าแปลงค์ สำหรับการวิเคราะห์ไนโตรเจน ณ วันที่ 45

ซ้ำ		ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาณ FAS ที่ใช้		เฉลี่ย	
แปลงค์							
1		0.00	0.05		0.05		
2		0.10	0.15		0.05	0.05	
3		1.00	1.05		0.05		
ตาราง ง-23 ไนโตรเจน ณ วันที่ 45							
ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาณ FAS ที่ใช้	ตัวอย่าง-แปลงค์	%N	เฉลี่ย
D₄₅-L₁₅-T₂₀-S_{0.5}							
1	1.0071	1.00	14.60	13.60	13.55	0.46	0.44
2	1.0015	14.70	27.10	12.40	12.35	0.42	
D₄₅-L₁₃₈-T₂₀-S_{0.5}							
1	1.0052	27.10	39.20	12.10	12.05	0.41	0.38
2	1.0046	0.00	10.30	10.30	10.25	0.35	
D₄₅-L₄₉₇-T₂₀-S_{0.5}							
1	1.0033	10.30	24.20	13.90	13.85	0.47	0.44
2	1.0068	24.20	36.50	12.30	12.25	0.41	
D₄₅-L₁₅-T₂₀-S₁₅							
1	1.0068	0.00	13.40	13.40	13.35	0.45	0.45
2	1.0059	13.40	26.85	13.45	13.40	0.45	
D₄₅-L₁₃₈-T₂₀-S₁₅							
1	1.0026	0.00	11.25	11.25	11.20	0.38	0.38
2	1.0017	11.25	22.35	11.10	11.05	0.37	

ตาราง ง-23 โนโตรเจน ณ วันที่ 45 (ต่อ)

ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	ตัวอย่าง-แปลตค์	%N	เฉลี่ย	
D ₄₅ -L ₄₉₇ -T ₂₀ -S ₁₅	1	1.0061	22.35	35.30	12.95	12.90	0.43	0.48
	2	1.0014	35.30	50.60	15.30	15.25	0.52	
D ₄₅ -L ₁₅ -T ₂₀ -S ₃₄	1	1.0063	0.00	9.85	9.85	9.80	0.33	0.33
	2	1.0036	9.85	19.70	9.85	9.80	0.33	
D ₄₅ -L ₁₃₈ -T ₂₀ -S ₃₄	1	1.0057	19.70	30.00	10.30	10.25	0.35	0.34
	2	1.0072	29.90	40.20	10.30	10.25	0.34	
D ₄₅ -L ₄₉₇ -T ₂₀ -S ₃₄	1	1.0020	0.00	9.90	9.90	9.85	0.33	0.33
	2	1.0070	9.90	19.80	9.90	9.85	0.33	
D ₄₅ -L ₁₅ -T ₂₈ -S _{0.5}	1	1.0047	0.00	10.10	10.10	10.05	0.34	0.34
	2	1.0032	10.10	20.15	10.05	10.00	0.34	
D ₄₅ -L ₁₃₈ -T ₂₈ -S _{0.5}	1	1.0042	19.80	29.70	9.90	9.85	0.33	0.33
	2	1.0026	29.80	39.70	9.90	9.85	0.33	
D ₄₅ -L ₄₉₇ -T ₂₈ -S _{0.5}	1	1.0025	20.15	29.80	9.65	9.60	0.32	0.33
	2	1.0023	29.80	39.50	9.70	9.65	0.33	
D ₄₅ -L ₁₅ -T ₂₈ -S ₁₅	1	1.0039	11.60	21.10	9.50	9.45	0.32	0.32
	2	1.0023	21.10	30.60	9.50	9.45	0.32	

ตาราง ง-23 โนมโตรเจน ณ วันที่ 45 (ต่อ)

ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	ตัวอย่าง-แปลงค์	%N	เฉลี่ย
D ₄₅ -L ₁₃₈ -T ₂₈ -S ₁₅	1	1.0007	0.00	10.20	10.15	0.34	0.34
	2	1.0021	20.30	10.20	10.15	0.34	
D ₄₅ -L ₄₉₇ -T ₂₈ -S ₁₅	1	1.0037	0.00	10.20	10.15	0.34	0.34
	2	1.0029	10.20	10.20	10.15	0.34	
D ₄₅ -L ₁₅ -T ₂₈ -S ₃₄	1	1.0039	0.00	9.90	9.85	0.33	0.33
	2	1.0048	9.90	10.00	9.95	0.34	
D ₄₅ -L ₁₃₈ -T ₂₈ -S ₃₄	1	1.0038	20.00	10.50	10.45	0.35	0.35
	2	1.0062	30.50	10.25	10.20	0.34	
D ₄₅ -L ₄₉₇ -T ₂₈ -S ₃₄	1	1.0021	0.00	10.70	10.65	0.36	0.36
	2	1.0013	10.70	10.60	10.55	0.36	
D ₄₅ -L ₁₅ -T ₃₅ -S _{0.5}	1	1.0039	0.00	10.30	10.25	0.35	0.34
	2	1.006	10.30	10.25	10.20	0.34	
D ₄₅ -L ₁₃₈ -T ₃₅ -S _{0.5}	1	1.0072	21.30	9.90	9.85	0.33	0.33
	2	1.0059	31.30	10.00	9.95	0.34	
D ₄₅ -L ₄₉₇ -T ₃₅ -S _{0.5}	1	1.0061	1.20	10.20	10.15	0.34	0.34
	2	1.0021	11.40	10.10	10.05	0.34	

ตาราง ง-23 ไนโตรเจน ณ วันที่ 45 (ต่อ)

ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	ตัวอย่าง-แปลงค์	%N	เฉลี่ย
D ₄₅ -L ₁₅ -T ₃₅ -S ₁₅	1	1.0001	0.00	9.90	9.85	0.33	0.48
	2	1.0056	10.00	10.00	9.95	0.34	
D ₄₅ -L ₁₃₈ -T ₃₅ -S ₁₅	1	1.0025	20.10	10.00	9.95	0.34	0.33
	2	1.0035	30.50	10.00	9.95	0.34	
D ₄₅ -L ₄₉₇ -T ₃₅ -S ₁₅	1	1.0056	0.00	10.70	10.65	0.36	0.34
	2	1.0009	10.70	10.50	10.45	0.35	
D ₄₅ -L ₁₅ -T ₃₅ -S ₃₄	1	1.0034	21.20	9.80	9.75	0.33	0.33
	2	1.0011	31.00	9.90	9.85	0.33	
D ₄₅ -L ₁₃₈ -T ₃₅ -S ₃₄	1	1.0023	0.10	9.90	9.85	0.33	0.34
	2	1.0041	10.30	10.00	9.95	0.34	
D ₄₅ -L ₄₉₇ -T ₃₅ -S ₃₄	1	1.0038	30.30	10.00	9.95	0.34	0.34
	2	1.0009	20.20	10.10	10.05	0.34	

หมายเหตุ ความเข้มข้นกรดซัลฟูริก (นอร์มัล) = 0.0215

ตารางที่ ง-24 ค่าเฉลี่ยสำหรับภาควิเคราะห์ไนโตรเจน ณ วันที่ 105

ซ้ำ	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาณ FAS ที่ใช้	เฉลี่ย		
แบบลิ่งค์	1	0.00	0.10			
	2	0.00	0.10	0.10		
	3	0.00	0.10			
ตาราง ง-25 ไนโตรเจน ณ วันที่ 105						
ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาณ FAS ที่ใช้	%N	เฉลี่ย
D ₁₀₅ -L ₁₅ -T ₂₀ -S _{0.5}	1	1.0037	0.00	10.70	10.70	0.34
	2	1.0051	10.70	21.40	10.70	0.34
D ₁₀₅ -L ₁₃₈ -T ₂₀ -S _{0.5}	1	1.0066	10.80	21.15	10.35	0.33
	2	1.0058	21.15	31.65	10.50	0.33
D ₁₀₅ -L ₄₉₇ -T ₂₀ -S _{0.5}	1	1.0066	20.20	30.80	10.60	0.33
	2	1.0086	31.65	42.30	10.65	0.33
D ₁₀₅ -L ₁₅ -T ₂₀ -S ₁₅	1	1.0073	0.00	10.70	10.70	0.34
	2	1.0080	10.70	21.20	10.50	0.33

ตาราง ง-25 โนโตรเจน ณ วันที่ 105

ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	ตัวอย่าง-แปดงค์	%N	เฉลี่ย
D ₁₀₅ -L ₁₃₈ -T ₂₀ -S ₁₅	1	1.0080	21.85	32.10	10.25	10.25	0.32
	2	1.0090	32.20	42.30	10.10	10.10	0.32
D ₁₀₅ -L ₄₉₇ -T ₂₀ -S ₁₅	1	1.0045	0.00	10.40	10.40	10.40	0.33
	2	1.0076	10.10	20.50	10.40	10.40	0.33
D ₁₀₅ -L ₁₅ -T ₂₀ -S ₃₄	1	1.0062	1.00	11.55	10.55	10.55	0.33
	2	1.0058	11.55	21.70	10.15	10.15	0.32
D ₁₀₅ -L ₁₃₈ -T ₂₀ -S ₃₄	1	1.0062	22.00	32.40	10.40	10.40	0.33
	2	1.0057	32.40	43.00	10.60	10.60	0.33
D ₁₀₅ -L ₄₉₇ -T ₂₀ -S ₃₄	1	1.0019	0.00	10.60	10.60	10.60	0.34
	2	1.0031	11.00	21.50	10.50	10.50	0.33
D ₁₀₅ -L ₁₅ -T ₂₈ -S _{0.5}	1	1.0016	21.50	31.80	10.30	10.30	0.33
	2	1.0031	31.80	42.10	10.30	10.30	0.33
D ₁₀₅ -L ₁₃₈ -T ₂₈ -S _{0.5}	1	1.0019	21.00	31.50	10.50	10.50	0.33
	2	1.0073	31.50	42.10	10.60	10.60	0.33
D ₁₀₅ -L ₄₉₇ -T ₂₈ -S _{0.5}	1	1.0086	21.65	32.60	10.95	10.95	0.34
	2	1.006	32.60	43.50	10.90	10.90	0.34

ตาราง ง-25 ไนโตรเจน ณ วันที่ 105

ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	ตัวอย่าง-แบดจ์	%N	เฉลี่ย
D ₁₀₅ -L ₁₅ -T ₂₈ -S ₁₅	1	1.004	29.90	40.10	10.20	10.20	0.32
	2	1.0073	10.30	20.50	10.20	10.20	0.32
D ₁₀₅ -L ₁₃₈ -T ₂₈ -S ₁₅	1	1.0074	0.00	10.00	10.00	10.00	0.31
	2	1.0078	10.00	19.90	9.90	9.90	0.31
D ₁₀₅ -L ₄₉₇ -T ₂₈ -S ₁₅	1	1.0004	21.40	31.70	10.30	10.30	0.33
	2	1.0086	0.00	10.50	10.50	10.50	0.33
D ₁₀₅ -L ₁₅ -T ₂₈ -S ₃₄	1	1.0034	20.00	29.80	9.80	9.80	0.31
	2	1.0052	29.80	39.60	9.80	9.80	0.31
D ₁₀₅ -L ₁₃₈ -T ₂₈ -S ₃₄	1	1.0009	0.00	10.30	10.30	10.30	0.33
	2	1.0011	10.30	20.80	10.50	10.50	0.33
D ₁₀₅ -L ₄₉₇ -T ₂₈ -S ₃₄	1	1.0081	0.00	10.40	10.40	10.40	0.33
	2	1.0072	10.40	20.60	10.20	10.20	0.32
D ₁₀₅ -L ₁₅ -T ₃₅ -S _{0.5}	1	1.0015	1.00	10.20	9.20	9.20	0.29
	2	1.0076	10.20	20.20	10.00	10.00	0.31
D ₁₀₅ -L ₁₃₈ -T ₃₅ -S _{0.5}	1	1.0026	0.00	9.00	9.00	9.00	0.28
	2	1.0025	9.00	18.20	9.20	9.20	0.29

ตาราง ง-25 โนโตรเจน ณ วันที่ 105

ซ้ำ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ค่าเริ่มต้น	ค่าสิ้นสุด	ปริมาตร FAS ที่ใช้	ตัวอย่าง-แบริ่งค์	%N	เฉลี่ย
D ₁₀₅ -L ₄₉₇ -T ₃₅ -S _{0.5}	1	1.0024	20.25	30.95	10.70	10.70	0.34
	2	1.0054	30.95	41.60	10.65	10.65	0.34
D ₁₀₅ -L ₁₅ -T ₃₅ -S ₁₅	1	1.0089	0	10.2	10.2	10.20	0.32
	2	1.0155	10.2	20.8	10.6	10.60	0.33
D ₁₀₅ -L ₁₃₈ -T ₃₅ -S ₁₅	1	1.0051	0.00	9.60	9.60	9.60	0.30
	2	1.0052	9.60	19.20	9.60	9.60	0.30
D ₁₀₅ -L ₄₉₇ -T ₃₅ -S ₁₅	1	1.0019	0.00	9.80	9.80	9.80	0.31
	2	1.0044	9.80	19.50	9.70	9.70	0.31
D ₁₀₅ -L ₁₅ -T ₃₅ -S ₃₄	1	1.0034	19.60	29.10	9.50	9.50	0.30
	2	1.0063	29.10	37.20	8.10	8.10	0.25
D ₁₀₅ -L ₁₃₈ -T ₃₅ -S ₃₄	1	1.0021	0.00	9.20	9.20	9.20	0.29
	2	1.0047	9.20	18.70	9.50	9.50	0.30
D ₁₀₅ -L ₄₉₇ -T ₃₅ -S ₃₄	1	1.0057	19.20	28.70	9.50	9.50	0.30
	2	1.0044	28.70	38.20	9.50	9.50	0.30

หมายเหตุ ความเข้มข้นกรดซัลฟูริก (นอร์มัล) = 0.0201

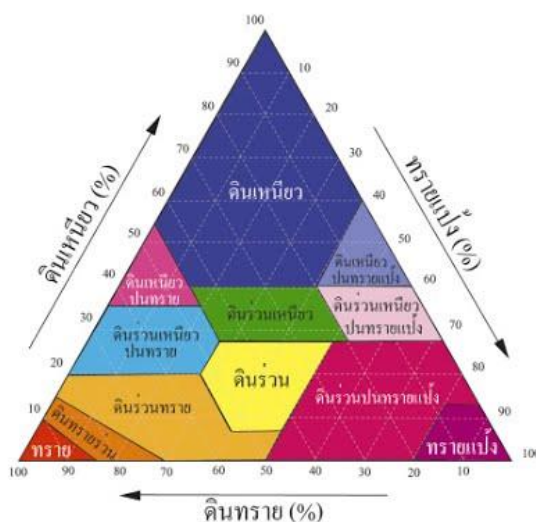


ภาคผนวก จ

ระดับคุณสมบัติพื้นฐานของดิน

1. เนื้อดิน

เมื่อวิเคราะห์ร้อยละอนุภาคดินเหนียว ดินทรายแป้ง และดินทรายแล้วต้องนำมาเปรียบเทียบกับสามเหลี่ยมเนื้อดินเพื่อหาประเภทเนื้อดิน โดยสามเหลี่ยมเนื้อดินดังรูปที่ จ-1



รูปที่ จ-1 : สามเหลี่ยมแสดงประเภทเนื้อดิน
ที่มา: ดัดแปลงจาก The LESA (2003)

2. ค่าความเป็นกรดต่าง

ระดับความแตกต่างของค่าความเป็นกรดเป็นด่างสามารถแปลผลได้ดังตารางที่ จ-1 ตารางที่ จ-1 ระดับความแตกต่าง

ระดับ	ความเป็นกรด ต่าง
กรดจัด	< 5.5
กรดปานกลาง	5.6-6.0
กรดอ่อน	6.1-6.9
กลาง	7.0
ด่างอ่อน	7.1-7.7
ด่างปานกลาง	7.8-8.3
ด่างจัด	>8.3

ที่มา: ดัดแปลงจาก Hall (2008)

3. สภาพน้ำไฟฟ้าของดิน

สภาพน้ำไฟฟ้าของดินสามารถบ่งชี้ระดับความเค็มและแปลผลที่อิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ โดยรายละเอียด ดังตารางที่ จ-2
ตารางที่ จ-2 ระดับสภาพน้ำไฟฟ้าของดิน

สภาพน้ำไฟฟ้าของดิน (เดซิซีเมน/เมตร)	ระดับความเค็มของดิน	ผลต่อพืช
0-2	ไม่เค็ม	พืชส่วนมากปกติ
>2-4	เค็มน้อย	พืชไม่ทนเค็มโตช้า
>4-8	เค็ม	พืชไม่ทนเค็มชะงักการเติบโต
>8-16	เค็มมาก	พืชที่ทนเค็มเท่านั้นที่เติบโต
>16	เค็มมากที่สุด	พืชทนเค็มบางชนิดเท่านั้นที่เติบโต ได้

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2548)

4. ความหนาแน่นของดิน

ความหนาแน่นของดิน เมื่อวิเคราะห์แล้วสามารถนำมาเปรียบเทียบกับตารางที่ จ-3
ตารางที่ จ-3 ระดับความหนาแน่นรวมของดิน

ระดับ	ค่าความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)
ต่ำ	<1.2
ค่อนข้างต่ำ	1.2-1.4
ปานกลาง	1.4-1.6
ค่อนข้างสูง	1.6-1.8
สูง	1.8-2.0
สูงมาก	>2.0

ที่มา: นงคราญ กาญจนประเสริฐ (2529)

5. ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและปริมาณอินทรีย์วัตถุ

ปริมาณอินทรีย์วัตถุสามารถแปลผลระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ดังตารางที่ จ-4
ตารางที่ จ-4 ระดับความอุดมสมบูรณ์ของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (ร้อยละ)

ระดับความอุดมสมบูรณ์	อินทรีย์วัตถุ (ร้อยละ)
ต่ำมาก	< 0.5
ต่ำ	0.5-1.0
ต่ำปานกลาง	>1.0-1.5
ปานกลาง	>1.5-2.5
สูงปานกลาง	>2.5-3.5
สูง	>3.5-4.5
สูงมาก	>4.5

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2548)

5. ไนโตรเจน

เมื่อวิเคราะห์ไนโตรเจนในดินแล้วสามารถแปลผลระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ดังตารางที่ จ-5
ตารางที่ จ-5 ระดับความอุดมสมบูรณ์ของไนโตรเจนในดิน

ระดับความอุดมสมบูรณ์	ร้อยละไนโตรเจน
ต่ำมาก	< 0.05
ต่ำ	0.05-0.15
ปานกลาง	0.15-0.25
สูง	0.25-0.50
สูงมาก	>0.50

ที่มา: Hazeltion and Murphy (2007)

6. ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

การนำร้อยละอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนมาคำนวณหาอัตราส่วนเพื่อประเมินอัตรา
การย่อยสลายในดิน สามารถแปลผลได้ดังตารางที่ จ-6 และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของ
สารอินทรีย์ต่างๆโดยประมาณดังตารางที่ จ-7

ตารางที่ จ-6 ระดับอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	อัตราส่วน
ต่ำมาก	<10
ต่ำ	10-15 (เช่น เศษใบไม้)
ปานกลาง	15-25 (เช่น ราก)
สูง	25-70 (เช่น ช้างข้าวสาลี ตอไม้ และรากไม้)
สูงมาก	70-100
สูงมาก (ขาดแคลนไนโตรเจน)	100 พวงเซลลูโลส
จุดสิ้นสุดโดยประมาณ (ไนโตรเจนเท่ากับ 0)	860

ที่มา: ดัดแปลงจาก Metson (1961) อ้างถึง Newey (2006)

ตารางที่ จ-7 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของสารอินทรีย์ต่างๆ

ชนิดของสารประกอบ	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน
จุลินทรีย์ในดิน	5-15
อินทรีย์วัตถุในดิน	10
ปุ๋ยหมัก	15-20
พืชตระกูลถั่ว	13-25
ต้นข้าวโพด	60
ฟางข้าว	80-125
ชายอ้อย	140-190
ขี้เลื่อย	200-400

ที่มา : คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2548)



ภาคผนวก จ
การวิเคราะห์ทางสถิติ

ภาคผนวก ฉ
การวิเคราะห์ทางสถิติ

1) การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกสองทาง

การศึกษาค่าความเป็นการกระจายแบบปกติ (Normality test) ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ ฉ-1 ตารางที่ ฉ-1 ผลการทดสอบการวิเคราะห์ความเป็นการกระจายแบบปกติ

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		Residual for OC
N		243
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000
	Std. Deviation	4.22696
Most Extreme Differences	Absolute	.060
	Positive	.032
	Negative	-.060
Test Statistic		.060
Asymp. Sig. (2-tailed)		.035 ^c

- a. Test distribution is Normal.
b. Calculated from data.
c. Lilliefors Significance Correction.



1.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกสามทางระหว่างการทับถมซากพืช อุณหภูมิ และความเค็ม ณ วันที่ 28 ดังตารางที่ ฉ-2

ตารางที่ ฉ-2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกสามทางระหว่างการทับถมซากพืช อุณหภูมิ และความเค็ม ณ วันที่ 28

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: OC

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1343.535 ^a	26	51.674	14.223	.000
Intercept	814156.118	1	814156.118	224092.823	.000
พืช	403.076	2	201.538	55.472	.000
อุณหภูมิ	23.395	2	11.697	3.220	.048
ความเค็ม	111.195	2	55.598	15.303	.000
พืช * อุณหภูมิ	219.807	4	54.952	15.125	.000
พืช * ความเค็ม	65.172	4	16.293	4.485	.003
อุณหภูมิ * ความเค็ม	203.387	4	50.847	13.995	.000
พืช * อุณหภูมิ * ความเค็ม	317.501	8	39.688	10.924	.000
Error	196.188	54	3.633		
Total	815695.841	81			
Corrected Total	1539.723	80			

a. R Squared = .873 (Adjusted R Squared = .811)

1.1.1) ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่การทับถมของพีชเปลี่ยนแปลง
เมื่ออุณหภูมิและระดับความเค็มคงที่ ณ วันที่ 28 ดังตารางที่ ฉ-3

ตารางที่ ฉ-3 ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่การทับถมของพีชเปลี่ยนแปลง เมื่ออุณหภูมิ
และระดับความเค็มคงที่ ณ วันที่ 28

Dependent Variable: OC

อุณหภูมิ	ความเค็ม	(I) พีช	(J) พีช	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b		
							Lower Bound	Upper Bound	
1.00	1.00	1.00	2.00	3.553E-15	1.556	1.000	-3.845	3.845	
			3.00	-7.221*	1.556	.000	-11.066	-3.376	
		2.00	1.00	-3.553E-15	1.556	1.000	-3.845	3.845	
			3.00	-7.221*	1.556	.000	-11.066	-3.376	
		3.00	1.00	7.221*	1.556	.000	3.376	11.066	
			2.00	7.221*	1.556	.000	3.376	11.066	
	2.00	1.00	2.00	-7.656*	1.556	.000	-11.501	-3.811	
			3.00	-6.351*	1.556	.000	-10.196	-2.506	
		2.00	1.00	7.656*	1.556	.000	3.811	11.501	
			3.00	1.305	1.556	1.000	-2.540	5.150	
		3.00	1.00	6.351*	1.556	.000	2.506	10.196	
			2.00	-1.305	1.556	1.000	-5.150	2.540	
3.00	1.00	1.00	2.00	-8.004*	1.556	.000	-11.849	-4.159	
			3.00	-13.920*	1.556	.000	-17.765	-10.075	
		2.00	1.00	8.004*	1.556	.000	4.159	11.849	
			3.00	-5.916*	1.556	.001	-9.761	-2.071	
		3.00	1.00	13.920*	1.556	.000	10.075	17.765	
			2.00	5.916*	1.556	.001	2.071	9.761	
	2.00	1.00	1.00	2.00	-11.049*	1.556	.000	-14.894	-7.204
			3.00	-5.829*	1.556	.001	-9.674	-1.984	
		2.00	1.00	11.049*	1.556	.000	7.204	14.894	
			3.00	5.220*	1.556	.004	1.375	9.065	
		3.00	1.00	5.829*	1.556	.001	1.984	9.674	
			2.00	-5.220*	1.556	.004	-9.065	-1.375	

อันดับภูมิ	ความ เค็ม	Mean					95% Confidence Interval for Difference ^b		
		(I) พืช	(J) พืช	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig. ^b	Upper		
							Lower Bound	Bound	
2.00	1.00	2.00	2.00	-4.176*	1.556	.029	-8.021	-.331	
			3.00	-3.480	1.556	.089	-7.325	.365	
	2.00	1.00	2.00	4.176*	1.556	.029	.331	8.021	
			3.00	.696	1.556	1.000	-3.149	4.541	
	3.00	1.00	2.00	3.00	3.480	1.556	.089	-.365	7.325
				3.00	-6.96	1.556	1.000	-4.541	3.149
3.00	1.00	2.00	2.00	-4.176*	1.556	.029	-8.021	-.331	
			3.00	-1.479	1.556	1.000	-5.324	2.366	
	2.00	1.00	2.00	4.176*	1.556	.029	.331	8.021	
			3.00	2.697	1.556	.266	-1.148	6.542	
	3.00	1.00	2.00	3.00	1.479	1.556	1.000	-2.366	5.324
				3.00	-2.697	1.556	.266	-6.542	1.148
3.00	1.00	1.00	2.00	3.828	1.556	.051	-.017	7.673	
			3.00	-.435	1.556	1.000	-4.280	3.410	
	2.00	1.00	2.00	-3.828	1.556	.051	-7.673	.017	
			3.00	-4.263*	1.556	.025	-8.108	-.418	
	3.00	1.00	2.00	3.00	.435	1.556	1.000	-3.410	4.280
				3.00	4.263*	1.556	.025	.418	8.108
2.00	1.00	2.00	2.00	4.872*	1.556	.008	1.027	8.717	
			3.00	-3.915*	1.556	.045	-7.760	-.070	
	2.00	1.00	2.00	-4.872*	1.556	.008	-8.717	-1.027	
			3.00	-8.787*	1.556	.000	-12.632	-4.942	
	3.00	1.00	2.00	3.00	3.915*	1.556	.045	.070	7.760
				3.00	8.787*	1.556	.000	4.942	12.632
3.00	1.00	2.00	2.00	-8.874*	1.556	.000	-12.719	-5.029	
			3.00	-4.698*	1.556	.012	-8.543	-.853	
	2.00	1.00	2.00	8.874*	1.556	.000	5.029	12.719	
			3.00	4.176*	1.556	.029	.331	8.021	
	3.00	1.00	2.00	3.00	4.698*	1.556	.012	.853	8.543
				3.00	-4.176*	1.556	.029	-8.021	-.331

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

1.1.2) ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เมื่อการทับถมของพีชและระดับความเค็มคงที่ ณ วันที่ 28 ดังตารางที่ ฉ-4

ตารางที่ ฉ-4 ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เมื่อการทับถมของพีชและระดับความเค็มคงที่ ณ วันที่ 28

Dependent Variable: OC

พีช	ความเค็ม	(I) อุณหภูมิ	(J) อุณหภูมิ	Mean Difference (I-J)			95% Confidence Interval for Difference ^b	
				Mean J	Std. Error	Sig. ^b	Lower Bound	Upper Bound
1.00	1.00	1.00	2.00	4.350*	1.556	.022	.505	8.195
			3.00	-3.828	1.556	.051	-7.673	.017
		2.00	1.00	-4.350*	1.556	.022	-8.195	-.505
			3.00	-8.178*	1.556	.000	-12.023	-4.333
		3.00	1.00	3.828	1.556	.051	-.017	7.673
			2.00	8.178*	1.556	.000	4.333	12.023
	2.00	1.00	2.00	.174	1.556	1.000	-3.671	4.019
			3.00	1.479	1.556	1.000	-2.366	5.324
		2.00	1.00	-.174	1.556	1.000	-4.019	3.671
			3.00	1.305	1.556	1.000	-2.540	5.150
3.00	1.00	2.00	-6.438*	1.556	.000	-10.283	-2.593	
		3.00	-5.046*	1.556	.006	-8.891	-1.201	
	2.00	1.00	6.438*	1.556	.000	2.593	10.283	
		3.00	1.392	1.556	1.000	-2.453	5.237	
	3.00	1.00	5.046*	1.556	.006	1.201	8.891	
		2.00	-1.392	1.556	1.000	-5.237	2.453	
2.00	1.00	2.00	-6.699*	1.556	.000	-10.544	-2.854	
		3.00	-1.954E-14	1.556	1.000	-3.845	3.845	
	2.00	1.00	6.699*	1.556	.000	2.854	10.544	
		3.00	6.699*	1.556	.000	2.854	10.544	
	3.00	1.00	1.954E-14	1.556	1.000	-3.845	3.845	
		2.00	-6.699*	1.556	.000	-10.544	-2.854	

พีช	ความ เต็ม	(I) อุณหภูมิ	(J) อุณหภูมิ	Mean Difference (I- J)			95% Confidence Interval for Difference ^b	
				Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig. ^b	Lower Bound	Upper Bound
2.00	1.00	2.00	2.00	3.654	1.556	.068	-.191	7.499
			3.00	14.007*	1.556	.000	10.162	17.852
		2.00	1.00	-3.654	1.556	.068	-7.499	.191
			3.00	10.353*	1.556	.000	6.508	14.198
		3.00	1.00	-14.007*	1.556	.000	-17.852	-10.162
			2.00	-10.353*	1.556	.000	-14.198	-6.508
	3.00	1.00	2.00	-2.610	1.556	.298	-6.455	1.235
			3.00	-5.916*	1.556	.001	-9.761	-2.071
		2.00	1.00	2.610	1.556	.298	-1.235	6.455
			3.00	-3.306	1.556	.115	-7.151	.539
3.00	1.00	2.00	1.00	5.742*	1.556	.002	1.897	9.587
			3.00	2.958	1.556	.188	-.887	6.803
		2.00	1.00	-5.742*	1.556	.002	-9.587	-1.897
			3.00	-2.784	1.556	.238	-6.629	1.061
		3.00	1.00	-2.958	1.556	.188	-6.803	.887
			2.00	2.784	1.556	.238	-1.061	6.629
	2.00	1.00	2.00	3.045	1.556	.167	-.800	6.890
			3.00	3.915*	1.556	.045	.070	7.760
		2.00	1.00	-3.045	1.556	.167	-6.890	.800
			3.00	.870	1.556	1.000	-2.975	4.715
3.00	1.00	1.00	-3.915*	1.556	.045	-7.760	-.070	
		2.00	-.870	1.556	1.000	-4.715	2.975	
	2.00	1.00	6.003*	1.556	.001	2.158	9.848	
		3.00	4.176*	1.556	.029	.331	8.021	
	3.00	1.00	-6.003*	1.556	.001	-9.848	-2.158	
		3.00	-1.827	1.556	.737	-5.672	2.018	
3.00	1.00	1.00	-4.176*	1.556	.029	-8.021	-.331	
		2.00	1.827	1.556	.737	-2.018	5.672	

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

1.1.3) ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่ระดับความเค็มเปลี่ยนแปลง
เมื่อการบำบัดของพืชและอุณหภูมิกงที่ ณ วันที่ 28 ดังตารางที่ ฉ-5

ตารางที่ ฉ-5 ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่ระดับความเค็มเปลี่ยนแปลง เมื่อการบำบัด
ของพืชและอุณหภูมิกงที่ ณ วันที่ 28

Dependent Variable: OC

พืช	อุณหภูมิกง	(I) ความเค็ม	(J) ความเค็ม	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b		
							Lower Bound	Upper Bound	
1.00	1.00	1.00	2.00	-1.392	1.556	1.000	-5.237	2.453	
			3.00	8.091*	1.556	.000	4.246	11.936	
		2.00	1.00	1.392	1.556	1.000	-2.453	5.237	
			3.00	9.483*	1.556	.000	5.638	13.328	
		3.00	1.00	-8.091*	1.556	.000	-11.936	-4.246	
			2.00	-9.483*	1.556	.000	-13.328	-5.638	
	2.00	1.00	2.00	-5.568*	1.556	.002	-9.413	-1.723	
			3.00	-2.697	1.556	.266	-6.542	1.148	
		2.00	1.00	5.568*	1.556	.002	1.723	9.413	
			3.00	2.871	1.556	.212	-.974	6.716	
		3.00	1.00	2.697	1.556	.266	-1.148	6.542	
			2.00	-2.871	1.556	.212	-6.716	.974	
3.00	1.00	2.00	3.915*	1.556	.045	.070	7.760		
		3.00	6.873*	1.556	.000	3.028	10.718		
	2.00	1.00	-3.915*	1.556	.045	-7.760	-.070		
		3.00	2.958	1.556	.188	-.887	6.803		
	3.00	1.00	-6.873*	1.556	.000	-10.718	-3.028		
		2.00	-2.958	1.556	.188	-6.803	.887		
2.00	1.00	1.00	2.00	-9.048*	1.556	.000	-12.893	-5.203	
			3.00	.087	1.556	1.000	-3.758	3.932	
		2.00	1.00	9.048*	1.556	.000	5.203	12.893	
			3.00	9.135*	1.556	.000	5.290	12.980	
	3.00	1.00	1.00	-.087	1.556	1.000	-3.932	3.758	
			2.00	-9.135*	1.556	.000	-12.980	-5.290	
		2.00	1.00	2.00	1.305	1.556	1.000	-2.540	5.150
				3.00	4.176*	1.556	.029	.331	8.021

พีช	อุณหภูมิ	(I) ความ เต็ม	(J) ความ เต็ม	Mean			95% Confidence Interval for Difference ^b		
				Difference (I- J)	Std. Error	Sig. ^b	Lower Bound	Upper Bound	
3.00	1.00	2.00	1.00	-1.305	1.556	1.000	-5.150	2.540	
			3.00	2.871	1.556	.212	-.974	6.716	
		3.00	1.00	-4.176*	1.556	.029	-8.021	-.331	
			2.00	-2.871	1.556	.212	-6.716	.974	
		3.00	1.00	2.00	4.959*	1.556	.007	1.114	8.804
			3.00	-5.829*	1.556	.001	-9.674	-1.984	
	2.00	1.00	-4.959*	1.556	.007	-8.804	-1.114		
		3.00	-10.788*	1.556	.000	-14.633	-6.943		
	3.00	1.00	5.829*	1.556	.001	1.984	9.674		
		2.00	10.788*	1.556	.000	6.943	14.633		
	3.00	1.00	1.00	2.00	-.522	1.556	1.000	-4.367	3.323
				3.00	1.392	1.556	1.000	-2.453	5.237
2.00			1.00	.522	1.556	1.000	-3.323	4.367	
			3.00	1.914	1.556	.672	-1.931	5.759	
3.00			1.00	-1.392	1.556	1.000	-5.237	2.453	
			2.00	-1.914	1.556	.672	-5.759	1.931	
2.00		1.00	2.00	-3.219	1.556	.130	-7.064	.626	
			3.00	1.653	1.556	.879	-2.192	5.498	
		2.00	1.00	3.219	1.556	.130	-.626	7.064	
			3.00	4.872*	1.556	.008	1.027	8.717	
		3.00	1.00	-1.653	1.556	.879	-5.498	2.192	
			2.00	-4.872*	1.556	.008	-8.717	-1.027	
3.00	1.00	2.00	.435	1.556	1.000	-3.410	4.280		
		3.00	2.610	1.556	.298	-1.235	6.455		
	2.00	1.00	-.435	1.556	1.000	-4.280	3.410		
		3.00	2.175	1.556	.504	-1.670	6.020		
	3.00	1.00	-2.610	1.556	.298	-6.455	1.235		
		2.00	-2.175	1.556	.504	-6.020	1.670		

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

1.2) การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกสามทางระหว่างการทำถมซากพืช อุณหภูมิ และ ความเค็ม ณ วันที่ 45 ดังตารางที่ ฉ-6

ตารางที่ ฉ-6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกสามทางระหว่างการทำถมซากพืช อุณหภูมิ และ ความเค็ม ณ วันที่ 45

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: OC

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1874.439 ^a	26	72.094	17.668	.000
Intercept	805127.550	1	805127.550	197309.456	.000
พืช	260.436	2	130.218	31.912	.000
อุณหภูมิ	221.551	2	110.776	27.147	.000
ความเค็ม	350.618	2	175.309	42.962	.000
พืช * อุณหภูมิ	104.345	4	26.086	6.393	.000
พืช * ความเค็ม	120.784	4	30.196	7.400	.000
อุณหภูมิ * ความเค็ม	497.700	4	124.425	30.492	.000
พืช * อุณหภูมิ * ความเค็ม	319.005	8	39.876	9.772	.000
Error	220.349	54	4.081		
Total	807222.338	81			
Corrected Total	2094.788	80			

a. R Squared = .895 (Adjusted R Squared = .844)

1.2.1 ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่การทับถมของพืชเปลี่ยนแปลง
เมื่ออุณหภูมิและระดับความเค็มคงที่ ณ วันที่ 45 ดังตารางที่ ฉ-7

ตารางที่ ฉ-7 ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่การทับถมของพืชเปลี่ยนแปลง เมื่ออุณหภูมิ
และระดับความเค็มคงที่ ณ วันที่ 45

Dependent Variable: oc

อุณหภูมิ	ความเค็ม	(I) พืช	(J) พืช	Mean Difference (I- J)			95% Confidence Interval for Difference ^b	
				J)	Std. Error	Sig. ^b	Lower Bound	Upper Bound
1.00	1.00	1.00	2.00	-1.653	1.649	.962	-5.728	2.422
			3.00	-2.871	1.649	.262	-6.946	1.204
		2.00	1.00	1.653	1.649	.962	-2.422	5.728
			3.00	-1.218	1.649	1.000	-5.293	2.857
		3.00	1.00	2.871	1.649	.262	-1.204	6.946
			2.00	1.218	1.649	1.000	-2.857	5.293
	2.00	1.00	2.00	-5.307*	1.649	.007	-9.382	-1.232
			3.00	-11.919*	1.649	.000	-15.994	-7.844
		2.00	1.00	5.307*	1.649	.007	1.232	9.382
			3.00	-6.612*	1.649	.001	-10.687	-2.537
3.00	1.00	2.00	11.919*	1.649	.000	7.844	15.994	
		2.00	6.612*	1.649	.001	2.537	10.687	
	2.00	1.00	-7.395*	1.649	.000	-11.470	-3.320	
		3.00	-3.654	1.649	.093	-7.729	.421	
	3.00	1.00	7.395*	1.649	.000	3.320	11.470	
		3.00	3.741	1.649	.082	-.334	7.816	
2.00	1.00	1.00	2.00	3.306	1.649	.150	-.769	7.381
			3.00	.870	1.649	1.000	-3.205	4.945
		2.00	1.00	-3.306	1.649	.150	-7.381	.769
			3.00	-2.436	1.649	.436	-6.511	1.639
	3.00	1.00	1.00	-.870	1.649	1.000	-4.945	3.205
			2.00	2.436	1.649	.436	-1.639	6.511

ความ อุดมภูมิ	ความ เค็ม	Mean Difference (I- J)					95% Confidence Interval for Difference ^b		
		(I) พืช	(J) พืช	J)	Std. Error	Sig. ^b	Lower Bound	Upper Bound	
2.00	1.00	2.00	2.00	-9.483*	1.649	.000	-13.558	-5.408	
		3.00	2.00	-1.392	1.649	1.000	-5.467	2.683	
	2.00	1.00	1.00	9.483*	1.649	.000	5.408	13.558	
		3.00	1.00	8.091*	1.649	.000	4.016	12.166	
	3.00	1.00	1.00	1.392	1.649	1.000	-2.683	5.467	
		2.00	1.00	-8.091*	1.649	.000	-12.166	-4.016	
3.00	1.00	2.00	2.00	3.654	1.649	.093	-.421	7.729	
		3.00	2.00	-2.349	1.649	.480	-6.424	1.726	
	2.00	1.00	1.00	-3.654	1.649	.093	-7.729	.421	
		3.00	1.00	-6.003*	1.649	.002	-10.078	-1.928	
	3.00	1.00	1.00	2.349	1.649	.480	-1.726	6.424	
		2.00	1.00	6.003*	1.649	.002	1.928	10.078	
3.00	1.00	1.00	2.00	2.00	3.553E-15	1.649	1.000	-4.075	4.075
			3.00	2.00	-5.046*	1.649	.010	-9.121	-.971
		2.00	1.00	1.00	-3.553E-15	1.649	1.000	-4.075	4.075
			3.00	1.00	-5.046*	1.649	.010	-9.121	-.971
		3.00	1.00	1.00	5.046*	1.649	.010	.971	9.121
			2.00	1.00	5.046*	1.649	.010	.971	9.121
	2.00	1.00	2.00	2.00	-1.392	1.649	1.000	-5.467	2.683
			3.00	2.00	-10.353*	1.649	.000	-14.428	-6.278
		2.00	1.00	1.00	1.392	1.649	1.000	-2.683	5.467
			3.00	1.00	-8.961*	1.649	.000	-13.036	-4.886
		3.00	1.00	1.00	10.353*	1.649	.000	6.278	14.428
			2.00	1.00	8.961*	1.649	.000	4.886	13.036
3.00	1.00	2.00	2.00	-4.089*	1.649	.049	-8.164	-.014	
		3.00	2.00	-2.697	1.649	.323	-6.772	1.378	
	2.00	1.00	1.00	4.089*	1.649	.049	.014	8.164	
		3.00	1.00	1.392	1.649	1.000	-2.683	5.467	
	3.00	1.00	1.00	2.697	1.649	.323	-1.378	6.772	
		2.00	1.00	-1.392	1.649	1.000	-5.467	2.683	

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

1.2.2 ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง
เมื่อการทับถมของพีชและระดับความเค็มคงที่ ณ วันที่ 45 ดังตารางที่ ฉ-8

ตารางที่ ฉ-8 ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เมื่อการทับถมของพีช
และระดับความเค็มคงที่ ณ วันที่ 45

Dependent Variable: OC

พีช	ความเค็ม	(I) อุณหภูมิ	(J) อุณหภูมิ	Mean Difference (I- J)			95% Confidence Interval for Difference ^b			
				Mean J)	Std. Error	Sig. ^b	Lower Bound	Upper Bound		
1.00	1.00	1.00	2.00	-8.265*	1.649	.000	-12.340	-4.190		
			3.00	-5.568*	1.649	.004	-9.643	-1.493		
		2.00	1.00	8.265*	1.649	.000	4.190	12.340		
			3.00	2.697	1.649	.323	-1.378	6.772		
		3.00	1.00	5.568*	1.649	.004	1.493	9.643		
			2.00	-2.697	1.649	.323	-6.772	1.378		
		2.00	1.00	1.00	2.00	3.393	1.649	.134	-.682	7.468
					3.00	-7.134*	1.649	.000	-11.209	-3.059
2.00	1.00			-3.393	1.649	.134	-7.468	.682		
	3.00			-10.527*	1.649	.000	-14.602	-6.452		
3.00	1.00			7.134*	1.649	.000	3.059	11.209		
	2.00			10.527*	1.649	.000	6.452	14.602		
3.00	1.00	1.00	2.00	-5.133*	1.649	.009	-9.208	-1.058		
			3.00	-1.305	1.649	1.000	-5.380	2.770		
		2.00	1.00	5.133*	1.649	.009	1.058	9.208		
			3.00	3.828	1.649	.072	-.247	7.903		
		3.00	1.00	1.305	1.649	1.000	-2.770	5.380		
			2.00	-3.828	1.649	.072	-7.903	.247		
2.00	1.00	1.00	2.00	-3.306	1.649	.150	-7.381	.769		
			3.00	-3.915	1.649	.064	-7.990	.160		
		2.00	1.00	3.306	1.649	.150	-.769	7.381		
			3.00	-.609	1.649	1.000	-4.684	3.466		
		3.00	1.00	3.915	1.649	.064	-.160	7.990		
			2.00	.609	1.649	1.000	-3.466	4.684		

พืช	ความ เค็ม	(I) อุณหภูมิ	(J) อุณหภูมิ	Mean			95% Confidence Interval		
				Difference (I- J)	Std. Error	Sig. ^b	Lower Bound	Upper Bound	
2.00	1.00	2.00	2.00	-.783	1.649	1.000	-4.858	3.292	
			3.00	-3.219	1.649	.169	-7.294	.856	
		2.00	1.00	.783	1.649	1.000	-3.292	4.858	
			3.00	-2.436	1.649	.436	-6.511	1.639	
		3.00	1.00	3.219	1.649	.169	-.856	7.294	
	2.00		2.436	1.649	.436	-1.639	6.511		
	3.00	1.00	2.00	2.00	5.916*	1.649	.002	1.841	9.991
				3.00	2.001	1.649	.691	-2.074	6.076
			2.00	1.00	-5.916*	1.649	.002	-9.991	-1.841
				3.00	-3.915	1.649	.064	-7.990	.160
3.00			1.00	-2.001	1.649	.691	-6.076	2.074	
		2.00	3.915	1.649	.064	-.160	7.990		
3.00		1.00	2.00	2.00	-4.524*	1.649	.025	-8.599	-.449
				3.00	-7.743*	1.649	.000	-11.818	-3.668
			2.00	1.00	4.524*	1.649	.025	.449	8.599
				3.00	-3.219	1.649	.169	-7.294	.856
	3.00		1.00	7.743*	1.649	.000	3.668	11.818	
		2.00	3.219	1.649	.169	-.856	7.294		
	2.00	1.00	2.00	2.00	13.920*	1.649	.000	9.845	17.995
				3.00	-5.568*	1.649	.004	-9.643	-1.493
			2.00	1.00	-13.920*	1.649	.000	-17.995	-9.845
				3.00	-19.488*	1.649	.000	-23.563	-15.413
3.00			1.00	5.568*	1.649	.004	1.493	9.643	
		2.00	19.488*	1.649	.000	15.413	23.563		
3.00		1.00	2.00	2.00	-3.828	1.649	.072	-7.903	.247
				3.00	-.348	1.649	1.000	-4.423	3.727
		2.00	1.00	3.828	1.649	.072	-.247	7.903	
			3.00	3.480	1.649	.119	-.595	7.555	
	3.00	1.00	.348	1.649	1.000	-3.727	4.423		
		2.00	-3.480	1.649	.119	-7.555	.595		

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

1.2.3 ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่ระดับความเค็มเปลี่ยนแปลง
เมื่อการทับถมของพีชและอุณหภูมิกงที่ ณ วันที่ 45 ดังตารางที่ ฉ-9

ตารางที่ ฉ-9 ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่ระดับความเค็มเปลี่ยนแปลง เมื่อการทับถม
ของพีชและอุณหภูมิกงที่ ณ วันที่ 45

Dependent Variable: OC

พีช	อุณหภูมิกง	(I) ความเค็ม	(J) ความเค็ม	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
							Lower Bound	Upper Bound
1.00	1.00	1.00	2.00	3.132	1.649	.189	-.943	7.207
			3.00	-3.654	1.649	.093	-7.729	.421
		2.00	1.00	-3.132	1.649	.189	-7.207	.943
			3.00	-6.786*	1.649	.000	-10.861	-2.711
		3.00	1.00	3.654	1.649	.093	-.421	7.729
			2.00	6.786*	1.649	.000	2.711	10.861
	2.00	1.00	2.00	14.790*	1.649	.000	10.715	18.865
			3.00	-.522	1.649	1.000	-4.597	3.553
		2.00	1.00	-14.790*	1.649	.000	-18.865	-10.715
			3.00	-15.312*	1.649	.000	-19.387	-11.237
		3.00	1.00	.522	1.649	1.000	-3.553	4.597
			2.00	15.312*	1.649	.000	11.237	19.387
3.00	1.00	2.00	1.566	1.649	1.000	-2.509	5.641	
		3.00	.609	1.649	1.000	-3.466	4.684	
	2.00	1.00	-1.566	1.649	1.000	-5.641	2.509	
		3.00	-.957	1.649	1.000	-5.032	3.118	
	3.00	1.00	-.609	1.649	1.000	-4.684	3.466	
		2.00	.957	1.649	1.000	-3.118	5.032	
2.00	1.00	2.00	-.522	1.649	1.000	-4.597	3.553	
		3.00	-9.396*	1.649	.000	-13.471	-5.321	
	2.00	1.00	.522	1.649	1.000	-3.553	4.597	
		3.00	-8.874*	1.649	.000	-12.949	-4.799	
	3.00	1.00	9.396*	1.649	.000	5.321	13.471	
		2.00	8.874*	1.649	.000	4.799	12.949	

พืช	อุณหภูมิ	(I) ความ เค็ม	(J) ความ เค็ม	Mean			95% Confidence Interval for Difference ^b	
				Difference (I- J)	Std. Error	Sig. ^b	Lower Bound	Upper Bound
2.00	1.00	2.00	2.00	2.001	1.649	.691	-2.074	6.076
			3.00	-.174	1.649	1.000	-4.249	3.901
		2.00	1.00	-2.001	1.649	.691	-6.076	2.074
			3.00	-2.175	1.649	.579	-6.250	1.900
		3.00	1.00	.174	1.649	1.000	-3.901	4.249
			2.00	2.175	1.649	.579	-1.900	6.250
	3.00	1.00	2.00	.174	1.649	1.000	-3.901	4.249
			3.00	-3.480	1.649	.119	-7.555	.595
		2.00	1.00	-.174	1.649	1.000	-4.249	3.901
			3.00	-3.654	1.649	.093	-7.729	.421
		3.00	1.00	3.480	1.649	.119	-.595	7.555
			2.00	3.654	1.649	.093	-.421	7.729
3.00	1.00	2.00	2.00	-5.916*	1.649	.002	-9.991	-1.841
			3.00	-4.437*	1.649	.028	-8.512	-.362
		2.00	1.00	5.916*	1.649	.002	1.841	9.991
			3.00	1.479	1.649	1.000	-2.596	5.554
		3.00	1.00	4.437*	1.649	.028	.362	8.512
			2.00	-1.479	1.649	1.000	-5.554	2.596
	2.00	1.00	2.00	12.528*	1.649	.000	8.453	16.603
			3.00	-3.741	1.649	.082	-7.816	.334
		2.00	1.00	-12.528*	1.649	.000	-16.603	-8.453
			3.00	-16.269*	1.649	.000	-20.344	-12.194
		3.00	1.00	3.741	1.649	.082	-.334	7.816
			2.00	16.269*	1.649	.000	12.194	20.344
3.00	1.00	2.00	-3.741	1.649	.082	-7.816	.334	
		3.00	2.958	1.649	.236	-1.117	7.033	
	2.00	1.00	3.741	1.649	.082	-.334	7.816	
		3.00	6.699*	1.649	.000	2.624	10.774	
	3.00	1.00	-2.958	1.649	.236	-7.033	1.117	
		2.00	-6.699*	1.649	.000	-10.774	-2.624	

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

1.3) การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกสามทางระหว่างการทำถมซากพืช อุณหภูมิ และ ความเค็ม ณ วันที่ 105 ดังตารางที่ ฉ-10

ตารางที่ ฉ-10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกสามทางระหว่างการทำถมซากพืช อุณหภูมิ และ ความเค็ม ณ วันที่ 105

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: OC

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	633.858 ^a	26	24.379	9.194	.000
Intercept	894494.134	1	894494.134	337331.991	.000
พืช	203.066	2	101.533	38.290	.000
อุณหภูมิ	41.251	2	20.626	7.778	.001
ความเค็ม	11.283	2	5.641	2.127	.129
พืช * อุณหภูมิ	45.379	4	11.345	4.278	.004
พืช * ความเค็ม	109.074	4	27.269	10.284	.000
อุณหภูมิ * ความเค็ม	136.131	4	34.033	12.834	.000
พืช * อุณหภูมิ * ความ เค็ม	87.674	8	10.959	4.133	.001
Error	143.190	54	2.652		
Total	895271.182	81			
Corrected Total	777.049	80			

a. R Squared = .816 (Adjusted R Squared = .727)

1.3.1 3 ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่การทับถมของพืชเปลี่ยนแปลง
ที่อุณหภูมิและระดับความเค็ม คงที่ ณ วันที่ 105 ดังตารางที่ ฉ-11

ตารางที่ ฉ-11 ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่การทับถมของพืชเปลี่ยนแปลง ที่อุณหภูมิ
และระดับความเค็มคงที่ ณ วันที่ 105

Dependent Variable: OC

อุณหภูมิ	ความเค็ม	(I) พืช	(J) พืช	Mean Difference (I- J)			95% Confidence Interval for Difference ^b	
				J)	Std. Error	Sig. ^b	Lower Bound	Upper Bound
1.00	1.00	1.00	2.00	2.523	1.330	.189	-.762	5.808
			3.00	-5.307*	1.330	.001	-8.592	-2.022
		2.00	1.00	-2.523	1.330	.189	-5.808	.762
			3.00	-7.830*	1.330	.000	-11.115	-4.545
		3.00	1.00	5.307*	1.330	.001	2.022	8.592
			2.00	7.830*	1.330	.000	4.545	11.115
2.00	1.00	2.00	2.00	-1.566	1.330	.732	-4.851	1.719
			3.00	1.305	1.330	.992	-1.980	4.590
		2.00	1.00	1.566	1.330	.732	-1.719	4.851
			3.00	2.871	1.330	.106	-.414	6.156
		3.00	1.00	-1.305	1.330	.992	-4.590	1.980
			2.00	-2.871	1.330	.106	-6.156	.414
3.00	1.00	2.00	2.00	-2.784	1.330	.123	-6.069	.501
			3.00	-.783	1.330	1.000	-4.068	2.502
		2.00	1.00	2.784	1.330	.123	-.501	6.069
			3.00	2.001	1.330	.414	-1.284	5.286
		3.00	1.00	.783	1.330	1.000	-2.502	4.068
			2.00	-2.001	1.330	.414	-5.286	1.284
2.00	1.00	1.00	2.00	-.348	1.330	1.000	-3.633	2.937
			3.00	-7.569*	1.330	.000	-10.854	-4.284
		2.00	1.00	.348	1.330	1.000	-2.937	3.633
			3.00	-7.221*	1.330	.000	-10.506	-3.936
		3.00	1.00	7.569*	1.330	.000	4.284	10.854
			2.00	7.221*	1.330	.000	3.936	10.506

ความ อุดมภูมิ	ความ เค็ม	Mean Difference (I- J)				95% Confidence Interval for Difference ^b		
		(I) พืช	(J) พืช	J)	Std. Error	Sig. ^b	Lower Bound	Upper Bound
2.00	1.00	2.00	2.00	-.348	1.330	1.000	-3.633	2.937
		3.00	2.00	-4.524*	1.330	.004	-7.809	-1.239
	2.00	1.00	1.00	.348	1.330	1.000	-2.937	3.633
		3.00	1.00	-4.176*	1.330	.008	-7.461	-.891
	3.00	1.00	1.00	4.524*	1.330	.004	1.239	7.809
		2.00	1.00	4.176*	1.330	.008	.891	7.461
3.00	1.00	2.00	2.00	.783	1.330	1.000	-2.502	4.068
		3.00	2.00	-.087	1.330	1.000	-3.372	3.198
	2.00	1.00	1.00	-.783	1.330	1.000	-4.068	2.502
		3.00	1.00	-.870	1.330	1.000	-4.155	2.415
	3.00	1.00	1.00	.087	1.330	1.000	-3.198	3.372
		2.00	1.00	.870	1.330	1.000	-2.415	4.155
3.00	1.00	2.00	2.00	-4.350*	1.330	.006	-7.635	-1.065
		3.00	2.00	-8.439*	1.330	.000	-11.724	-5.154
	2.00	1.00	1.00	4.350*	1.330	.006	1.065	7.635
		3.00	1.00	-4.089*	1.330	.010	-7.374	-.804
	3.00	1.00	1.00	8.439*	1.330	.000	5.154	11.724
		2.00	1.00	4.089*	1.330	.010	.804	7.374
2.00	1.00	2.00	2.00	-.696	1.330	1.000	-3.981	2.589
		3.00	2.00	-1.914	1.330	.467	-5.199	1.371
	2.00	1.00	1.00	.696	1.330	1.000	-2.589	3.981
		3.00	1.00	-1.218	1.330	1.000	-4.503	2.067
	3.00	1.00	1.00	1.914	1.330	.467	-1.371	5.199
		2.00	1.00	1.218	1.330	1.000	-2.067	4.503
3.00	1.00	2.00	2.00	-.870	1.330	1.000	-4.155	2.415
		3.00	2.00	-6.003*	1.330	.000	-9.288	-2.718
	2.00	1.00	1.00	.870	1.330	1.000	-2.415	4.155
		3.00	1.00	-5.133*	1.330	.001	-8.418	-1.848
	3.00	1.00	1.00	6.003*	1.330	.000	2.718	9.288
		2.00	1.00	5.133*	1.330	.001	1.848	8.418

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

1.3.ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เมื่อการทับถมของพืชและระดับความเค็ม คงที่ ณ วันที่ 105 ดังตารางที่ ฉ-12

ตารางที่ ฉ-12 .ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เมื่อการทับถมของพืชและระดับความเค็ม คงที่ ณ วันที่ 105

Dependent Variable: OC

พืช	ความเค็ม	(I) อุณหภูมิ	(J) อุณหภูมิ	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
							Lower Bound	Upper Bound
1.00	1.00	1.00	2.00	1.566	1.330	.732	-1.719	4.851
			3.00	.783	1.330	1.000	-2.502	4.068
		2.00	1.00	-1.566	1.330	.732	-4.851	1.719
			3.00	-.783	1.330	1.000	-4.068	2.502
		3.00	1.00	-.783	1.330	1.000	-4.068	2.502
			2.00	.783	1.330	1.000	-2.502	4.068
	2.00	1.00	2.00	3.567*	1.330	.029	.282	6.852
			3.00	5.220*	1.330	.001	1.935	8.505
		2.00	1.00	-3.567*	1.330	.029	-6.852	-.282
			3.00	1.653	1.330	.657	-1.632	4.938
		3.00	1.00	-5.220*	1.330	.001	-8.505	-1.935
			2.00	-1.653	1.330	.657	-4.938	1.632
3.00	1.00	2.00	1.914	1.330	.467	-1.371	5.199	
		3.00	2.262	1.330	.284	-1.023	5.547	
	2.00	1.00	-1.914	1.330	.467	-5.199	1.371	
		3.00	.348	1.330	1.000	-2.937	3.633	
	3.00	1.00	-2.262	1.330	.284	-5.547	1.023	
		2.00	-.348	1.330	1.000	-3.633	2.937	
2.00	1.00	1.00	2.00	-1.305	1.330	.992	-4.590	1.980
		3.00	-6.090*	1.330	.000	-9.375	-2.805	
	2.00	1.00	1.305	1.330	.992	-1.980	4.590	
		3.00	-4.785*	1.330	.002	-8.070	-1.500	
	3.00	1.00	6.090*	1.330	.000	2.805	9.375	
		2.00	4.785*	1.330	.002	1.500	8.070	

พืช	ความ เค็ม	(I) อุณหภูมิ	(J) อุณหภูมิ	Mean Difference (I- J)			95% Confidence Interval for Difference ^b	
				Std. Error	Sig. ^b	Lower Bound	Upper Bound	
3.00	2.00	1.00	2.00	4.785*	1.330	.002	1.500	8.070
			3.00	6.090*	1.330	.000	2.805	9.375
		2.00	1.00	-4.785*	1.330	.002	-8.070	-1.500
			3.00	1.305	1.330	.992	-1.980	4.590
		3.00	1.00	-6.090*	1.330	.000	-9.375	-2.805
			2.00	-1.305	1.330	.992	-4.590	1.980
	3.00	1.00	2.00	5.481*	1.330	.000	2.196	8.766
			3.00	4.176*	1.330	.008	.891	7.461
		2.00	1.00	-5.481*	1.330	.000	-8.766	-2.196
			3.00	-1.305	1.330	.992	-4.590	1.980
		3.00	1.00	-4.176*	1.330	.008	-7.461	-.891
			2.00	1.305	1.330	.992	-1.980	4.590
3.00	1.00	1.00	2.00	-.696	1.330	1.000	-3.981	2.589
			3.00	-2.349	1.330	.249	-5.634	.936
		2.00	1.00	.696	1.330	1.000	-2.589	3.981
			3.00	-1.653	1.330	.657	-4.938	1.632
		3.00	1.00	2.349	1.330	.249	-.936	5.634
			2.00	1.653	1.330	.657	-1.632	4.938
	2.00	1.00	2.00	-2.262	1.330	.284	-5.547	1.023
			3.00	2.001	1.330	.414	-1.284	5.286
		2.00	1.00	2.262	1.330	.284	-1.023	5.547
			3.00	4.263*	1.330	.007	.978	7.548
		3.00	1.00	-2.001	1.330	.414	-5.286	1.284
			2.00	-4.263*	1.330	.007	-7.548	-.978
3.00	1.00	2.00	2.610	1.330	.164	-.675	5.895	
		3.00	-2.958	1.330	.091	-6.243	.327	
	2.00	1.00	-2.610	1.330	.164	-5.895	.675	
		3.00	-5.568*	1.330	.000	-8.853	-2.283	
	3.00	1.00	2.958	1.330	.091	-.327	6.243	
		2.00	5.568*	1.330	.000	2.283	8.853	

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

1.3.3 .ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่ระดับความเค็มเปลี่ยนแปลง
เมื่อการทับถมของพีชและอุณหภูมิกงที่ ณ วันที่ 105 ดังตารางที่ ฉ-13

ตารางที่ ฉ-13 ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนที่ระดับความเค็มเปลี่ยนแปลง
เมื่อการทับถมของพีชและอุณหภูมิกงที่ ณ วันที่ 105

Dependent Variable: OC

พีช	อุณหภูมิกง	(I) ความเค็ม	(J) ความเค็ม	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
							Lower Bound	Upper Bound
1.00	1.00	1.00	2.00	-4.263 [*]	1.330	.007	-7.548	-.978
			3.00	-3.045	1.330	.078	-6.330	.240
		2.00	1.00	4.263 [*]	1.330	.007	.978	7.548
			3.00	1.218	1.330	1.000	-2.067	4.503
		3.00	1.00	3.045	1.330	.078	-.240	6.330
			2.00	-1.218	1.330	1.000	-4.503	2.067
	2.00	1.00	2.00	-2.262	1.330	.284	-5.547	1.023
			3.00	-2.697	1.330	.142	-5.982	.588
		2.00	1.00	2.262	1.330	.284	-1.023	5.547
			3.00	-.435	1.330	1.000	-3.720	2.850
		3.00	1.00	2.697	1.330	.142	-.588	5.982
			2.00	.435	1.330	1.000	-2.850	3.720
3.00	1.00	2.00	.174	1.330	1.000	-3.111	3.459	
		3.00	-1.566	1.330	.732	-4.851	1.719	
	2.00	1.00	-.174	1.330	1.000	-3.459	3.111	
		3.00	-1.740	1.330	.589	-5.025	1.545	
	3.00	1.00	1.566	1.330	.732	-1.719	4.851	
		2.00	1.740	1.330	.589	-1.545	5.025	
2.00	1.00	2.00	-8.352 [*]	1.330	.000	-11.637	-5.067	
		3.00	-8.352 [*]	1.330	.000	-11.637	-5.067	
	2.00	1.00	8.352 [*]	1.330	.000	5.067	11.637	
		3.00	5.862E-14	1.330	1.000	-3.285	3.285	
	3.00	1.00	8.352 [*]	1.330	.000	5.067	11.637	
		2.00	-5.862E-14	1.330	1.000	-3.285	3.285	

พืช	อุณหภูมิ	(I) ความ เค็ม	(J) ความ เค็ม	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
							Lower Bound	Upper Bound
2.00	1.00	2.00	2.00	-2.262	1.330	.284	-5.547	1.023
			3.00	-1.566	1.330	.732	-4.851	1.719
		2.00	1.00	2.262	1.330	.284	-1.023	5.547
			3.00	.696	1.330	1.000	-2.589	3.981
		3.00	1.00	1.566	1.330	.732	-1.719	4.851
			2.00	-.696	1.330	1.000	-3.981	2.589
	3.00	1.00	2.00	3.828*	1.330	.017	.543	7.113
			3.00	1.914	1.330	.467	-1.371	5.199
		2.00	1.00	-3.828*	1.330	.017	-7.113	-.543
			3.00	-1.914	1.330	.467	-5.199	1.371
		3.00	1.00	-1.914	1.330	.467	-5.199	1.371
			2.00	1.914	1.330	.467	-1.371	5.199
3.00	1.00	1.00	2.00	2.349	1.330	.249	-.936	5.634
			3.00	1.479	1.330	.813	-1.806	4.764
		2.00	1.00	-2.349	1.330	.249	-5.634	.936
			3.00	-.870	1.330	1.000	-4.155	2.415
		3.00	1.00	-1.479	1.330	.813	-4.764	1.806
			2.00	.870	1.330	1.000	-2.415	4.155
	2.00	1.00	2.00	.783	1.330	1.000	-2.502	4.068
			3.00	4.785*	1.330	.002	1.500	8.070
		2.00	1.00	-.783	1.330	1.000	-4.068	2.502
			3.00	4.002*	1.330	.012	.717	7.287
		3.00	1.00	-4.785*	1.330	.002	-8.070	-1.500
			2.00	-4.002*	1.330	.012	-7.287	-.717
	3.00	1.00	2.00	6.699*	1.330	.000	3.414	9.984
			3.00	.870	1.330	1.000	-2.415	4.155
		2.00	1.00	-6.699*	1.330	.000	-9.984	-3.414
			3.00	-5.829*	1.330	.000	-9.114	-2.544
		3.00	1.00	-.870	1.330	1.000	-4.155	2.415
			2.00	5.829*	1.330	.000	2.544	9.114

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

รายการอ้างอิง

- Adame , M. F., Santini, N. S., Tovilla, C., Vázquez-Lule, A., Castro, L., & Guevara, M. (2015). Carbon stocks and soil sequestration rates of tropical riverine wetlands. *Biogeosciences*, 12, 3805-3818.
- Aksornkoae. S., Wattayakorn. G., & Kaitpraneet. W. (1978). *Physical and Chemical Properties of Soil and Water in Mangrove Forest at AmphoeKlung, ChangwatChantaburi Thailand*. Paris: Final Report Submitted to UNESCO.
- Blakemore, L. C., Searle, P. L., & Daly, B. K. (1987). *Methods for Chemical Analysis of Soils*. New Zealand: Lower Hutt.
- Blatt, H., & Tracy, R. J. (1996). *Pedology: Igneous, Sedimentary and Metamorphic* (2nd ed. ed.). NY: W H Freeman & Co. Ltd.
- Boussingault, J. B. (1864). Photosynthesis. Retrieved from <https://historicalcasestudyphotosynth.weebly.com/1864-1941.html>
- Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analyses of Soils1. *Agronomy Journal*, 54(5), 464-465.
doi:10.2134/agronj1962.00021962005400050028x
- Buchmann, N. (2000). Biotic and abiotic factors controlling soil respiration rates in *Picea abies* stands. *Soil Biology and Biochemistry*, 32(11-12), 1625-1635.
doi:[https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00077-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00077-8)
- Buol, S. W., Southard, R. J., Graham, R. C., & McDaniel, P. A. (2003). *Soil genesis and classification* (5 ed.). Ames: Iowa State University.
- Cardon, G. E., Davis, J. G., Bauder, T. A., & Waskom, R. M. (2007). *Managing Salinity Soils*: Colorado State University.
- Coyne, M., & Thompson, J. (2006). *Fundamental Soil Science*. United States.
- Culley, J. L. B. (1993). Density and compressibility In M.R.Carter (Ed.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Boca Raton: Lewis publishers, FL.
- Erhagen, B., Öquist, M., Sparrman, T., Haei, M., Ilstedt, U., Hedenström, M., . . . Nilsson, M. B. (2013). Temperature response of litter and soil organic matter decomposition is determined by chemical composition of organic material.

Global Change Biology, 9(11).

Fuentes, J. D., & Barr, J. G. (2015). Mangrove forests and carbon and water cycling.

Agricultural and Forest Meteorology, 213, 263-265.

doi:10.1016/j.agrformet.2015.08.243

Guo, L. B., & Gifford, R. M. (2002). Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology*, 8, 345–360.

Hassan, W., David, J., & Abbas, F. (2014). Effect of type and quality of two contrasting plant residues on CO₂ emission potential of Ultisol soil: Implications for indirect influence of temperature and moisture. *Catena*, 114, 90-96.

doi:10.1016/j.catena.2013.11.001

Hazeltion, P. A., & Murphy, B. W. (2007). *INTERPRETING SOIL TEST RESULTS*. Australia:

CSIRO PUBLISHING

Juma, N. G. (2001). *The Pedosphere and Its Dynamics: A Systems Approach to Soil Science*. Canada.: Salman Productions Inc.

Kida, M., Tomotsune, M., Imura, Y., Kinjo, K., Ohtsuka, T., & Fujitake, N. (2017). High salinity leads to accumulation of soil organic carbon in mangrove soil.

Chemosphere, 177, 51-55. doi:10.1016/j.chemosphere.2017.02.074

Kirschbaum, M. U. F. (2000). Will changes in soil organic carbon act as a positive or negative feedback on global warming? *Biogeochemistry*, 48(1), 21-51.

doi:10.1023/a:1006238902976

Lewis, M., Pryor, R., & Wilking, L. (2011). Fate and effects of anthropogenic chemicals in mangrove ecosystems: A review. *Environmental Pollution*, 159(10), 2328-2346.

Li, T., & Ye, Y. (2014). Dynamics of decomposition and nutrient release of leaf litter in *Kandelia obovata* mangrove forests with different ages in Jiulongjiang Estuary, China. *Ecological Engineering*, 73, 454-460. doi:10.1016/j.ecoleng.2014.09.102

Liu, H., Ren, H., Hui, D., Wang, W., Liao, B., & Cao, Q. (2014). Carbon stocks and potential carbon storage in the mangrove forests of China. *J Environ Manage*, 133, 86-93.

doi:10.1016/j.jenvman.2013.11.037

Liu, X., Ruecker, A., Song, B., Xing, J., Conner, W. H., & Chow, A. T. (2017). Effects of salinity and wet-dry treatments on C and N dynamics in coastal-forested wetland soils: Implications of sea level rise. *Soil Biology and Biochemistry*, 112,

56-67. doi:10.1016/j.soilbio.2017.04.002

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

doi:10.1016/j.soilbio.2014.04.008

Mangrove for the future Secretariat. (2007). Thailand. Mangrove for the future. Retrieved from <http://www.mangroveforthefuture.org/countries/members/Thailand/>

Mehlich, A. (1984). *Mehlich 3 soil test extractant: A modification of the Mehlich 2 extractant. Communications in Soil Science and Plant Analysis.*

Metson, A. J. (1961). Methods of chemical analysis for soil survey samples. In N. Z. D. o. S. a. I. Research (Ed.), *Soil Bureau Bulletin No. 12* (pp. 168-175). New Zealand: Government Printer: Wellington.

Minnesota, U. o. (2017). Nitrogen cycle. Retrieved from

<https://swroc.cfans.umn.edu/agricultural-programs/soil-science/nitrogen-cycle>

Newey, A. (2006). *Litter carbon turnover with depth.* (Ph.D. Thesis), Australian National University, Canberra,

Peng, S., Piao, S., Wang, T., Sun, J., & Shen, Z. (2009). Temperature sensitivity of soil respiration in different ecosystems in China. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(5), 1008-1014. doi:10.1016/j.soilbio.2008.10.023

Pinet, P. R. (1998). *Invitation to Oceanography:* Jones and Barlett Publishers.

Raich, J. W., Potter, C. S., & Bhagawati, D. (2002). Interannual variability in global soil respiration, 1980–94. *Global Change Biology*, 8(8), 800-812. doi:10.1046/j.1365-2486.2002.00511.x

Raich, J. W., & Schlesinger, W. H. (1992). The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus B*, 44(2), 81-99. doi:10.1034/j.1600-0889.1992.t01-1-00001.x

Reddy, M. (1995). Litter arthropods. In M. Reddy (Ed.), *Soil organisms and litter decomposition in the tropics.* India: Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd.

Rhodes, J. D. (1992). *Recent advances in the methodology for measuring and mapping soil salinity.* . bangkok: Proc. of the International Symposium on Strategies for Utilizing Salt Affected

Lands.

Schimel, D. S., House, J. I., Hibbard, K. A., Bousquet, P., Ciais, P., Peylin, P., . . . Wirth, C. (2001). Recent patterns and mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems. *Nature*, 414, 169-172.

Slim, F., Gwada, P., Kodjo, M., & Hemminga, M. (1996). Biomass and litterfall of *Ceriops tagal* and *Rhizophora mucronata* in the mangrove forest of Gazi Bay, Kenya. *Marine and Freshwater Research*, 47(8), 999-1007.
doi:<https://doi.org/10.1071/MF9960999>

Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N., Tabatabai, M. A., . . . Summer, M. E. (1996). Methods of soil analysis Part 3- Chemical method.

Stockdale, E. A., & Watson, C. A. (2009). Biological indicators of soil quality in organic farming systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 24(4), 308-318.
doi:10.1017/S1742170509990172

Stringer, C. E., Trettin, C. C., Zarnoch, S. J., & Tang, W. (2015). Carbon stocks of mangroves within the Zambezi River Delta, Mozambique. *Forest Ecology and Management*, 354, 139-148. doi:10.1016/j.foreco.2015.06.027

Sun, H., Wang, Q.-x., Liu, N., Li, L., Zhang, C.-g., Liu, Z.-b., & Zhang, Y.-y. (2017). Effects of different leaf litters on the physicochemical properties and bacterial communities in *Panax ginseng*-growing soil. *Applied Soil Ecology*, 111, 17-24.
doi:10.1016/j.apsoil.2016.11.008

The LESA. (2003). ชุดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. ดิน (Soil). Retrieved from http://portal.edu.chula.ac.th/lesa_cd/assets/document/lesa212/8/soil/properties_soil/properties_soil.html

Tian, G., Brussaard, L., & Kang, B. (1995). Plant residue decomposition in the humid tropics influence of chemical composition and soil fauna. In R. M. (Ed.), *Soil organisms and litter decomposition in the tropics*. India: Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd.

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).

- Troeh, F. R., & Thompson, L. M. (2005). *Soils and Soil Fertility* (6 ed.). Iowa: Blackwell Publishing Ltd.
- Twilley, R. R. (1998). Mangrove wetlands. In M. G. M. a. C. W.H. (Ed.), *Southern Forested Wetlands: Ecology and Management*. Florida, USA: CRC Press LLC.
- USGS science for a changing world. Retrieved from <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- 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 in Soil Sci. In D. Gimenez (Ed.).
- Wu, X., Yao, Z., Brüggemann, N., Shen, Z. Y., Wolf, B., Dannenmann, M., . . . Butterbach-Bahl, K. (2010). Effects of soil moisture and temperature on CO₂ and CH₄ soil-atmosphere exchange of various land use/cover types in a semi-arid grassland in Inner Mongolia, China. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(5), 773-787. doi:10.1016/j.soilbio.2010.01.013
- Xiong, X., Grunwald, S., Myers, D. B., Ross, C. W., Harris, W. G., & Comerford, N. B. (2014). Interaction effects of climate and land use/land cover change on soil organic carbon sequestration. *Sci Total Environ*, 493, 974-982. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.06.088
- กนกเรขา สัจจันท์. (2552). การเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์และธาตุอาหารในดินตะกอนป่าชายเลนที่มีแสมขาวเป็นพันธุ์ไม้เด่น. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.
- กัลยา วัฒนการ. (2550). สถานภาพสารอาหารในอ่าวปากน้ำ จังหวัดนครศรีธรรมราช. Retrieved from จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย:
- กัลยา วัฒนการ, สมภพ รุ่งสุภา, & เติมศักดิ์ จารยะพันธุ์. (2547). การกระจายและสมดุลของสารอาหารบริเวณเอสทูรีแม่น้ำบางปะกง ระยะที่ 1
- คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา. (2541). ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2530). ปฐพีวิทยาเบื้องต้น (Vol. 6). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2548). ปฐพีวิทยาเบื้องต้น (Vol. 10). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จักรวาล วนารักษ์. (ม.ป.ป.). บทบาทของป่าไม้กับโลกร้อน. Retrieved from

<http://www.tratforest.com/prednai/article.php?id=29>

- จิตต์ คงแสงไชย. (2516). สมบัติของดินและพรรณไม้ในแนวเขตต่าง ๆ จากระดับน้ำทะเลของป่าเลน จังหวัดพังงา. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชลิตา ศรีลัดดา. (2547). อิทธิพลของโครงสร้างเรือนยอดต่อการเติบโตและการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติในสวนป่าชายเลน อำเภอบางพลี จังหวัดนครศรีธรรมราช. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
- ชินวัฒน์ พวงยอด. (2549). ผลกระทบจากการทำนาแก่งต่อคุณสมบัติดิน และสังคมพืชป่าชายเลนบริเวณอำเภอสวี จังหวัดชุมพร. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์. (2543). ภูมิศาสตร์และสภาวะแวดล้อมโลก. เชียงราย: คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.
- ฐานข้อมูลความรู้ทางทะเล. (2553). ป่าชายเลนในประเทศไทย. Retrieved from <http://www.mkh.in.th/index.php/2010-03-22-18-04-43/2010-03-25-13-46-26>
- ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในโครงการ. (2556). เขตป่าชายเลนตามมติคณะรัฐมนตรี ปี พ.ศ.2530. Retrieved from <https://sites.google.com/site/protectworld112/home/kar-xnuraks- laea-kar-funfu-pa-chay-len>
- ฐานันท์ ประทุมมิตร. (2545). การสะสมคาร์บอนของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาแก่งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช. (วิทยานิพนธ์ปริญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
- ณัฐกิตติ์ ไต่อ่อน, ณัฐฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์, ธัญญารัตน์ ตาธวัช, ณัฐจิรา จ้างวาม, & จุฑิตาภัทร ธรรมพร. (2553). การใช้หอยสีแดง *Ovassiminea brevicula* เป็นดัชนีการฟื้นตัวของป่าชายเลนปลูกทดแทนบริเวณป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร. Paper presented at the การสัมมนาป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 14 "ชุมชนเข้มแข็ง ป้องกันภัยพิบัติ ชจัดโลกร้อน", โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น.
- ณิชากัทร์ ดวงทิพย์. (2558). การกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าปกปกอนุรักษ์พันธุ์กรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ) บริเวณเขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์. (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี), มหาวิทยาลัยนเรศวร,
- ณัฐฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์, บุศริน บางแก้ว, สุรพล ชุณหบัณฑิต, ขนตดี มลิินทางกูร, อานุกาพ พานิชผล, ศิริวรรณ ศิริบุญ, . . . เติมศักดิ์ จารยะพันธุ์. (2547). โครงการสร้างเสริมความร่วมมือจากชาวประมงในการอนุรักษ์ทรัพยากรชายฝั่ง : นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง.
- ณัฐฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์, ศิริวรรณ ศิริบุญ, สุริยพันธ์ สาระมูล, อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์, & อิชฌมิกา ศิ

- วายุพราหมณ์. (2549). สถานภาพและแนวทางการจัดการทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนในฝั่งตะวันตก (พิมพ์ครั้งที่ 1 ed.). กรุงเทพฯ: หจก.ประสุขชัยการพิมพ์.
- ดาวรุ่ง ทับทิม, & ทนวงศ์ แสงเทียน. (ม.ป.ป.). โครงสร้างคาร์บอนและไนโตรเจนสะสมของป่าชายเลนบริเวณอ่าวเมืองตราด. Retrieved from <http://www.dmcr.go.th/pdf/c2.pdf>
- ดำรง โลหะลักษณะเดช, วิกิจ ผินรับ, ทศนาภา ว่องสนั่นศิลป์, & สมพร รุ่งกำเนิดวงศ์. (2553). การศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง. Paper presented at the การสัมมนาป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 14 "ชุมชนเข้มแข็ง ป้องกันภัยพิบัติ ขจัดโลกร้อน", โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น.
- เดชา ดวงนามล, วสนัด จันทร์แดง, & เจษฎา วงศ์พรหม. (2554). การร่วนหล่นและปริมาณสารอาหารของซากพืชป่าชายเลนคลองกา พวน จังหวัดระนอง.
- นงคราญ กาญจนประเสริฐ. (2529). การศึกษาลักษณะวินิจฉัยที่สำคัญในการพัฒนาการของดิน และศักยภาพของดินอันดับอัลฟีโซลส์และอินเซปติโซลส์ บริเวณลุ่มแม่น้ำกลอง. (วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นรรัตน์ พัฒนสิงห์. (2555). ผลผลิตมวลชีวภาพ ปริมาณการร่วนหล่นและการสลายตัวของซากพืชในป่าชายเลนชุมชนบ้านเป็ดใน จังหวัดตราด. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นวลศรี กาญจนกุล, สุวรรณีย์ ภูธรราช, & ชนิษฐศรี ฮุ่นตระกูล. (2543). ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน. กองวิเคราะห์ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน.
- พรกมล สิงห์คำ. (2550). ความตกไข่ อัตราการฟัก อัตราการรอด และการเจริญเติบโตของปูแสมก้ามขาว (*Episesarma versicolor* Tweedie) บริเวณพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. In ประมวลผลงานวิจัย การสัมมนาป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 14 "ชุมชนเข้มแข็ง ป้องกันภัยพิบัติ ขจัดโลกร้อน". กรุงเทพฯ: บริษัท แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น จำกัด.
- พูลศรี วันธงไชย, วรวิมล พิทักษ์สันติกุล, นวพร สุญาณเศรษฐกร, & ปวีณา เชื้อผู้ดี. (2556). คู่มือความรู้เรื่อง ป่าชายเลน (5 ed.): บริษัท พลอยมีเดีย จำกัด.
- ภัทรารุช ศรีโพธิ์, สมณมิตร พุกงาม, ประเดิมชัย แสงคุ้มชัย, & พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์. (2554). ประสิทธิภาพของแฝกในการป้องกันการสูญเสียดินและกักเก็บคาร์บอนในดิน. Paper presented at the การประชุมทางวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัย "มธ. วิจัยประจำปี 2554".
- มนต์สรวง เรื่องขนานบ, ระวี เจียรวิภา, อุตร เจริญแสง, Li, H. L., & Han, Z. H. (2557). การประเมินมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในสวนส้ม. แก่นเกษตร, 42(ฉบับพิเศษ 2), 345-353.

- ระวี เจริญวิภา, สุรชาติ เพชรแก้ว, มนตรี แก้วดวง, & วิทยา พรหมมี. (2555). การประเมินการเก็บกักคาร์บอนและรายได้จากการชดเชยคาร์บอนในสวนยางพารา. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 17(2), 91-102.
- ลดาวัลย์ พวงจิตร, มณฑล จำเริญพุกษ์, ออ พรานไชย, ระวี ถาวร, & วสันต์ จันทร์แดง. (2558). การฟื้นฟูป่าชายเลนบ้านเปรี๊ดไโนโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน เพื่อสนับสนุนกลไกคาร์บอนเครดิตภาคป่าไม้. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
- วงแห ยูติธรรม. (2547). ชนิด ปริมาณ และการกระจายของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ บริเวณหาดเลน จดตำบลบางขุนไทร อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย), มหาวิทยาลัยศิลปากร,
- วรรณัท สกัณฑ์, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, ศุภิมา ธนะจิตต์, เอ็บ เขียวรัตน์, & ทักษิณ อาชวาคม. (2555). ลักษณะดินภายใต้สภาพป่าต่างชนิดบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกกราช. แก่นเกษตร, 40, 7-18.
- วรรณชัย วรรณสิงห์. (2558). การกักเก็บคาร์บอนในดินเค็มในลุ่มน้ำชีตอนกลาง จังหวัดมหาสารคาม. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า (*King Mongkuts Agricultural Journal*), 1(34).
- วสันต์ จันทร์แดง, ลดาวัลย์ พวงจิตร, & สาพิศ ดิลกสัมพันธ. (2553). การกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัส ณ สวนป่านัญญาคีรี จังหวัดขอนแก่น วารสารวนศาสตร์, 29(3), 36-44.
- วัชรวิมล ประเสริฐวรากุล. (2560). ผลกระทบจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งในพื้นที่ป่าชายเลน. มหาวิทยาลัยศิลปากร,
- วันวิภา วิชิตวรคุณ. (2544). สัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
- วานิชยา นิลวิเชียร, ยงยุทธ ไตรสุรัตน์, & สุวิทย์ แสงทองพราว. (2554). การกระจายและความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ตามระดับความเค็มของดินในป่าชายเลน จังหวัดตราด.
- วานิชยา นิลวิเชียร, ยงยุทธ ไตรสุรัตน์, & สุวิทย์ แสงทองพราว. (2554). การกระจายและความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ตามระดับความเค็มของดินในป่าชายเลน จังหวัดตราด. Paper presented at the การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
- วิสุจน์ จินดา และคณะ. (2525). รายงานการสำรวจดิน จังหวัดสมุทรสงคราม. กองสำรวจดิน, กรมพัฒนาที่ดิน.
- ศศิธร พ่วงปาน, สนิท อักษรแก้ว, & Komiyama, A. (2554). ป่าชายเลนกับความโดดเด่นของการเป็นแหล่งเก็บกักคาร์บอนจากบรรยากาศ:การศึกษาผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิ. สำนักงาน

- คณะกรรมการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- ศูนย์วิจัยป่าไม้. (2553). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการการจําแนกเขต การใช้ประโยชน์ที่ดินป่าชายเลน พ.ศ.2552. กรุงเทพฯ: คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชมาพร สรรพอร่ามเดช. (2545). การย่อยสลายและรากลุ่มที่ย่อยเซลลูโลสจากใบโกงกางใบเล็กและ ถั่วขาวในป่าชายเลน ที่อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.]. (2555). ดินในป่าชายเลน. Retrieved from http://fieldtrip.ipst.ac.th/intro_sub_content.php?content_id=24&content_folder_id=318
- สนธิ อักษรแก้ว. (2532). ป่าชายเลน นิเวศและการจัดการ. กรุงเทพฯ: คอมพิวเตอร์แอดเวอร์ไทซิงค์.
- สนธิ อักษรแก้ว. (2542). ป่าชายเลนนิเวศวิทยาและการจัดการ (พิมพ์ครั้งที่ 3 ed.). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สนธิ อักษรแก้ว. (2547). การจัดการสวนป่าชายเลนแบบผสมผสานเพื่อการพัฒนาทรัพยากรและ สิ่งแวดล้อมบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ประชุมวิชาการพิมพ์.
- สาพิศ ดิลกสัมพันธ์. (2550). สถานภาพในการกักเก็บคาร์บอนของป่าชายเลนในประเทศไทย. Paper presented at the การสัมมนาป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 14, บริษัท แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น จำกัด.
- สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดสมุทรสาคร. (2557). ป่าชายเลน. จดหมายข่าว รักษ์สิ่งแวดล้อม, 2(10).
- สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2553). ป่าชายเลนและการกักเก็บมลพิษริมฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนบน (พิมพ์ครั้งที่ 1 ed.). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2556). คู่มือความรู้ป่าชายเลน (พิมพ์ครั้งที่ 5 ed.): บริษัท พลอยมีเดีย จำกัด.
- สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (ม.ป.ป.). ดินป่าชายเลนในประเทศไทย (พิมพ์ครั้งที่ 2 ed.). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- สิริกานดา วัชรวิทย์. (2551). การศึกษาสมมูลคาร์บอนและการกักเก็บคาร์บอนในดินของสบู่ดำที่ปลูกในดินเหนียวและดินร่วนปนทราย. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุธาทิพย์ อำนวนสิน, ชนิตา ปาลิยะวุฒิ, ศศิธร พ่วงปาน, & ทนุวงศ์ แสงเทียน. (2553). การสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata Poir.*) ที่มีอายุต่างกันที่อำเภอทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพร. Paper presented at the การสัมมนาปาชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 14 "ชุมชนเข้มแข็ง ป้องกันภัยพิบัติ ขจัดโลกร้อน", โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น.

สุพรรณษา เครือจันทร์. (2554). ปริมาณและคุณภาพของสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในสังคมพืชป่าชายเลนที่มีผสมขาวเป็นพันธุ์ไม้เด่น. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 19(1), 27-37.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2554). คู่มือศักยภาพของพรรณไม้สำหรับส่งเสริมภายใต้โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้ (พิมพ์ครั้งที่ 1 ed.). กรุงเทพฯ: อักษรสยามการพิมพ์.

อรรรรณ ฉัตรสีรุ่ง. (2551). ความอุดมสมบูรณ์ของดิน: ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	วราพร บุญประเสริฐ
วัน เดือน ปี เกิด	11 พฤศจิกายน 2535
สถานที่เกิด	ราชบุรี
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2558 ศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร พ.ศ.2558 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (เกียรตินิยมอันดับสอง) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ที่อยู่ปัจจุบัน	99/15 หมู่ 5 ตำบลปากน้ำปราณ อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 77220

