

โครงการ

การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ	อัตราการรอดตายและการเติบโตของกล้าไม้ป่าชายเลนในแปลงปลูกแบบผสมชนิด บนหาดเลนงอกใหม่ สถานตากอากาศบางปู จังหวัดสมุทรปราการ Survival and growth rates of mangrove seedlings in mixed species plantations on new mudflat, Bang Pu recreation area, Samut Prakarn Province		
ชื่อนิสิต	นายอุสมาน นิลสอาด	เลขประจำตัวนิต	6032159123
ภาควิชา	พฤกษศาสตร์		
ปีการศึกษา	2563		

อัตราารรอดตายและการเติบโตของกล้าไม้ป่าชายเลนในแปลงปลูกแบบผสมชนิด
บนหาดเลนงอกใหม่ สถานตากอากาศบางปู จังหวัดสมุทรปราการ

นายอุสมาน นิลสอาด
6032159123

โครงการวิทยาศาสตร์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563

Survival and growth rates of mangrove seedlings in mixed species plantations
on new mudflat, Bang Pu recreation area, Samut Prakarn Province

Mr.Ussman Nilsa-ad
6032159123

A senior project submitted in partial fulfillment of the requirement for
the degree of Bachelor of Science
Botany program, Department of Botany
Faculty of Science, Chulalongkorn University
Academic Year 2020

ชื่อโครงการวิทยาศาสตร์ (ภาษาไทย)	อัตราการรอดตายและการเติบโตของกล้าไม้ป่าชายเลนในแปลงปลูกแบบผสมชนิดบนหาดเลนงอกใหม่
ชื่อโครงการวิทยาศาสตร์ (ภาษาอังกฤษ)	Survival and growth rates of mangrove seedlings in mixed species plantations on new mud flat, Bang Pu recreation area, Samut Prakarn Province
ชื่อนิสิต	อุสมาน นิลสอาด
ภาควิชา	พฤกษศาสตร์
สาขาวิชา	พฤกษศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร พ่วงปาน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร.ฉัตรทิพย์ รอดทัศนาศนา
ปีการศึกษา	2563

ภาควิชาพฤกษศาสตร์อนุมัติให้โครงการวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาพฤกษศาสตร์

ศศิธร พ่วงปาน
..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร พ่วงปาน)

ฉัตรทิพย์ รอดทัศนาศนา
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร.ฉัตรทิพย์ รอดทัศนาศนา)

ดร.มานิต คีตอยู่
..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.มานิต คีตอยู่)

ลิขสิทธิ์ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	อัตราการรอดตายและการเติบโตของกล้าไม้ป่าชายเลนในแปลงปลูกแบบผสมชนิดบนหาดเลนงอกใหม่ สถานตากอากาศบางปู จังหวัดสมุทรปราการ
ชื่อนิสิต	นายอุสมาน นิลสอาด
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร พ่วงปาน
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม	อาจารย์ ดร.ฉัตรทิพย์ รอดทัศนาศนา
ภาควิชา	พฤกษศาสตร์
สาขาวิชา	พฤกษศาสตร์
ปีการศึกษา	2563

บทคัดย่อ

ปัจจุบันป่าชายเลนมีพื้นที่ลดลง การปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนจึงมีความสำคัญและได้รับความสนใจมากขึ้น แต่การปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนโดยทั่วไปนั้นไม่ประสบผลสำเร็จเนื่องจากกล้าไม้มีอัตราการรอดตายต่ำ การศึกษานี้ได้ทำการศึกษาอัตราการรอดตายและการเติบโตของกล้าไม้ป่าชายเลนที่ใช้ในการปลูกฟื้นฟู จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) โกงกางใบเล็ก (*R. apiculata*) แสมขาว (*Avicennia alba*) และลำพู (*Sonneratia caseolaris*) จากแปลงปลูกแบบผสมชนิด (Mix1 และ Mix2) เทียบกับแปลงปลูกโกงกางชนิดเดียว (R1) บนหาดเลนงอกใหม่ ณ สถานตากอากาศบางปู จังหวัดสมุทรปราการ พบว่า อัตราการรอดตายของกล้าไม้ทั้งหมดในแปลงปลูกกล้าไม้แบบผสมชนิดสูงกว่าในแปลงปลูกกล้าไม้โกงกางเพียงชนิดเดียว (R1) โดยที่อัตราการรอดตายเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการศึกษา (6 เดือน) มีค่าเท่ากับ 60.4%, 93.9% และ 100% สำหรับแปลง R1, Mix1 และ Mix2 ตามลำดับ ความสูงเฉลี่ยของกล้าไม้แสมขาวในแปลง Mix1 และ Mix2 มีค่าสูงกว่าในแปลง R1 ผลการศึกษาความหนาแน่นของดินพบว่าบริเวณหาดเลนโคล่ (Mudflat) ที่ไม่มีการปลูกกล้าไม้และในแปลง R1 มีความหนาแน่นของดินน้อยกว่าในแปลงปลูกแบบผสมชนิดทั้ง 2 แปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สัดส่วนการกระจายตัวของอนุภาคทรายแป้งและดินเหนียวมีความแตกต่างระหว่างช่วงก่อนและสิ้นสุดการศึกษา โดยในแปลง Mix2 เท่านั้นที่มีลักษณะเนื้อดินเปลี่ยนแปลงจากดินร่วนปนตะกอนเป็นดินตะกอนซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของระดับความสูงของพื้นที่ กล่าวคือในแปลง R1, Mix1 และ Mix2 มีระดับความสูงของพื้นที่เพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากเกิดการทับถมของตะกอนมากกว่าบริเวณหาดเลนโคล่ จากผลการศึกษาี้แสดงให้เห็นว่าการปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนโดยใช้วิธีการปลูกกล้าไม้แบบผสมชนิดโดยมีต้นแสมขาวรวมอยู่ด้วยนั้นส่งผลดีต่ออัตราการรอดตายและการเติบโตของกล้าไม้มากกว่าการปลูกใช้ต้นโกงกางเพียงชนิดเดียว เนื่องจากต้นแสมขาวมีคุณลักษณะในการเป็นพืชเบิกนำที่ยึดครองพื้นที่โคล่ได้ดีและมีอัตราการเติบโตเร็ว อีกทั้งยังส่งผลเชิงบวกต่อลักษณะทางกายภาพของดินในบริเวณแปลงปลูกอีกด้วย

คำสำคัญ: การปลูกฟื้นฟูป่าชายเลน, กล้าไม้ป่าชายเลน, อัตราการรอดตาย

Title	Survival and growth rates of mangrove seedlings in mixed species plantations on new mudflat, Bang Pu recreation area, Samut Prakarn Province
Student name	Mr.Ussman Nilsa-ard
Senior project advisor	Assoc. Prof. Dr. Sasitorn Pongparn
Senior project co-advisor	Dr. Chadtip Rodtassana
Program	Botany
Department	Botany
Academic year	2020

Abstract

Currently, the mangrove forest area has been depleted. Mangrove rehabilitation becomes an important issue. However, most mangrove rehabilitation failed to achieve the goals due to the low survival rates of mangrove seedlings. This study investigated the survival and growth rates of four species of mangrove seedlings including *Rhizophora mucronata*, *R. apiculata*, *Avicennia alba*, and *Sonneratia caseolaris* in the mixed-species plantations (Mix1 and Mix2) in comparison with *Rhizophora* plantation (R1) locating on a new mudflat at Bang Pu recreation area, Samut Prakarn Province. The results showed that the survival rates of seedlings in the mixed-species plantations (Mix1 and Mix2) were higher than that of *Rhizophora* plantation (R1). The survival rates at the end of the study (6 months) were 60.4%, 93.9% and 100%, and for R1, Mix1 and Mix2, respectively. The seedling density that gave high survival rate in R1 plot was larger than that of Mix1 and Mix2 plot. The height of *A. alba* seedlings in Mix1 and Mix2 plots was higher than that of R1 plot. The soil bulk density of the mudflat and R1 plots was significantly higher than that of Mix1 and Mix2 plots. Furthermore, the soil particle distribution showed differences in silt and clay particles between the beginning and the end of this study. While the soil texture in the Mix2 plot changed from silt loam to silt. The increasing elevation in the plantation plots (R1, Mix1, and Mix2) was greater than that of the mudflat. In a conclusion, mangrove rehabilitation by the mixed-species plantation consisting of *A. alba* tended to increase the survival and growth rates of mangrove seedlings compared to pure *Rhizophora* plantation according to that *A. alba* is a fast-growing pioneer species growing well on the mudflat. It also had a positive effect on the physical characteristics of the soil in the plantations.

Keywords: mangrove rehabilitation, mangrove seedling, survival rate

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิทยาศาสตร์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยความกรุณาของผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร พ่วงปาน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ และอาจารย์ ดร.ฉัตรทิพย์ รอดทัศนาก อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ร่วม ที่ให้ข้อคิดเห็น คำปรึกษาต่าง ๆ การสนับสนุนการดำเนินงานอย่างดี ตลอดจนการแก้ไขและตรวจทานโครงการวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์จนสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมาย

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.มานิต คิโดอยู่ กรรมการสอบโครงการวิทยาศาสตร์ที่กรุณาเสียสละเวลาในการตรวจสอบและแก้ไขโครงการวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ บริษัท ไทโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด ที่สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณโครงการเรียนการสอนเพื่อประสบการณ์ของคนะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยพฤกษนิเวศวิทยา ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเพื่อเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในภาคสนามและการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และสมาชิกห้องปฏิบัติการที่ให้การช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม ตลอดจนการดำเนินงานด้านต่าง ๆ

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ตลอดระยะเวลา 4 ปี ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ฉบับนี้และชีวิตประจำวันได้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ที่คอยช่วยเหลืออย่างเต็มที่และเป็นกำลังใจให้กันเสมอมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	จ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสารของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน	13
พื้นที่ศึกษา	14
การศึกษาอัตราการรอดตายและการเติบโตของกล้าไม้	15
การศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพของดิน	
สัดส่วนการกระจายของอนุภาคดิน	16
ระดับความสูงสัมพัทธ์ของพื้นที่	17
ความหนาแน่นรวมของดิน	18
ปริมาณการทับถมของตะกอนดิน	18
บทที่ 4 ผลการศึกษา	
อัตราการรอดตายและการเติบโตของกล้าไม้	19
ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพของดิน	
การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการกระจายของอนุภาคดิน	25
การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นรวมของดิน	26
การเปลี่ยนแปลงระดับความสูงสัมพัทธ์ของพื้นที่	27
ปริมาณการทับถมของตะกอนดิน	29
บทที่ 5 อภิปรายผลการศึกษา	31
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษา	34
เอกสารอ้างอิง	35
ภาคผนวก	38

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การแบ่งเขตพันธุ์ไม้ของพื้นที่ป่าชายเลน (Waycott et al. 2011)	5
2.2 ลักษณะที่แตกต่างกันของต้นโกงกางใบใหญ่และโกงกางใบเล็ก (ก) โกงกางใบใหญ่ (ข) โกงกางใบเล็ก (ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพานิชย์ และคณะ, 2552)	7
2.3 ลักษณะของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ที่ย้ายปลูกลงแปลงปลูกบนพื้นที่หาดเลนงอกใหม่ สถานตากอากาศบางปู จังหวัดสมุทรปราการ	7
2.4 ลักษณะของใบ ดอกและผลของต้นลำพู (ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพานิชย์ และคณะ, 2552)	8
2.5 ลักษณะของผลและเมล็ดของต้นแสมขาวที่มีการเจริญพัฒนาเป็นกล้าไม้ตามลำดับ (ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพานิชย์ และคณะ, 2552)	9
2.6 การศึกษาเกี่ยวกับจำนวนพื้นที่ป่าชายเลนทั่วโลก (ดัดแปลงจาก Giri et al., 2011)	9
2.7 แผนที่การใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าชายเลน ปี พ.ศ. 2561 (ดัดแปลงจาก กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2561)	11
2.8 การปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนบริเวณสถานตากอากาศบางปู จังหวัดสมุทรปราการ	12
3.1 พื้นที่แปลงศึกษาบนหาดเลนงอกใหม่ ณ สถานตากอากาศบางปู (ภาพจาก Google map)	14
3.2 แปลงศึกษาได้แก่ พื้นที่หาดเลนโล่งที่ไม่มีการปลูกพืชป่าชายเลน (mudflat) พื้นที่แปลงปลูก กล้าไม้โกงกางเพียงชนิดเดียว (R1) และพื้นที่แปลงปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนแบบ ผสมชนิด (Mix1, Mix2)	14
3.3 กล้าไม้ไม้ที่ปลูกในแปลงศึกษา (ก.) กล้าไม้ป่าชายเลนถูกปลูกลงแปลงศึกษาโดยผูกไว้กับหลักไม้ไผ่ด้วยเชือกฟาง (ข.) ระยะห่างระหว่างกล้าไม้ไม้ ประมาณ 40 เซนติเมตร	15
3.4 วัดความสูงกล้าไม้ไม้ป่าชายเลนที่ศึกษา	16
3.5 เก็บตัวอย่างดินเพื่อทำการศึกษการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของการกระจาย ของอนุภาคดิน (soil particle distribution).	17
3.6 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงสัมพัทธ์ของพื้นที่ (relative elevation change) (ก) ติดตั้ง stainless steel pins (ข) วัดความสูงของ stainless steel pins	17
4.1.1 อัตราการรอดตายเฉลี่ยของกล้าไม้รวมทุกชนิดในแปลงปลูก R1, Mix1 และ Mix2	20
4.1.2 อัตราการรอดตายเฉลี่ยของกล้าไม้รวมทุกชนิดในแปลงปลูก R1, Mix1 และ Mix2 ตลอดการศึกษา (เดือนกันยายน 2563 ถึงมีนาคม 2564)	20
4.1.3 ความหนาแน่นของกล้าไม้ทั้งหมดและอัตราการรอดตายของกล้าไม้แต่ละชนิดในแปลงปลูก R1, Mix1 และ Mix2	21

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
4.1.4 ร้อยละของกล้าไม้แต่ละชนิดในแปลงศึกษา ระหว่างเดือนกันยายน 2563 ถึงมีนาคม 2564	22
4.2.1 สัดส่วนของการกระจายของอนุภาคดิน (soil particle distribution)	25
4.2.2 อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงเฉลี่ยของพื้นที่ (เซนติเมตรต่อเดือน)	28
4.2.3 ค่าเฉลี่ยของปริมาณการทับถมตะกอนดินระหว่างเดือนธันวาคม 2563 ถึงมีนาคม 2564	29
4.2.4 ปริมาณการทับถมของตะกอนดินในแปลงศึกษาต่างๆ ระหว่างเดือนธันวาคม 2563 ถึงมีนาคม 2564	30
4.2.5 ปริมาณการทับถมของตะกอนดินต่อหน่วยพื้นที่ (sediment flux) ในแปลงศึกษาต่างๆ ระหว่างเดือนธันวาคม 2563 ถึงมีนาคม 2564	30

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
4.1.1	จำนวนของกล้าไม้แต่ละชนิดในแปลงปลูกกล้าไม้โกงกางเพียงชนิดเดียว (R1) แปลงปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนแบบผสมชนิด แปลงที่1 (Mix1) และแปลงปลูกกล้าไม้ ป่าชายเลนแบบผสมชนิด แปลงที่2 (Mix2) ระหว่างเดือนกันยายน 2563 ถึงมีนาคม 2564	19
4.1.2	ความสูงส่วนเหนือดินทั้งหมดเฉลี่ย (\pm SD) ของกล้าไม้โกงกางในแปลงปลูกต่างๆ	23
4.1.3	จำนวนใบเฉลี่ย (\pm SD) ของกล้าไม้โกงกางในแปลงปลูกต่างๆ	24
4.1.4	ความสูงลำต้นเฉลี่ย (\pm SD) ของกล้าไม้แสมขาวและลำพูในแปลงปลูกต่างๆ	24
4.2.1	การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นรวมของดิน (soil bulk density)	26

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ระบบนิเวศป่าชายเลนมีความสำคัญต่อพื้นที่ชายฝั่งเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน เนื่องจากระบบนิเวศนี้เป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำ สามารถดักจับตะกอนที่ไหลมาตามแม่น้ำ (Alongi et al., 2005) มีผลผลิตทางนิเวศวิทยาสูง (Hamilton and Friess, 2018) จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับสังคมสิ่งมีชีวิตบริเวณชายฝั่ง อีกทั้งมีความสามารถในการป้องกันชายฝั่งจากคลื่นลมพายุที่รุนแรง (Mazda, Kobayashi, and Okada, 2005) โดยป่าชายเลนจะช่วยลดความรุนแรงของคลื่นและลมทะเลก่อนถึงแผ่นดิน

อย่างไรก็ตามพืชแต่ละชนิดที่เจริญในป่าชายเลนจำเป็นต้องมีความสามารถในการทนต่อสภาพสิ่งแวดล้อมและลักษณะกายภาพที่มีความจำเพาะของป่าชายเลนได้ (Bernard et al., 2012) เช่น ดินที่อ่อนนุ่มภายใต้สภาวะน้ำท่วมขัง น้ำขุ่นน้ำล้น ความเค็มสูงและมีความผันแปรตามฤดูกาล เป็นต้น ทำให้พืชแต่ละชนิดมีขอบเขตการกระจายในพื้นที่ป่าชายเลนที่แตกต่างกันอันเนื่องมาจากช่วงความทนทานต่อสิ่งแวดล้อมไม่เท่ากัน ส่งผลให้พบโครงสร้างป่าชายเลนแสดงการแบ่งเขตพันธุ์ไม้ (zonation) อย่างชัดเจน (Ellison, 2000)

ในปัจจุบันพบว่าพื้นที่ป่าชายเลนของโลกลดลงถึง 35% ในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา (Valiela et al., 2009) และอาจจะหายไปได้ในที่สุด ในกรณีที่การเปลี่ยนแปลงสถานะภูมิอากาศโลกมีความรุนแรงมากขึ้น (Atwood et al., 2015) การลดลงของพื้นที่ป่าชายเลนนี้จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศชายฝั่ง กล่าวคือ พื้นที่สำหรับอนุบาลสัตว์น้ำลดลง พื้นที่สามารถดักจับตะกอนน้อยลง รวมไปถึงเกิดการกัดเซาะชายฝั่งที่รุนแรงมากขึ้น ดังนั้นการปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนเพื่อทำหน้าที่ทดแทนพื้นที่ป่าชายเลนที่สูญเสียไปไปมักเป็นทางเลือกในการแก้ปัญหาที่กระทำการอย่างกว้างขวางในหลายพื้นที่

การปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนในประเทศไทยนั้นนิยมปลูกพืชสกุลโกงกาง (*Rhizophora* L.) เป็นหลักที่พบได้ในหลายพื้นที่ เช่น จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดระนอง จังหวัดพังงา จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดจันทบุรี และ จังหวัดตราด เป็นต้น ผลจากการปลูก พบว่า แปลงปลูกที่มีอายุ 1 ปี กล้าไม้โกงกาง มีความสูงเพิ่มถึง 40-80 เซนติเมตร และเมื่อเข้าปีที่ 2 จึงจะมีการพัฒนารากค้ำยัน (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2552) การปลูกทดลองปลูกโกงกางที่อ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี พบว่ามีอัตราการรอดตาย 79% (วิพัทธ์จินตนา เชิดศักดิ์ ลีวลักษณ์นิยานาวิน และอาภิระ โคมิยามา 2538) หากแต่การปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่รายงานโดย Laulikitnont (2014) พบว่ากล้าไม้โกงกางมีอัตราการรอดเพียง 30% ในขณะที่กล้าไม้แซมมีอัตราการรอดสูงกว่า 80% ซึ่งแนวโน้มของอัตราการรอดตายนี้สอดคล้องกับลักษณะพรรณไม้ที่พบการกระจายอยู่ในแต่ละเขตพันธุ์ไม้ตามธรรมชาติ อีกทั้งยังขึ้นกับลักษณะเฉพาะกับพื้นที่นั้นด้วย เช่น แปลงปลูกที่เป็นพื้นที่ชายฝั่งติดทะเลที่ได้รับอิทธิพลโดยตรงจากคลื่นลมทะเลมีอัตราการรอดตายของกล้าไม้สกุลโกงกางต่ำกว่าพื้นที่แปลงปลูกที่เป็นนาุ้งร้างบริเวณถัดขึ้นไปในแผ่นดิน (Laulikitnont, 2014)

นอกจากนี้ Samosorn และคณะ (2018) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะของพื้นที่ป่าอันเนื่องมาจากการเติบโตตามธรรมชาติของป่าแซมขาวหลังแนวรั้วไม้ไผ่บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร และรายงานว่าป่าแซมขาวธรรมชาติมีผลช่วยให้ความสูงสัมพัทธ์ของพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้น และมีสัดส่วนอนุภาคดินเหนียว (clay)

เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับพื้นที่แปลงปลูกต้นโกก้างและพื้นที่หาดเลนว่างเปล่าที่อยู่ใกล้เคียงกัน จากการศึกษาข้างต้น ได้ชี้ให้เห็นว่า การปลูกพืชป่าชายเลนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของพื้นที่เชิงกายภาพโดยเพิ่มเสถียรภาพของพื้นที่ได้ดีขึ้น

บริเวณปากแม่น้ำมีการการพัดพาตะกอนดินจากผืนดินลงสู่ทะเลซึ่งจะทำให้เกิดหาดเลนงอกใหม่ เช่นเดียวกันกับแม่น้ำเจ้าพระยาที่เป็นแม่น้ำสายหลักของประเทศไทย ในช่วงฤดูน้ำหลากจะมีการพัดพาตะกอนดินจากแผ่นดินลงสู่ทะเลอ่าวไทยบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ทำให้เกิดการทับถมของตะกอนซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ในเขตจังหวัดสมุทรปราการ โดยพบว่ามีพื้นที่เลนงอกใหม่ 184.9 ไร่ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2561) สำหรับบริเวณฝั่งตะวันออกของปากแม่น้ำเจ้าพระยานี้เป็นที่ตั้งของป่าชายเลนบริเวณสถานตากอากาศบางปู จังหวัดสมุทรปราการ ปัจจุบันป่าชายเลนบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่ได้รับการฟื้นฟูตามนโยบายของรัฐและเอกชน พบว่า ในปี พ.ศ. 2552 มีพื้นที่ป่าชายเลน 177.27 ไร่ และในปี พ.ศ. 2560 มีป่าชายเลนเพิ่มขึ้นเป็น 933.40 ไร่ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2561) แสดงให้เห็นถึงการให้ความสนใจในการเพิ่มพื้นที่ป่าชายเลนมากขึ้นจากทั้งภาครัฐและเอกชน ดังนั้นการศึกษาเพื่อนำไปสู่ข้อมูลทางวิชาการสำหรับการปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนให้ประสบความสำเร็จจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างยิ่ง

โครงการฯ นี้จึงสนใจศึกษาอัตราการรอดตายและการเติบโตของกล้าไม้ของป่าชายเลน ในแปลงปลูกบนหาดเลนงอกใหม่ โดยการเก็บข้อมูลจากแปลงปลูกที่มีการปลูกโดยภาครัฐ เอกชนและประชาชน ซึ่งแปลงปลูกที่ศึกษานี้มีอายุประมาณ 1 ปี ซึ่งเป็นแปลงปลูกที่มีหลายรูปแบบ เช่น แปลงปลูกโกก้างเพียงชนิดเดียว และแปลงปลูกพืชป่าชายเลนแบบผสมชนิด โดยมีสมมติฐานว่า แปลงปลูกที่มีการปลูกผสมชนิดพืชที่เป็นพันธุ์ไม้เบิกนำจะมีอัตราการรอดตายและเติบโตของกล้าไม้รวมไปถึงสามารถรักษาเสถียรภาพของพื้นที่ได้ดีกว่าแปลงปลูกที่มีต้นโกก้างชนิดเดียว ผลการศึกษาจะทำให้ทราบรูปแบบวิธีการปลูกที่มีประสิทธิภาพเพื่อนำไปใช้ในเป็นแนวทางการปลูกเสริมป่าชายเลนให้เกิดผลสำเร็จสูงสุด นำไปสู่การพัฒนาฟื้นฟูและอนุรักษ์ป่าชายเลนได้อย่างยั่งยืนในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการรอดตายและการเติบโตของกล้าไม้ป่าชายเลนในแปลงปลูกป่าชายเลนแบบผสมชนิดบนหาดเลนงอกใหม่ สถานตากอากาศบางปู จังหวัดสมุทรปราการ
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับความสูงสัมพัทธ์ของพื้นที่ (การกัดเซาะและการทับถมของตะกอน) ของแปลงปลูกป่าชายเลน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบวิธีการปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนบนหาดเลนงอกใหม่ที่ประสิทธิภาพ เพื่อนำไปใช้ในเป็นแนวทางการปลูกเสริมป่าชายเลนบนหาดเลนงอกใหม่ให้เกิดผลสำเร็จสูงสุด

บทที่ 2

การตรวจเอกสารของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญของป่าชายเลน

ด้านนิเวศวิทยาของระบบนิเวศชายฝั่ง

ป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศที่เชื่อมต่อระหว่างระบบนิเวศบกและทะเล จึงทำหน้าที่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน โดยเฉพาะกุ้ง ปู หอย รวมไปถึงปลาทะเลหลายชนิดที่เข้ามาวางไข่ในพื้นที่ป่าชายเลน และเมื่อเจริญเติบโตแข็งแรงจึงออกสู่ทะเล และมีปลาอีกจำนวนหนึ่งที่มีการวางไข่ในทะเล แต่ตัวอ่อนอาศัยในป่าชายเลนเพื่อหลบซ่อนศัตรู นอกจากนี้ป่าชายเลนเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสัตว์น้ำ เพราะมีการสะสมของอินทรีย์วัตถุที่เกิดจากการย่อยสลายของซากพืชหรือเศษใบไม้ร่วง ซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูง (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556)

ด้านนิเวศวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการกักเก็บคาร์บอน

ป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศที่มีผลผลิตสุทธิขั้นปฐมภูมิ (net primary productivity) ที่สูง (Komiyama et al., 2008; Pongpam et al., 2020) เนื่องจากสามารถสะสมมวลชีวภาพในรูปของเนื้อไม้ได้มาก โดยเฉพาะมวลชีวภาพในส่วนของราก (root biomass) ซึ่งมีรายงานว่าสัดส่วนของมวลชีวภาพของส่วนเหนือดินต่อมวลชีวภาพรากของพืชป่าชายเลนนั้นมีค่าใกล้เคียงกับ 1.0 ในขณะที่พืชในป่าบกมักมีค่ามากกว่า 4.0 (Komiyama et al., 2008) จึงเป็นลักษณะที่ชี้ให้เห็นว่าระบบนิเวศป่าชายเลนสามารถเก็บกักคาร์บอนไว้ได้มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบราก

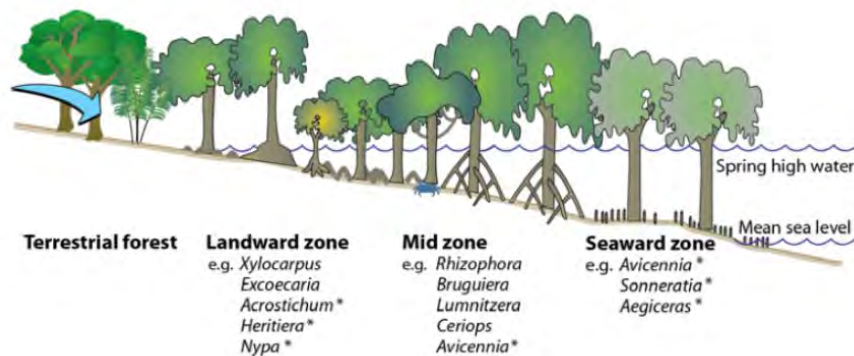
นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยที่กล่าวว่าอัตราการหายใจของดินในป่าชายเลนมีค่าค่อนข้างต่ำ (Pongpam et al., 2009; Tomotsune et al., 2013) และอัตราการย่อยสลายของซากพืชในป่าชายเลนก็มีค่าน้อยอีกด้วย (Suchewaboripont et al., 2012) ซึ่งทั้งกระบวนการหายใจและการย่อยสลายล้วนแต่เป็นกระบวนการปลดปล่อยคาร์บอนจากระบบนิเวศป่าออกเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ ดังนั้นอัตราการหายใจต่ำและการย่อยสลายช้า จึงช่วยชะลอการปลดปล่อยคาร์บอนสู่สิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศป่าชายเลนจึงมีความสำคัญยิ่งในการเป็นแหล่งเก็บกักคาร์บอนที่สำคัญของโลก

2.2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อการกระจายตัวของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน

ป่าชายเลนมีความแตกต่างจากป่าไม้ชนิดอื่น เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากทะเลและปากแม่น้ำ ทำให้ลักษณะของสิ่งแวดล้อมในป่าชายเลนมีความแตกต่าง เช่น ลักษณะของดินที่มีการสะสมของตะกอน ธาตุอาหาร และความเค็ม เนื่องจากปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลง รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและภูมิอากาศ (สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน และรุ่งสุริยา บัวสาลี, 2554) นอกจากนี้ความเค็มของน้ำทะเลที่เข้าท่วมยังส่งผลต่อพืชป่าชายเลนด้วย เช่น การศึกษาเกี่ยวกับการเติบโตของกล้าไม้ป่าชายเลนในระดับความเค็มที่แตกต่างกันของ Kodikara และคณะ (2017) พบว่า กล้าไม้ในระดับความเค็มต่ำ (3-5 psu) มีอัตราการรอดและการเจริญเติบโตดีกว่ากล้าไม้ที่อยู่ในระดับความเค็มสูง (33-35 psu)

ป่าชายเลนถูกแบ่งเป็น 3 เขต ตามลักษณะธรณีสัณฐาน ได้แก่ เขตที่ติดริมแม่น้ำหรือทะเล (seaward zone) ป่าชายเลนเขตที่มีน้ำขึ้นลง (tidal flat) และป่าชายเลนที่ติดแผ่นดิน (landward zone) ความแตกต่างของลักษณะทางธรณีสัณฐานข้างต้นเกี่ยวข้องกับการไหลของน้ำทะเลที่มีการเคลื่อนที่เข้าออกในบริเวณป่าชายเลน ส่งผลให้คุณสมบัติของดินแต่ละบริเวณมีความแตกต่างกันและได้รับอิทธิพลจากทะเลที่ต่างกันด้วย

นอกจากนี้ในป่าชายเลนแต่ละแห่ง มักพบว่าพืชมีการเจริญเติบโตเป็นกลุ่มแบ่งขอบเขตอย่างชัดเจน เรียกว่า การแบ่งเขตพันธุ์ไม้ (zonation) หมายถึง การกระจายของกลุ่มพรรณไม้เด่นที่แตกต่างกันตั้งแต่ชายฝั่งเข้ามาในแผ่นดิน (Fujimoto and Miyagi, 1993; Ellison, 2000) อันเป็นผลจากสภาพภูมิประเทศที่ลาดชันจากแผ่นดินไปยังทะเล ส่งผลต่อความถี่และระดับการท่วมของน้ำ ตลอดจนระดับความเค็มของน้ำในดิน ทั้งนี้ป่าชายเลนบริเวณปากแม่น้ำหรือทะเล (riverward or seaward zones) มักพบแสมขาว (*Avicennia alba*) แสมทะเล (*Avicennia marina*) ลำพู (*Sonneratia caseolaris*) และสามารถพบไม้สกุลโกงกาง (*Rhizophora*) ส่วนป่าชายเลนที่ติดแผ่นดิน (landward zone) นั้นสามารถพบตะบูนขาว (*Xylocarpus granatum*) พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorhiza*) และฝาดดอกแดง (*Lumnitzera littorea*) เป็นต้น (Waycott et al., 2011) ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การแบ่งเขตพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน (Waycott et al., 2011)

2.3 การปรับตัวของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน

ลักษณะของสิ่งแวดล้อมในป่าชายเลนส่งผลต่อการปรับตัวของพันธุ์ไม้ให้มีความสามารถในการทนต่อสภาพแวดล้อมบริเวณชายฝั่งทะเลซึ่งพื้นที่ป่าชายเลนนี้จะได้รับอิทธิพลจากทะเล พืชจึงมีกลไกในการปรับตัวให้สามารถอยู่รอดและเจริญต่อไปได้ เช่น ใบมีส่วนช่วยในการจัดการความเค็มที่เข้าสู่พืชโดยการกำจัดเกลือออกทางใบ เช่นเดียวกับกับรากที่สามารถหลีกเลี่ยงการดูดเกลือได้ อีกทั้งรากยังมีลักษณะพิเศษที่มีส่วนที่ช่วยในการค้ำยันและช่วยในการหายใจอีกด้วย นอกจากนี้ดอกและผลของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนจะติดดอกออกผลตลอดทั้งปี มีลักษณะที่งอกฝักตั้งแต่อยู่บนต้น (viviparous) ในพืชสกุลโกงกาง (*Rhizophora*) พังกาหัวสุม (*Bruguiera* sp.) โปรง (*Ceriops* sp.) ลักษณะนี้เป็นการปรับตัวเพื่อให้กล้าไม้สามารถงอกรากได้เร็วขึ้นเมื่อตกลงสู่พื้นดิน อีกทั้งยังสามารถลอยน้ำได้อีกด้วย (ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพาณิชย์ และคณะ, 2553)

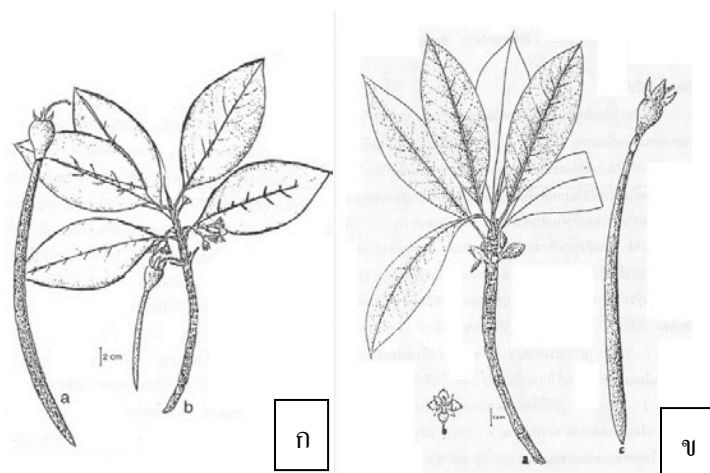
2.4 พันธุ์ไม้เด่นในป่าชายเลน

พันธุ์ไม้ในป่าชายเลนทั่วโลกมีจำนวน 67 ชนิด จาก 27 สกุล ใน 16 วงศ์ และพันธุ์ไม้ป่าชายเลนในประเทศไทยมีจำนวน 40 ชนิด จาก 22 สกุล ใน 14 วงศ์ ส่วนใหญ่จัดอยู่ในวงศ์เหงือกปลาหมอ (Acanthaceae) จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ เหงือกปลาหมอดอกขาว (*Acanthus ebracteatus*) เหงือกปลาหมอดอกม่วง (*A. ilicifolius*) แสมขาว (*Avicennia alba*) แสมดำ (*A. officinalis*) แสมขน (*A. lanata*) และแสมทะเล (*A. marina*) วงศ์โกก่าง (Rhizophoraceae) จำนวน 10 ชนิด ได้แก่ โกก่างใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) โกก่างใบเล็ก (*R. apiculata*) พังกาหัวสุมดอกขาว (*Bruguiera sexangula*) พังกาหัวสุมดอกแดง (*B. gymnorrhiza*) พังกาหัวสุมดอกช่อ (*B. hainessi*) ถั่วขาว (*B. cylindrica*) ถั่วดำ (*B. parviflora*) โปรงขาว (*Ceriops decandra*) โปรงแดง (*C. tagal*) และรังกะแท้ (*Kendelia candel*) และวงศ์ลำพู (Soneratiaceae) จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ลำพู (*Sonneratia caseolaris*) ลำแพน (*S. ovata*) ลำพูทะเล (*S. alba*) ลำแพนหิน (*S. griffithii*) และเทียนทะเล (*Pemphis acidula*) (สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน และรุ่งสุริยา บัวสาลี 2554)

พันธุ์ไม้เด่นที่สามารถพบได้ในป่าชายเลนประเทศไทย มีลักษณะดังนี้

โกก่างใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*)

โกก่างใบใหญ่จัดอยู่ในวงศ์ Rhizophoraceae การกระจายพันธุ์ตามแนวชายฝั่งตั้งแต่แอฟริกา ตะวันออก ประเทศอินเดีย ประเทศศรีลังกา เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และชายฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศออสเตรเลีย รวมไปถึงหมู่เกาะต่าง ๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิก กอก่างใบใหญ่เป็นไม้ต้นขนาด 20-35 เมตร มีรากค้ำยัน (prop root) สูง 2-7 เมตร ใบเดี่ยวเรียงแบบคู่ตรงข้าม (opposite) แต่ละคู่สลับตั้งฉาก แผ่นใบเป็นรูปไข่ มีหูใบบริเวณตายอดสีเขียวอมเหลือง ผลเดี่ยว มีการสร้างฝักตั้งแต่บนต้นมีความยาวประมาณ 30-60 เซนติเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.4-1.9 เซนติเมตร ฝักมีลักษณะยาว ตรงแหลม และใบเลี้ยงสีเขียวอ่อน (ภาพที่ 2.2) (ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพาณิชย์ และคณะ, 2553; สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน และรุ่งสุริยา บัวสาลี, 2554) เมื่อฝักแก่เต็มที่แล้ว ฝักจะหลุดร่วงลงไปปักอยู่บนพื้นดิน หรือลอยไปตามกระแสน้ำแล้วไปเจริญงอกเป็นต้นใหม่ จากลักษณะการกระจายพันธุ์ของฝักโกก่างนี้ทำให้สามารถพบโกก่างได้ในบริเวณใกล้เคียงกับต้นแม่ สำหรับการเพาะชำ นิยมเพาะชำโดยใช้ถุงตาข่ายบรรจุดินและปักฝักโกก่างลงในถุง หลังจากนั้นสามารถนำไปย้ายปลูกต่อไป (ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพาณิชย์ และคณะ, 2552) ดังแสดงในภาพที่ 2.3 ซึ่งรากจะเจริญได้ไม่ค่อนเนื่องจากการถูกจำกัดด้วยขนาดของถุงตาข่าย



ภาพที่ 2.2 ลักษณะที่แตกต่างกันของต้นโกงกางใบใหญ่และโกงกางใบเล็ก

(ก) โกงกางใบใหญ่ (ข) โกงกางใบเล็ก

(ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพาณิชย์ และคณะ, 2552)

โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*)

โกงกางใบเล็ก จัดอยู่ในวงศ์ Rhizophoraceae การกระจายพันธุ์ตามแนวชายฝั่งตั้งแต่ประเทศอินเดีย ประเทศศรีลังกา เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมไปถึงหมู่เกาะต่าง ๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิก และจนถึงประเทศออสเตรเลียตอนบน โกงกางใบเล็กเป็นต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ ประมาณ 20 เมตร บริเวณโคนต้นมีรากค้ำยันรอบลำต้น ใบเดี่ยวเรียงแบบคู่ตรงข้าม (opposite) แต่ละคู่สลับตั้งฉาก แผ่นใบรูปรีหรือขอบขนานก้านแกมรี มีลักษณะคล้ายลิ้ม ขนาดความกว้างใบน้อยกว่าโกงกางใบใหญ่ (*R. mucronata*) ปลายใบมีติ่งแหลม เส้นกลางใบสีแดง ก้านใบอ่อนสีแดง ดอกช่อเกิดรอยต่อระหว่างลำต้นกับก้านใบ กลีบเลี้ยงรูปไข่สีเขียวอมเหลือง กลีบดอก 4 กลีบ ฝักมีลักษณะยาว ส่วนปลายโค้งงอเล็กน้อย และใบเลี้ยงสีเขียวแดง (ภาพที่ 2.2) (ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพาณิชย์ และคณะ, 2553; สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน และรุ่งสุริยา บัวสาลี, 2554) ออกดอกในช่วงเดือนกันยายนถึงมกราคม การเพาะชำกล้าไม้ชนิดนี้มีลักษณะเดียวกันกับการเพาะชำกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ (ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพาณิชย์ และคณะ, 2553)



ภาพที่ 2.3 ลักษณะของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ที่ย้ายปลูกลงแปลงปลูกบนพื้นที่หาดเลนงอกใหม่

สถานตากอากาศบางปู จังหวัดสมุทรปราการ

ลำพู (*Sonneratia caseolaris*)

ลำพู จัดอยู่ในวงศ์ Sonneratiaceae มีการกระจายพันธุ์ตามแนวชายฝั่งตั้งแต่ประเทศศรีลังกา เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตลอดถึงตอนเหนือของประเทศออสเตรเลีย ลำพูเป็นไม้ต้น ขนาด 10-20 เมตร ใบเดี่ยวรูปหอก กิ่งแขนงแตกตามแนวระนาบ ปลายกิ่งห้อยลู่ลง เนื่องจากมีใบอวบน้ำ ดอกเดี่ยวรูปถ้วย ออกตามปลายกิ่ง (ภาพที่ 2.4) ลำต้นมีรอยแตกเป็นร่องลึกตามยาว อีกทั้งรากของต้นลำพูจะมีลักษณะ เรียวแหลมเจริญไปตามผิวดินตื้น รวมไปถึงการเพิ่มจำนวนของรากหายใจ (pneumatophore) อย่าง รวดเร็ว (สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน และรุ่งสุริยา บัวสาลี, 2554) ทำให้สามารถทนต่อสภาพน้ำขังได้ดี และสามารถในการยึดเกาะดินเลนได้ดี มากขึ้นเป็นกลุ่มตามริมชายฝั่งแม่น้ำ (ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพาณิชย์ และคณะ, 2553)

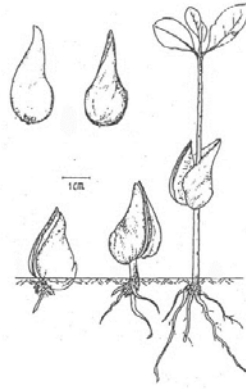


ภาพที่ 2.4 แสดงลักษณะของใบ ดอกและผลของต้นลำพู
(ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพาณิชย์ และคณะ, 2552)

แสมขาว (*Avicennia alba*)

จัดอยู่ในวงศ์ Acanthaceae มีการกระจายพันธุ์ตามแนวชายฝั่งตั้งแต่ประเทศอินเดียจนถึง ประเทศอินโดนีเซีย รวมไปถึงหมู่เกาะต่าง ๆ จนถึงประเทศออสเตรเลียตอนบน แสมขาวเป็นไม้ต้น ขนาด 10-20 เมตร เรือนยอดหนาทึบแผ่กว้างไม่สมมาตร ใบเดี่ยวเรียงสลับตรงข้าม ใบรูปหอก เส้นใบ แบบร่างแหขนนก ผิวใบด้านบนเกลี้ยง แต่ด้านล่างมีขนสั้นสีขาวปกคลุม ดอกช่อ ออกตามปลายกิ่ง (สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน และรุ่งสุริยา บัวสาลี, 2554) ผลแสมขาวจะแก่และร่วงหล่นในระหว่างเดือน มิถุนายนถึงกันยายน ภายในหนึ่งผลของแสมขาวประกอบด้วย 1 เมล็ด (ภาพที่ 2.5) ซึ่งเมล็ดของแสม ขาวมีเส้นใยปกคลุม (สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน และรุ่งสุริยา บัวสาลี, 2554) เส้นใยนี้ทำหน้าที่ยึดเกาะกับ ดินเพื่อไม่ให้เมล็ดลอยไปตามกระแสน้ำจนสามารถเจริญสร้างตายอดรวมไปถึงรากได้ (ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริ พาณิชย์ และคณะ, 2553)

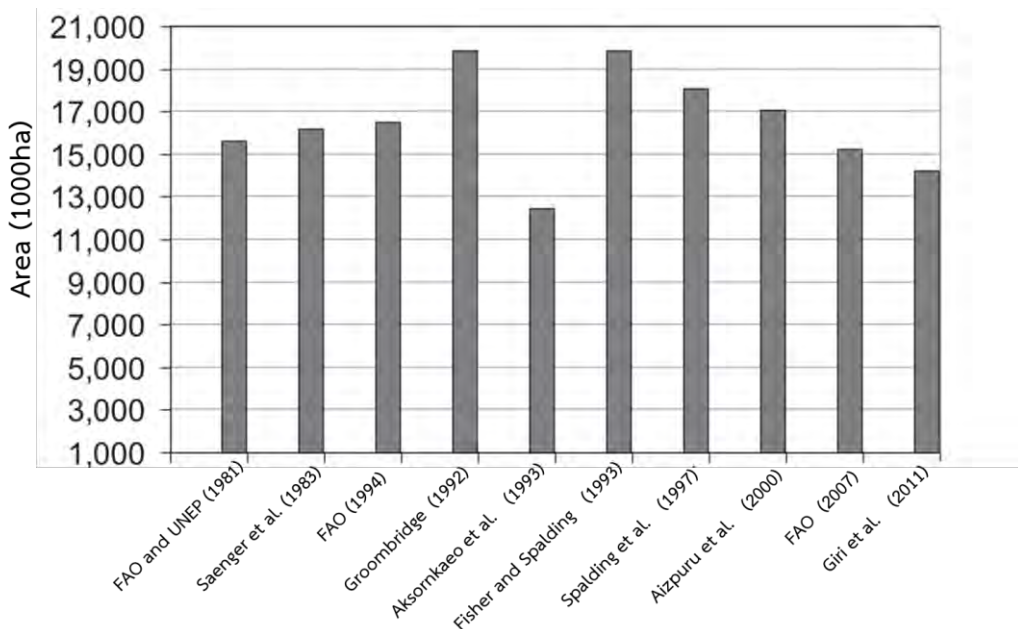
การอนุบาลกล้าไม้ชนิดนี้ทำได้โดยเก็บเมล็ดของแสมขาวนำมาใส่ในกระบะเพาะ ควรรดน้ำให้ ชุ่มอยู่เสมอ สามารถใช้ได้ทั้งน้ำทะเลและน้ำจืด แต่หากใช้น้ำเค็มตามธรรมชาติรดกล้าไม้จะช่วยให้ เจริญเติบโตได้ดี ก่อนนำไปปลูกควรให้กล้าไม้ได้โดนแสงแดดเพิ่มมากขึ้น จะช่วยให้กล้าไม้ปรับตัว แข็งแรงและสามารถตั้งตัวได้ดี (ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพาณิชย์ และคณะ, 2552)



ภาพที่ 2.5 ลักษณะของผลและเมล็ดของต้นแซมขาวที่มีการเจริญพัฒนาเป็นกล้าไม้ตามลำดับ
(ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพาณิชย์ และคณะ, 2552)

2.5 สถานการณ์การลดลงของพื้นที่ป่าชายเลนและการปลูกป่าชายเลนทดแทน

พื้นที่ป่าชายเลนได้รับผลกระทบมากขึ้นจากการบุกรุกและการใช้พื้นที่ทำประโยชน์อื่น ๆ ทำให้พื้นที่ป่าชายเลนทั่วโลกมีความเสื่อมโทรม มีรายงานโดย Giri และคณะ (2011) เกี่ยวกับพื้นที่ป่าชายเลนทั่วโลก โดยทำการเปรียบเทียบการศึกษาของตนและการศึกษาก่อนหน้า ซึ่งประกอบด้วยการศึกษาของ Fisher และ Spalding (1993), Spalding และคณะ (1997), Aizpuru และคณะ (2000) และ FAO (2007) แสดงให้เห็นถึงประมาณพื้นที่ของป่าชายเลนที่มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง (ภาพที่ 2.6) และมีรายงานเพิ่มเติมว่าระหว่างปี ค.ศ. 2007 ถึง ปี ค.ศ. 2011 ป่าชายเลนยังคงลดลงจากเดิมถึง 12%



ภาพที่ 2.6 พื้นที่ป่าชายเลนทั่วโลกที่มีรายงานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1981-2011
(ดัดแปลงจาก Giri et al., 2011)

พื้นที่ป่าชายเลนของประเทศไทยมีความอุดมสมบูรณ์ที่แตกต่างกัน คือ พื้นที่ภาคใต้ฝั่งตะวันตก ในพื้นที่ของจังหวัดระนองที่คงความอุดมสมบูรณ์กว่าพื้นที่อื่น ๆ พื้นที่ภาคใต้ฝั่งตะวันออก ในอดีตพื้นที่นี้เคยเป็นป่า

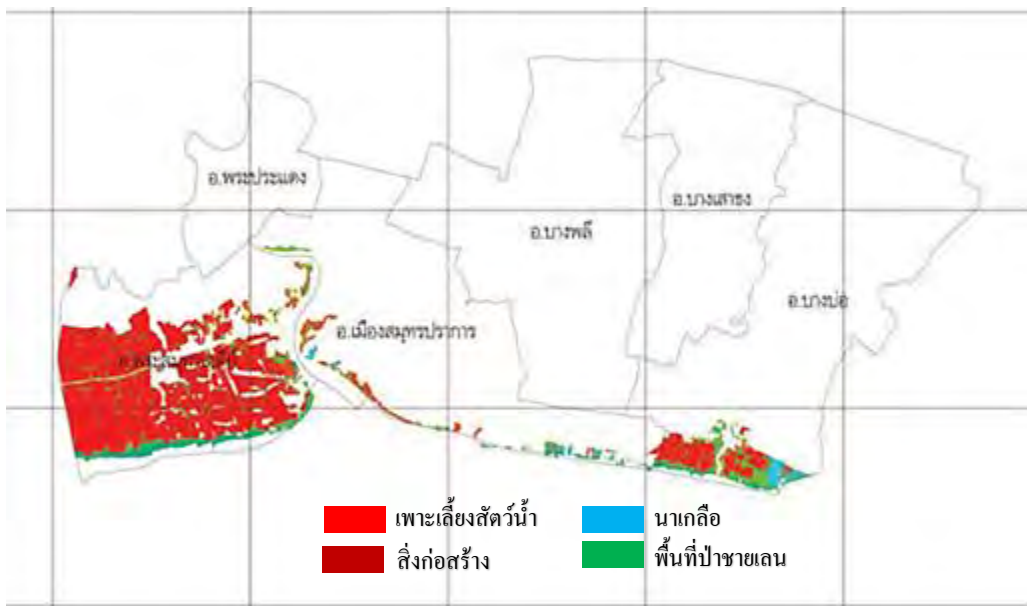
ที่มีความอุดมสมบูรณ์ แต่เสื่อมโทรมลงเมื่อป่าชายเลนถูกเปลี่ยนไปใช้ประโยชน์เพื่อการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง ในปัจจุบันป่าชายเลนได้รับการฟื้นฟูจึงมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น พื้นที่ภาคกลาง มีการทำนาเกลืออย่างมาก รวมไปถึงการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำบริเวณชายฝั่งทำให้พื้นที่ป่าชายเลนเลนเหลือปริมาณน้อย และพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงใต้ป่าชายเลนในปัจจุบันมีสภาพเสื่อมโทรม เนื่องจากมีการตัดไม้และการเปลี่ยนพื้นที่เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ทำให้พื้นที่ป่าชายเลนโดยเฉพาะ จังหวัดจันทบุรีถูกเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่นาเกลือเกือบทั้งหมด (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556)

ช่วงทศวรรษที่ผ่านมาปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งและการปลูกป่าฟื้นฟูป่าชายเลนบนพื้นที่เสื่อมโทรมได้รับความสนใจอย่างมากในประเทศไทย (Niskanen, 1998) ในการปลูกฟื้นฟูป่าชายเลน โดยทั่วไปมีการใช้กล้าไม้จำนวนมากในการปลูก เพื่อเพิ่มอัตราการรอดให้แก่กล้าไม้ (Taylor, Blazier, and Holley, 2007) นอกจากนี้ Lewis, Brown, และ Flynn (2019) เสนอว่าควรเลือกชนิดพืชที่สามารถตั้งตัวได้เองในธรรมชาติสำหรับการปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนเนื่องจากมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม อีกทั้งยังช่วยปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเอื้อให้พืชชนิดอื่นเข้ามาเติบโตได้ต่อไป

แม้จะมีการปลูกป่าชายเลนเพื่อฟื้นฟูพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมที่ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐและเอกชน ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2539 เป็นต้นมา แต่ก็ไม่สามารถทดแทนพื้นที่ป่าชายเลนเดิมที่สูญเสียไปได้ โดยพบว่าในปี พ.ศ. 2556 มีพื้นที่ป่าชายเลนเพิ่มขึ้นเพียง 987 ตารางกิโลเมตร (อุดมศักดิ์ สิริพิชญ์, 2556) ด้วยปัจจัยสิ่งแวดล้อมของระบบนิเวศป่าชายเลนที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของพืช ซึ่งพืชแต่ละชนิดที่ขึ้นในป่าชายเลนก็มีระดับความทนทานต่อสิ่งแวดล้อมไม่เท่ากัน เช่น ความสามารถในการทนทานต่อระดับความเค็มของน้ำในดิน (Alleman and Hester, 2011) ทำให้พันธุ์ไม้แต่ละชนิดปลูกทดแทนนั้นเติบโตได้แตกต่างกันหรืออาจไม่สามารถเติบโตได้เลยในพื้นที่นั้น (Ellison, 2000)

2.6 พื้นที่ป่าชายเลนจังหวัดสมุทรปราการ

ป่าชายเลนในจังหวัดสมุทรปราการมีพื้นที่ทั้งหมด 10,463 ไร่ ในปี พ.ศ. 2560 มีพื้นที่ติดแนวชายฝั่งทะเล 3 เขตอำเภอ คือ อำเภอเมืองสมุทรปราการ อำเภอพระสมุทรเจดีย์ และอำเภอบางบ่อ (ภาพที่ 2.7) แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะพื้นที่ คือ ป่าชายเลนปากแม่น้ำ 2.24 กิโลเมตร และป่าชายเลนชายฝั่งที่มีลักษณะเป็นหาดโคลน 55.16 กิโลเมตร พบพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 6 วงศ์ 8 สกุล 11 ชนิด พันธุ์ไม้ที่พบมากที่สุดและมีความหนาแน่นมากที่สุดคือ คือ แสมขาว (*A. alba*) (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2561)



ภาพที่ 2.7 แผนที่การใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าชายเลนในจังหวัดสมุทรปราการ ปี พ.ศ. 2561 (ดัดแปลงจาก กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2561)

พื้นที่ป่าชายเลนในเขตจังหวัดสมุทรปราการมีการใช้ประโยชน์เพื่อเป็นพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การทำนาเกลือ การทำร้านอาหาร และการขยายตัวของชุมชนบริเวณชายฝั่ง ทำให้เกิดการลดลงของพื้นที่ป่าชายเลนส่งผลต่อความสมบูรณ์ของป่าชายเลนที่ลดลง รวมไปถึงความหลากหลายทางชีวภาพก็ลดลงตามไปด้วย อีกทั้งยังพบปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งในระดับวิกฤต มีระยะทางถึง 28 กิโลเมตร (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2561)

2.7 การปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนบริเวณสถานตากอากาศบางปู จังหวัดสมุทรปราการ

พื้นที่ป่าชายเลนบริเวณสถานตากอากาศบางปูเป็นหนึ่งในพื้นที่ป่าชายเลนเสื่อมโทรมของจังหวัดสมุทรปราการ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2561) ซึ่งปัจจุบันได้รับการปลูกฟื้นฟูอย่างต่อเนื่องโดยบริษัท โตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด ร่วมกับกรมพลธิการทหารบก กองทัพบก และมูลนิธิสิ่งแวดล้อมศึกษาเพื่อความยั่งยืน (ประเทศไทย) ภายใต้โครงการโตโยต้าปลูกป่าชายเลน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 โดยมีวัตถุประสงค์ 3 ประการ คือ (1) เพื่อเฉลิมพระเกียรติในวโรกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษาครบรอบ 72 พรรษา องค์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ พระบรมราชชนนีพันปีหลวง (2) เพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติป่าชายเลน โดยมีเป้าหมาย คือ การอนุรักษ์ป่าดั้งเดิมและเพิ่มพื้นที่ป่าชายเลน

ใหม่ในพื้นที่อ่าวไทยตอนใน และ (3) การใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน โดยมุ่งเน้นการเป็นแหล่งศึกษาระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมที่มอบความรู้ให้แก่นักเรียนและผู้สนใจทั่วไป โดยเฉพาะนักเรียนที่อาศัยอยู่ในเขตจังหวัดสมุทรปราการและพื้นที่ใกล้เคียง

การปลูกฟื้นฟูในพื้นที่นี้ในปัจจุบันมีการสร้างรั้วไม้ไผ่ (bamboo seawall) ล้อมรอบพื้นที่ปลูกฟื้นฟูบริเวณหาดเลนเพื่อเป็นกำแพงลดความรุนแรงของคลื่นลมทะเลในพื้นที่ปลูกฟื้นฟู การปลูกฟื้นฟูนิยมใช้กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ (*R. mucronata*) เป็นกล้าไม้หลักในการปลูกฟื้นฟู โดยการนำกล้าไม้ไม้โกงกางใบใหญ่ที่เพาะในถุงตาข่ายมัดติดกับหลักไม้ไผ่ด้วยเชือกฟาง (ภาพที่ 2.8) ปลูกลงบริเวณหาดเลน อีกทั้งมีการปลูกเสริมทดแทนกล้าไม้ที่ตายลงอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 2.8 การปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนบริเวณสถานตากอากาศบางปู จังหวัดสมุทรปราการ

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินงาน

3.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

3.1.1 วัสดุและอุปกรณ์

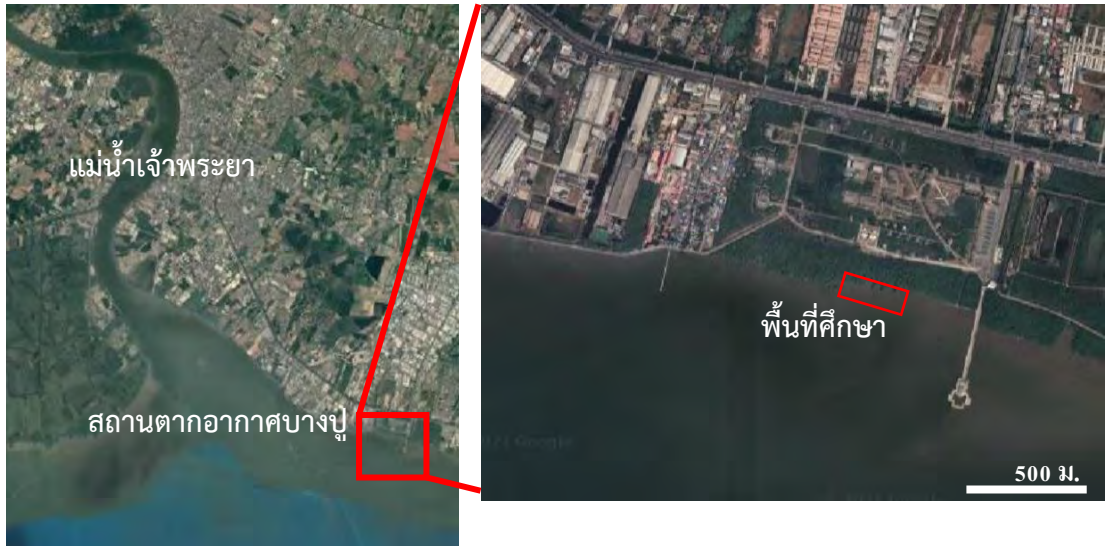
- PVC Soil Core ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.0 เซนติเมตร
- Stainless steel core ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.9 เซนติเมตร, สูง 3.25 เซนติเมตร
- Stainless steel pin ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 เซนติเมตร สูง 1 เมตร
- เครื่องซังดิจิตัล 2 ตำแหน่ง
- Hydrometer
- เครื่องมือวัดระนาบน้ำ
- ไม้บรรทัด
- ค้อน
- เทอร์โมมิเตอร์ดิจิตัล
- กระบอกตรงแก้ว (Sedimentation cylinder)
- เครื่องปั่น
- ตู้อบลมร้อน

3.1.2 สารเคมี

- Sodium hexametaphosphate
- Sodium carbonate
- Amyl alcohol

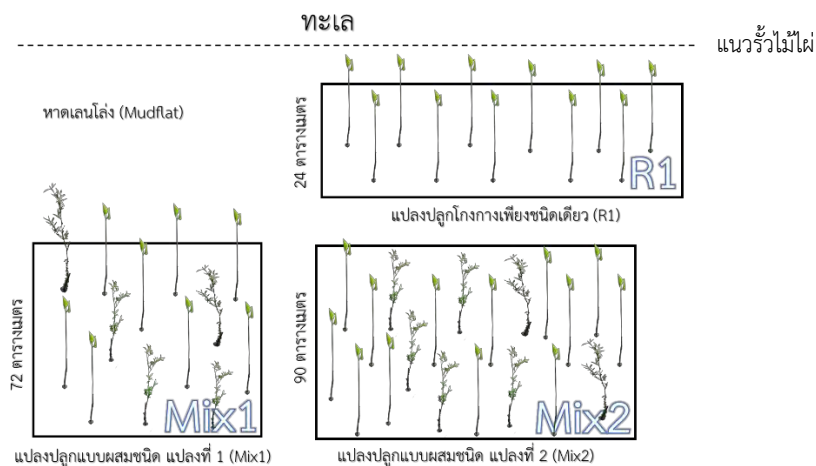
3.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่แปลงปลูกป่าชายเลนบนหาดเลนงอกใหม่ ณ สถานีตากอากาศบางปู ตำบลบางปูใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ ($13^{\circ}30'59''N$, $100^{\circ}39'23''E$) (ภาพที่ 3.1) พื้นที่ศึกษานี้ตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งตะวันออกของปากแม่น้ำเจ้าพระยา



ภาพที่ 3.1 พื้นที่แปลงศึกษาบนหาดเลนงอกใหม่ ณ สถานีตากอากาศบางปู
(ภาพจาก Google map)

กำหนดพื้นที่เพื่อทำการศึกษากล้าไม้ในแปลงปลูกโดยแบ่งเป็น 3 พื้นที่ ขนาด 24 - 72 ตารางเมตร ได้แก่ (1) พื้นที่หาดเลนโล่งที่ไม่มีการปลูกพืชป่าชายเลน (mudflat) จำนวน 1 แปลง (2) พื้นที่แปลงปลูกกล้าไม้โกงกางเพียงชนิดเดียว (R1) จำนวน 1 แปลง ขนาด 24 ตารางเมตร และ (3) พื้นที่แปลงปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนแบบผสมชนิด (Mix1, Mix2) จำนวน 2 แปลง ขนาด 72 ตารางเมตร และ 90 ตารางเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 แปลงศึกษาในบริเวณแปลงปลูกป่าชายเลนบางปู ประกอบด้วยพื้นที่หาดเลนโล่งที่ไม่มีการปลูกกล้าไม้ป่าชายเลน (mudflat) พื้นที่แปลงปลูกกล้าไม้ โกงกางเพียงชนิดเดียว (R1) และพื้นที่แปลงปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนแบบผสมชนิด (Mix1, Mix2)

กล้าไม้ในบริเวณแปลงศึกษาถูกปลูกโดยภาครัฐ เอกชน และประชาชน ภายใต้การดูแลของ บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด กรมพลานิการทหารบก กองทัพบก มูลนิธิสิ่งแวดล้อมศึกษาเพื่อความยั่งยืน (ประเทศไทย) และศูนย์ศึกษารรรมชาติกองทัพบก (บางปู) โดยศูนย์ศึกษารรรมชาติฯ ทำการเพาะกล้าไม้ใส่ถุงตา

ซ้าย จากนั้นนำกล้าไม้ที่มีการแตกใบยอดปลูกในแปลงปลูกพร้อมกับการผูกกับหลักไม้ไผ่ด้วยเชือกฟาง สูงจากพื้นดิน ประมาณ 30 เซนติเมตร (ภาพที่ 3.3ก) โดยการปลูกแต่ละต้นมีระยะห่างระหว่างต้น ประมาณ 40 เซนติเมตร (ภาพที่ 3.3ข)



ภาพที่ 3.3 การปลูกกล้าไม้ในแปลงศึกษา (ก) กล้าไม้ป่าชายเลนถูกปลูกลงแปลงศึกษา โดยผูกไว้กับหลักไม้ไผ่ด้วยเชือกฟาง และ (ข) ระยะห่างระหว่างกล้าไม้ ประมาณ 40 เซนติเมตร

3.3 ศึกษาอัตราการรอดตายและการเติบโตของกล้าไม้

การปลูกป่าชายเลนในพื้นที่นี้พบว่าใช้กล้าไม้ไม้ จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก กล้าไม้แสมขาว และกล้าไม้ลำพู ซึ่งศึกษาอัตราการเติบโต ทุก 2 เดือน เริ่มจากเดือนกันยายน 2563 ถึงเดือนมีนาคม 2564 โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้

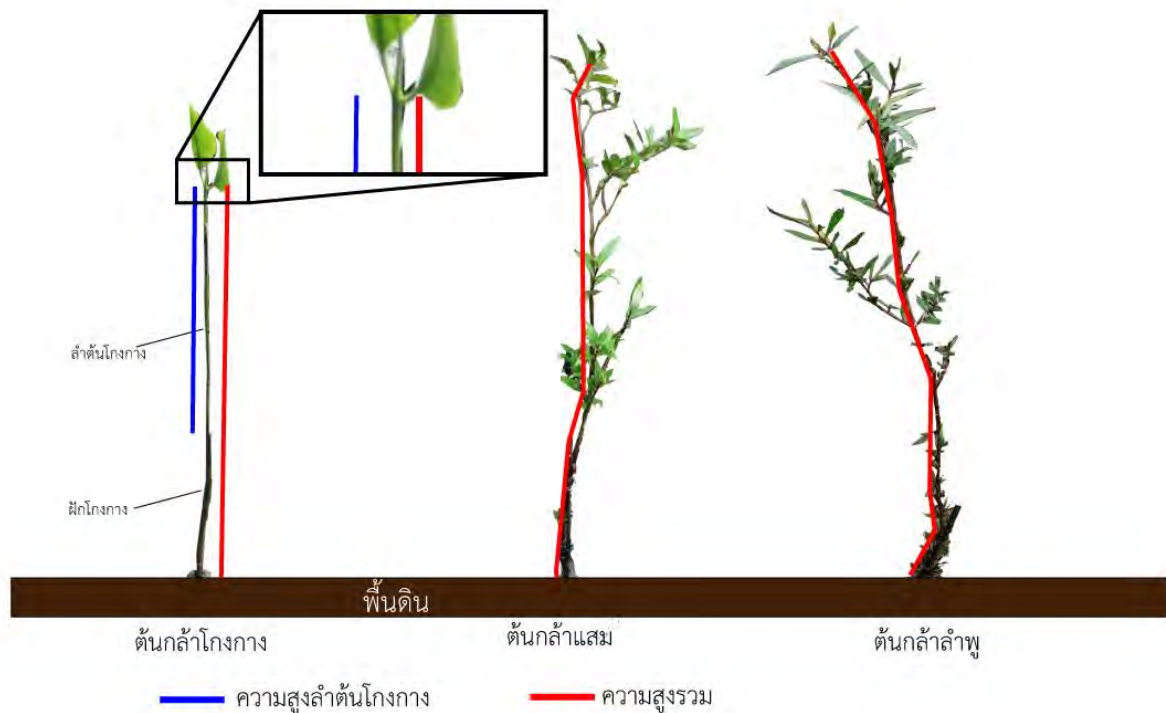
3.3.1 วัดความสูงกล้าไม้ไม้

วัดความสูงกล้าไม้ของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด วัดตั้งแต่โคนต้นติดดินไปจนถึงส่วนปลายยอดของลำต้น ซึ่งจะ เป็นความสูงรวม (H) ในกรณีของของกล้าไม้โกงกางทำการวัดความสูงของลำต้นที่แท้จริง (ความสูงลำต้น โกงกาง) เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นความสูงของลำต้นวัดจากปลายฝักที่ปลูกถึงปลายยอด (ภาพที่ 3.4)

3.3.2 นับจำนวนใบของกล้าไม้

นับจำนวนใบที่พบในกล้าไม้ โดยนับเฉพาะใบของกล้าไม้โกงกางเท่านั้น

สำหรับอัตราการรอดตายนั้น ศึกษาโดยการบันทึกชนิดของกล้าไม้และจำนวนของกล้าไม้ทั้งหมดในแต่ละแปลง คำนวณอัตราการรอดตายของกล้าไม้แต่ละชนิด โดยเทียบกับข้อมูลที่ได้จากบันทึกครั้งก่อนหน้า การศึกษาอัตราการรอดตาย ทำการศึกษาทุกเดือน ตั้งแต่เดือนกันยายน 2563 ถึงเดือนมีนาคม 2564



ภาพที่ 3.4 การวัดความสูงกล้าไม้ไม้ป่าชายเลน

3.4 ศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพของดิน

ศึกษาข้อมูลปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพของดินที่คาดว่าจะได้รับอิทธิพลมาจากการตั้งตัวและการเติบโตของกล้าไม้ที่ปลูกบนพื้นที่หาดเลนงอกใหม่ ได้แก่

3.4.1 การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของการกระจายของอนุภาคดิน (soil particle distribution)

เก็บตัวอย่างดินก่อนทำการศึกษา (เดือนกันยายน 2563) และเมื่อสิ้นสุดการศึกษา (เดือนมีนาคม 2564) จำนวน 4 ซ้ำต่อแปลงศึกษา โดยใช้ PVC soil core ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.1 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร (ภาพที่ 3.5) จากนั้นนำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม (air dry) จากนั้นร่อนผ่านตะแกรงขนาดตา 2 มิลลิเมตร เพื่อนำมาวิเคราะห์สัดส่วนของอนุภาคดิน ด้วยวิธี Hydrometer (Bouyoucos, 1926) นำสัดส่วนของอนุภาคดินที่ได้จากการวิเคราะห์ไปเปรียบเทียบกับแผนภาพสามเหลี่ยมจำแนกชนิดเนื้อดิน และศึกษาการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของการกระจายของอนุภาคดินโดยการเปรียบเทียบชนิดเนื้อดินก่อนและสิ้นสุดการทดลองของแต่ละแปลงศึกษา



ภาพที่ 3.5 เก็บตัวอย่างดินเพื่อทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของการกระจายของอนุภาคดิน (soil particle distribution)

3.4.2 การเปลี่ยนแปลงระดับความสูงสัมพัทธ์ของพื้นที่ (relative elevation change)

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงสัมพัทธ์ของพื้นที่ (relative elevation change) โดยวิธี stainless steel pins (ดัดแปลงจาก Samosorn et al., 2018) วางแปลงตัวอย่างเพื่อติดตั้ง stainless steel pins ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 1 เมตร โดยให้ stainless steel pins ปักลงในพื้นดิน 70 เซนติเมตร จะเหลือความสูงเหนือพื้นดิน 30 เซนติเมตร ซึ่งกำหนดให้เป็นความสูงเริ่มต้นก่อนการทดลอง และปักให้ตั้งฉากกับพื้นที่ของแปลงศึกษาโดยตรวจวัดระดับตั้งฉากด้วยเครื่องมือวัดระนาบน้ำ (ภาพที่ 3.6ก) ทำการติดตั้ง stainless steel pins จำนวน 4 แท่งต่อหนึ่งแปลงย่อย โดยวางแปลงย่อยจำนวน 4 แปลงต่อพื้นที่ศึกษา ทำการวัดความสูงของ stainless steel pins เหนือดิน (ภาพที่ 3.6ข) ทุกเดือนจนสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 6 เดือน เดือนกันยายน 2563 – เดือนมีนาคม 2564 เพื่อนำไปคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงสัมพัทธ์ของพื้นที่



ภาพที่ 3.6 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงสัมพัทธ์ของพื้นที่ (relative elevation change)
(ก) ติดตั้ง stainless steel pins (ข) วัดความสูงของ stainless steel pins

3.4.3 ความหนาแน่นรวมของดิน (soil bulk density)

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นรวมของดิน (soil bulk density) โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อน (เดือนกันยายน 2563) และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (เดือนมีนาคม 2564) จากบริเวณที่มีระยะห่างจากพื้นที่ติดตั้ง stainless steel pins ประมาณ 30-40 เซนติเมตร จำนวน 12 ตัวอย่าง ต่อแปลงศึกษา โดยใช้ stainless steel soil core (เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.88 เซนติเมตร สูง 3.25 เซนติเมตร) จากนั้นนำดินไปอบที่ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักของดินคงที่ จึงนำไปชั่งน้ำหนักแห้ง เพื่อนำมาคำนวณสัดส่วนของน้ำหนักดินแห้งต่อปริมาตรของดิน (Samosorn et al., 2018)

3.4.4 ปริมาณการทับถมของตะกอนดิน

คำนวณการเปลี่ยนแปลงปริมาณการทับถมของตะกอนดินในบริเวณพื้นที่ศึกษาได้จากการนำค่าความหนาแน่นของดิน (soil bulk density) ที่ได้จากข้อ 3.4.3 ขนาดของแปลงที่ใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงสัมพัทธ์ของพื้นที่ และค่าการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงสัมพัทธ์ของพื้นที่ (relative elevation change) ในแต่ละเดือน โดยใช้สมการที่ 1 คือ

$$M = D \times A \times H \quad \text{— สมการที่ 1}$$

เมื่อ M คือ ปริมาณการทับถมของตะกอนดิน (กรัม)

D คือ ความหนาแน่นรวมของดิน (soil bulk density) (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

A คือ ขนาดพื้นที่ของแปลงที่ใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงสัมพัทธ์ของพื้นที่ (ตารางเซนติเมตร)

H คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงสัมพัทธ์ของพื้นที่ (relative elevation change) (เซนติเมตร)

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 อัตราการรอดตายและการเติบโตของกล้าไม้

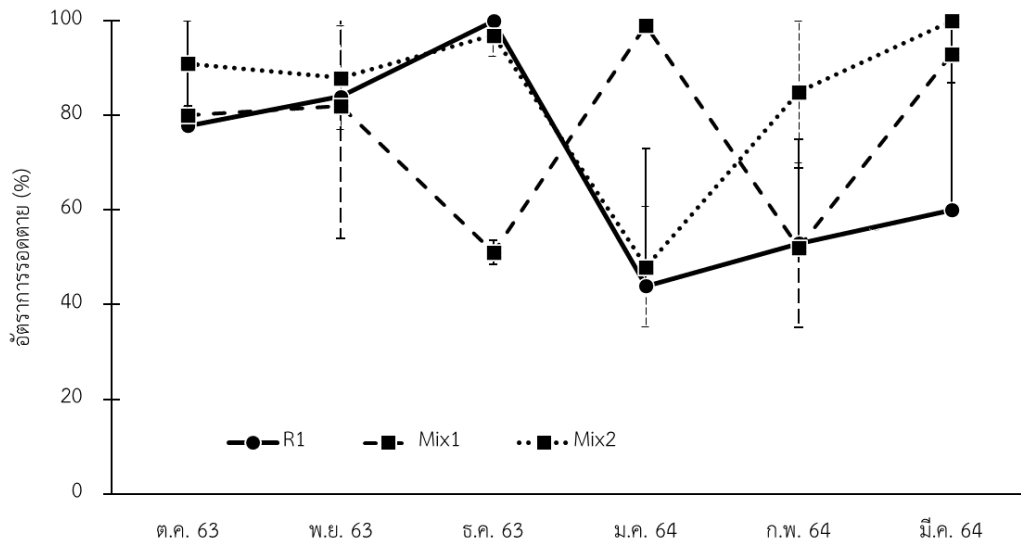
4.1.1 อัตราการรอดตาย

ทำการเก็บข้อมูลอัตราการรอดตายของกล้าไม้จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ ได้แก่ กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก กล้าไม้แสมขาว และกล้าไม้ลำพู ดำเนินการเก็บข้อมูล 7 ครั้ง คือ เดือนกันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม 2563 มกราคม 2564 กุมภาพันธ์ 2564 และมีนาคม 2564 พบว่า กล้าไม้ในแปลงปลูกแบบผสมชนิด (Mix1 และ Mix2) มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงกว่าแปลงปลูกกล้าไม้โกงกางเพียงชนิดเดียว (R1) (ตารางที่ 4.1.1) และเมื่อสิ้นสุดการศึกษาอัตราการรอดตายรวมของกล้าไม้ทุกชนิดในแปลงปลูก R1, Mix1, และ Mix2 มีค่าเท่ากับ 60.4% 93.9% และ 100% ตามลำดับ (ภาพที่ 4.1.1) ในช่วงที่ดำเนินการศึกษาพบว่าการปลูกเสริมในแปลงศึกษาด้วยกล้าไม้ที่มีขนาดความสูงใกล้เคียงกับกล้าไม้ที่ถูกปลูกไว้ก่อนหน้าทำให้จำนวนกล้าไม้มีจำนวนเพิ่มขึ้นจากการศึกษาในครั้งก่อนหน้า เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของอัตราการรอดตายรวมตลอดระยะเวลาศึกษาพบว่า อัตราการรอดตายรวมของกล้าไม้สูงที่สุดในแปลง Mix2 มีค่าเท่ากับ 85% รองลงมาคือแปลง Mix1 มีค่าเท่ากับ 76.7% ส่วนแปลง R1 อัตราการรอดตายรวมของกล้าไม้ต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 52.1% (ภาพที่ 4.1.2)

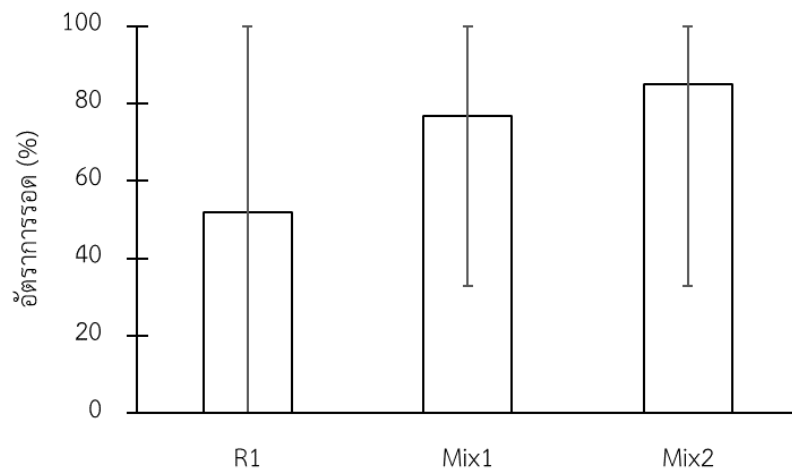
ตารางที่ 4.1.1 จำนวนของกล้าไม้แต่ละชนิดในแปลงปลูกกล้าไม้โกงกางเพียงชนิดเดียว (R1) แปลงปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนแบบผสมชนิด แปลงที่1 (Mix1) และแปลงปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนแบบผสมชนิด แปลงที่2 (Mix2) ระหว่างเดือนกันยายน 2563 ถึงมีนาคม 2564

แปลงศึกษา	ชนิดพืช	จำนวนต้น (ต้น)						
		ก.ย. 63	ต.ค. 63	พ.ย. 63	ธ.ค. 63	ม.ค. 64	ก.พ. 64	มี.ค. 64
R1	โกงกาง	93	52	44	59*	35	24	21
	แสมขาว	0	6	5	28*	8	3	1
	ลำพู	0	0	0	1*	0	0	0
Mix1	โกงกาง	112	89	125*	68	67	44	36
	แสมขาว	42	35	34	17	33*	19	19
	ลำพู	5	4	2	1	3	1	1
Mix2	โกงกาง	78	132*	143*	132	74	95*	95
	แสมขาว	34	25	25	44	24	13	13
	ลำพู	5	6	4	6	2	2	2

หมายเหตุ * หมายถึง มีการปลูกกล้าไม้เสริมในแปลงศึกษา

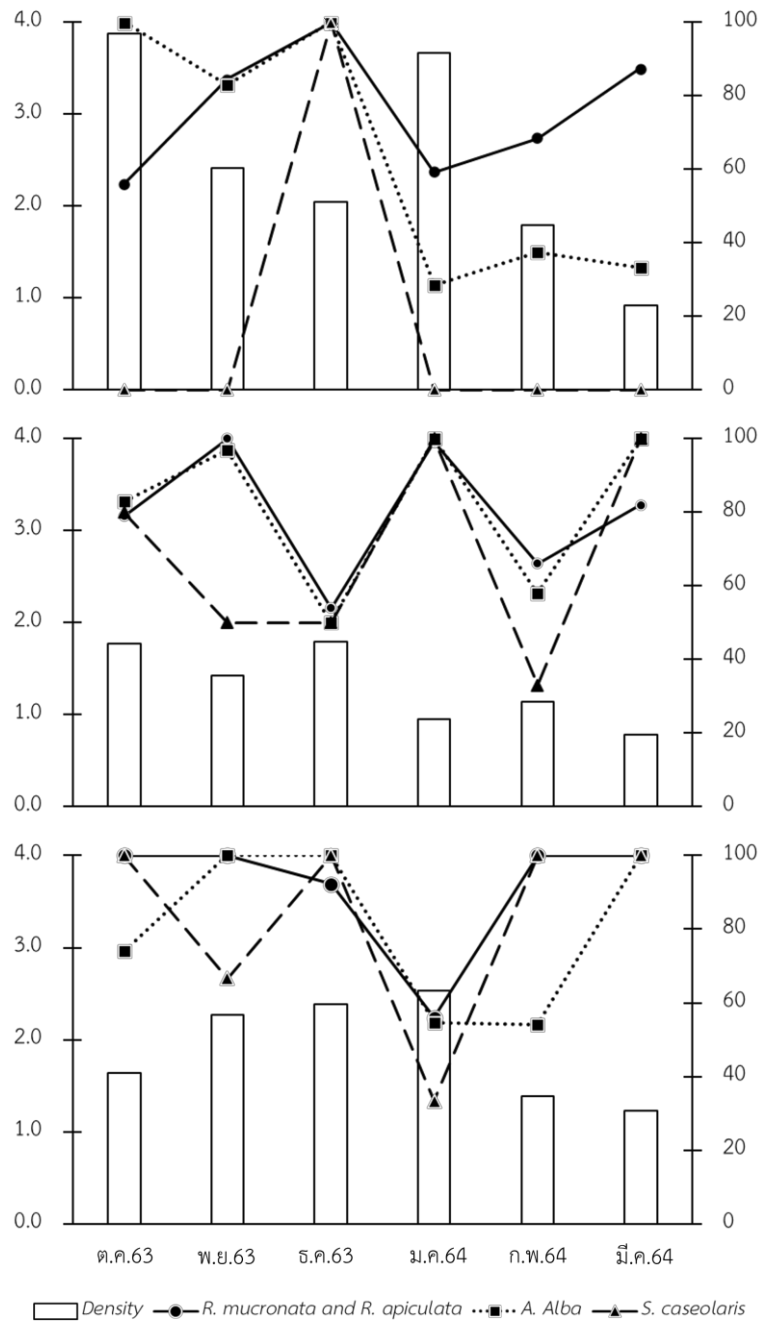


ภาพที่ 4.1.1 อัตราการรอดตายเฉลี่ยของกล้าไม้รวมทุกชนิดในแปลงปลูก R1, Mix1 และ Mix2 และแถบค่าคลาดเคลื่อนแสดง SD

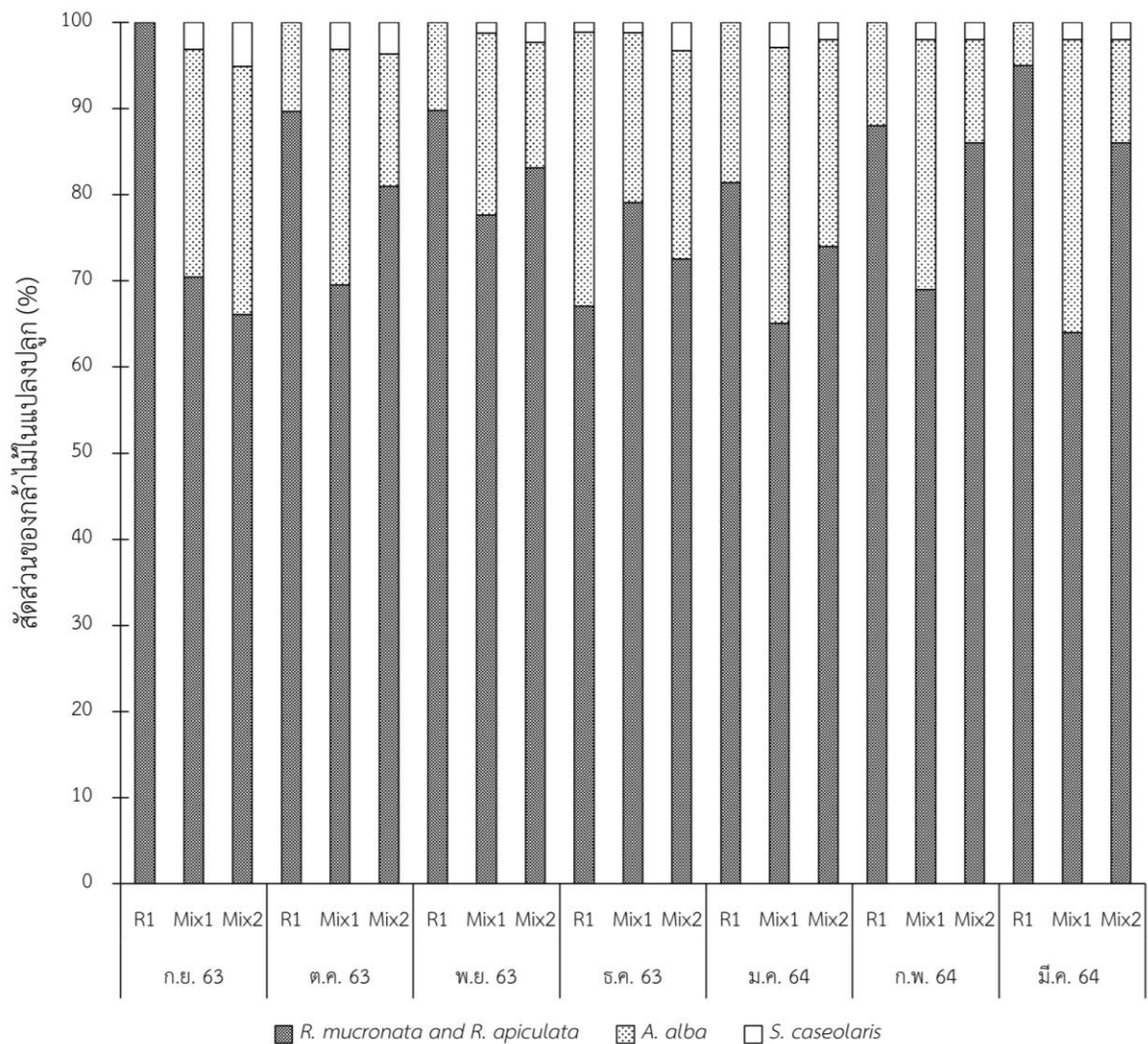


ภาพที่ 4.1.2 อัตราการรอดตายเฉลี่ยของกล้าไม้รวมทุกชนิดในแปลงปลูก R1, Mix1 และ Mix2 ตลอดการศึกษา (เดือนกันยายน 2563 ถึงมีนาคม 2564) และแถบค่าคลาดเคลื่อนแสดง SD

กล้าไม้ในแปลงปลูกทั้งสามแปลงมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยพบว่ามีบางช่วงเวลาในแต่ละแปลงมีอัตราการรอดตายของกล้าไม้โดยรวมสูงกว่า 80% ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวแต่ละแปลงมีช่วงความหนาแน่นของกล้าไม้แตกต่างกัน กล่าวคือ ในแปลง R1 จะมีความหนาแน่นค่อนข้างสูง กระจายอยู่ในช่วง 0.92-3.88 ต้น/ตารางเมตร ในขณะที่แปลง Mix1 และ Mix2 มีความหนาแน่นของกล้าไม้ต่ำกว่า ซึ่งกระจายอยู่ในช่วง 0.78-1.77 และ 1.22-2.39 ต้น/ตารางเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4.1.3) อีกทั้งผลการศึกษายังพบว่า ในแปลงปลูกที่มีสัดส่วนของกล้าไม้โกงางมากกว่า 70% (ภาพที่ 4.1.4) มักมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยของกล้าไม้ต่ำ



ภาพที่ 4.1.3 ความหนาแน่นของกล้าไม้ทั้งหมด (กราฟแท่ง) และอัตราการรอดตายของกล้าไม้แต่ละชนิด (กราฟเส้น) ในแปลงปลูก R1, Mix1 และ Mix2



ภาพที่ 4.1.4 สัดส่วนของกล้าไม้แต่ละชนิดในแปลงศึกษา ระหว่างเดือนกันยายน 2563 ถึงมีนาคม 2564

อัตราการรอดตายของกล้าไม้โกงกางในแต่ละแปลงศึกษาที่คำนวณโดยเทียบกับจำนวนกล้าไม้ที่สำรวจพบในครั้งก่อนหน้า พบว่ากล้าไม้โกงกางมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยในแปลงปลูก R1, Mix1 และ Mix2 เท่ากับ $76\% \pm 17\%$, $80\% \pm 18\%$ และ $91\% \pm 18\%$ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.1.3) กล้าไม้แสมขาวมีอัตราการรอดเฉลี่ยในแปลงปลูก R1, Mix1 และ Mix2 เท่ากับ $64\% \pm 34\%$, $81\% \pm 22\%$ และ $80\% \pm 23\%$ ตามลำดับ และกล้าไม้ลำพูมีอัตราการรอดเฉลี่ยในแปลงปลูก R1, Mix1 และ Mix2 คือ 0% , $69\% \pm 28\%$ และ $83\% \pm 8\%$ ตามลำดับ จากผลการศึกษาข้างต้นชี้ให้เห็นว่ากล้าไม้โกงกาง แสมขาว และลำพูในแปลงปลูกแบบผสมชนิดมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงกว่ากล้าไม้โกงกางในแปลงปลูกชนิดเดียว

4.1.2 อัตราการเติบโตของกล้าไม้ไม้

ศึกษาอัตราการเติบโตของกล้าไม้ไม้ในด้านของความสูงส่วนเหนือดินและความสูงลำต้นของกล้าไม้ 3 ชนิด ได้แก่ กล้าไม้สกุลโกก้าง กล้าไม้แสมขาว และกล้าไม้ลำพู และจำนวนใบเฉลี่ยของกล้าไม้โกก้าง ดำเนินการเก็บข้อมูล 4 ครั้ง คือ เดือนกันยายน เดือนพฤศจิกายน 2563 มกราคม และมีนาคม 2564 ได้ผลการศึกษาดังนี้

ความสูงส่วนเหนือดินทั้งหมดเฉลี่ยของกล้าไม้โกก้างมีค่าสูงสุดในเดือนมกราคม 2564 โดยที่แปลง Mix2 มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 92.1 ± 20.9 เซนติเมตร และความสูงลำต้นเฉลี่ยของกล้าไม้โกก้างมีค่าสูงสุดในเดือนมกราคม 2564 เช่นกัน มีขนาด 49.1 ± 20.4 เซนติเมตร

ความสูงส่วนเหนือดินเฉลี่ยของกล้าไม้โกก้างในแปลงศึกษาทั้งหมดตลอดช่วงระยะเวลาที่ศึกษามีความผันแปรอยู่ในช่วงที่แคบ (ตารางที่ 4.1.2) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความสูงของลำต้นเฉลี่ยพบว่ากล้าไม้โกก้างในแปลง R1 และ Mix1 มีความสูงเพิ่มขึ้นจากตอนเริ่มต้นการศึกษา (กันยายน 2563) แต่ในขณะเดียวกัน ความสูงของลำต้นเฉลี่ยของกล้าไม้โกก้างในแปลง Mix2 มีค่าลดลงเล็กน้อย (ตารางที่ 4.1.2) ส่วนจำนวนใบเฉลี่ยของกล้าไม้โกก้างในแปลงปลูกทั้ง 3 แปลงมีค่าใกล้เคียงกัน โดยพบว่าจำนวนใบเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2-4 ใบ (ตารางที่ 4.1.3)

ตารางที่ 4.1.2 ความสูงส่วนเหนือดินทั้งหมดเฉลี่ย (\pm SD) ของกล้าไม้โกก้างในแปลงปลูกต่าง ๆ

แปลงศึกษา	ความสูงส่วนเหนือดินทั้งหมดเฉลี่ยของกล้าไม้โกก้าง (ซ.ม.)				ความสูงลำต้นเฉลี่ยของกล้าไม้โกก้าง (ซ.ม.)			
	ก.ย. 63	พ.ย. 63	ม.ค. 64	มี.ค. 64	ก.ย. 63	พ.ย. 63	ม.ค. 64	มี.ค. 64
R1	83.5 ± 13.4 (n=93)	83.3 ± 17.4 (n=4)	87.2 ± 11.2 (n=35)	89.5 ± 10.7 (n=24)	37.9 ± 11.6 (n=93)	40.5 ± 10.4 (n=44)	36.3 ± 14.1 (n=35)	44.2 ± 14.9 (n=24)
Mix1	85.5 ± 14.9 (n=110)	81.5 ± 21.0 (n=125)	90.8 ± 19.9 (n=67)	84.9 ± 32.5 (n=44)	37.6 ± 12.9 (n=110)	40.1 ± 13.9 (n=125)	45.6 ± 36.1 (n=67)	44.2 ± 14.9 (n=44)
Mix2	76.7 ± 22.1 (n=82)	83.2 ± 20.1 (n=143)	92.1 ± 20.9 (n=74)	77.0 ± 30.0 (n=95)	35.7 ± 12.7 (n=82)	42.9 ± 13.9 (n=143)	49.1 ± 20.4 (n=74)	33.7 ± 23.0 (n=95)

ตารางที่ 4.1.3 จำนวนใบเฉลี่ย (\pm SD) ของกล้าไม้โกก้างในแปลงปลูกต่าง ๆ

แปลงศึกษา	จำนวนใบเฉลี่ยของกล้าไม้โกก้าง (ใบ)			
	ก.ย. 63	พ.ย. 63	ม.ค. 64	มี.ค. 64
R1	2 ± 1 (n=93)	3 ± 2 (n=44)	3 ± 2 (n=35)	2 ± 2 (n=24)
Mix1	2 ± 2 (n=110)	3 ± 2 (n=125)	4 ± 3 (n=67)	3 ± 2 (n=44)
Mix2	2 ± 2 (n=82)	3 ± 3 (n=143)	4 ± 3 (n=74)	2 ± 2 (n=77)

ความสูงของกล้าไม้ผสมขาวในแปลงปลูกต่าง ๆ (ตารางที่ 4.1.4) มีแนวโน้มโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแปลงปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนแบบผสมชนิด กล่าวคือในแปลง Mix2 มีความสูงเฉลี่ยของกล้าไม้ผสมขาวเพิ่มขึ้น ประมาณ 10 เซนติเมตร ทุก 2 เดือน ในช่วงเดือนกันยายน 2563 ถึงเดือนมกราคม 2564 แต่ในเดือนมีนาคม 2564 ความสูงลดลงเหลือ 75.5 ± 36.4 เซนติเมตร ทั้งนี้เนื่องจากมีบางต้นปลายยอดที่สูงที่สุดแห้งตาย ความสูงที่วัดได้จึงเป็นความสูงของกิ่งถัดลงไปนี้อาจส่งผลให้ความสูงเฉลี่ยของผสมขาวลดลง นอกจากนี้พบว่าความสูงลำต้นเฉลี่ยของกล้าไม้ลำพูมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในแปลงปลูกแบบผสมชนิดทั้ง 2 แปลงเช่นกัน แสดงให้เห็นถึงอัตราการเติบโตของที่ดีของกล้าไม้ผสมขาวและลำพูในแปลงปลูกแบบผสมชนิด

ตารางที่ 4.1.4 ความสูงลำต้นเฉลี่ย (\pm SD) ของกล้าไม้ผสมขาวและลำพูในแปลงปลูกต่าง ๆ

แปลงศึกษา	ความสูงลำต้นเฉลี่ยของกล้าไม้ผสมขาว (ชม.)				ความสูงลำต้นเฉลี่ยของกล้าไม้ลำพู (ชม.)			
	ก.ย. 63	พ.ย. 63	ม.ค. 64	มี.ค. 64	ก.ย. 63	พ.ย. 63	ม.ค. 64	มี.ค. 64
R1	-	43.4 \pm 11.5 (n=5)	48.1 \pm 15.1 (n=8)	40 \pm 9.0 (n=3)	-	-	-	-
Mix1	81.9 \pm 32.4 (n=43)	84.2 \pm 28.5 (n=34)	85.4 \pm 39.5 (n=33)	96.0 \pm 39.4 (n=19)	80.0 \pm 30.0 (n=4)	128.5 \pm 51.6 (n=2)	109.4 \pm 73.8 (n=3)	190.5 (n=1)
Mix2	70.3 \pm 19.8 (n=34)	80.4 \pm 47.7 (n=25)	92.1 \pm 30.8 (n=24)	75.5 \pm 36.4 (n=13)	65.8 \pm 18.7 (n=6)	74.1 \pm 49.5 (n=4)	91.3 \pm 54.1 (n=2)	136.7 \pm 23.5 (n=2)

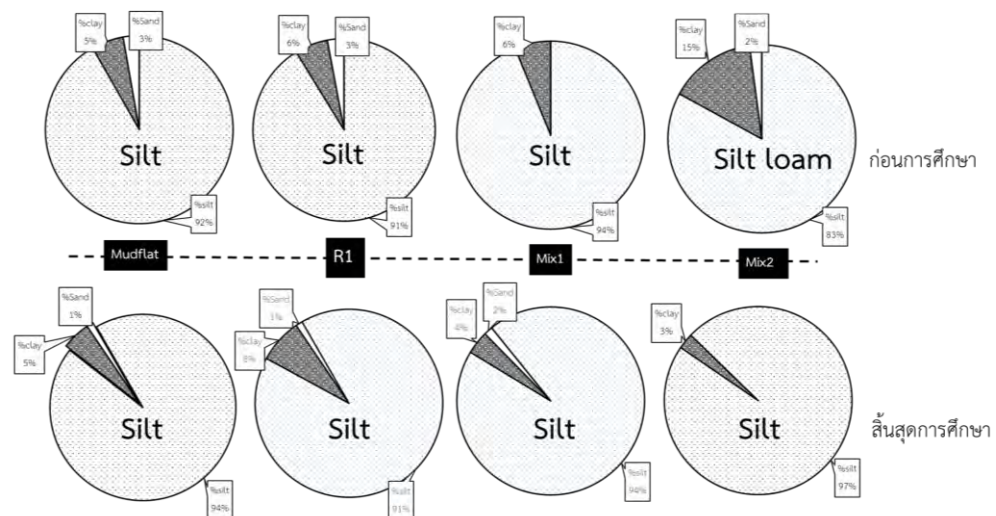
4.2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพของดิน

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของการกระจายของอนุภาคดิน (soil particle distribution)

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของการกระจายของอนุภาคดินโดยเก็บตัวอย่างดินเดือนกันยายน 2563 (ก่อนทดลอง) และเดือนมีนาคม 2564 (สิ้นสุดการทดลอง) จำนวน 4 ตัวอย่าง/แปลงปลูก และ หาดเลนโล่ง (mudflat) 6 ตัวอย่าง

ผลการศึกษาพบว่าสัดส่วนการกระจายของอนุภาคทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว (clay) ก่อนการศึกษามีค่าเฉลี่ยดังนี้คือ แปลง Mudflat มีอนุภาคทราย (sand) $2.8\% \pm 2.8\%$ ทรายแป้ง (silt) $91.7\% \pm 1.8\%$ และดินเหนียว (clay) $5.5\% \pm 2.9\%$ แปลง R1 มีอนุภาคทราย (sand) $3.0\% \pm 3.0\%$ ทรายแป้ง (silt) $91.2\% \pm 3.2\%$ และดินเหนียว (clay) $5.8\% \pm 0.3\%$ แปลง Mix1 ไม่พบอนุภาคทราย (sand) แต่ยังคงพบอนุภาคทรายแป้ง (silt) $93.8\% \pm 1.5\%$ และดินเหนียว (clay) $6.2\% \pm 1.5\%$ และแปลง Mix2 มีอนุภาคทราย (sand) $2.1\% \pm 1.3\%$ ทรายแป้ง (silt) $83.0\% \pm 8.9\%$ และดินเหนียว (clay) $14.9\% \pm 7.9\%$ พบความแตกต่างระหว่างสัดส่วนการกระจายของอนุภาคทรายแป้งและดินเหนียวระหว่างแปลงศึกษาในช่วงก่อนการทดลอง โดยแปลง Mudflat, R1 และ Mix1 มีปริมาณอนุภาคทรายแป้งและดินเหนียวน้อยกว่าในแปลง Mix2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ANOVA, $p < 0.05$)

สัดส่วนการกระจายของอนุภาคดินต่างๆ เมื่อสิ้นสุดการศึกษา มีค่าเฉลี่ยดังนี้ แปลง Mudflat มีอนุภาคทราย (sand) $1.2\% \pm 1.2\%$ ทรายแป้ง (silt) $93.9\% \pm 3.6$ และดินเหนียว (clay) $5.0\% \pm 2.7\%$ แปลง R1 มีอนุภาคทราย (sand) $1.2\% \pm 1.2\%$ ทรายแป้ง (silt) $91.3\% \pm 3.7\%$ และดินเหนียว (clay) $7.6\% \pm 2.5\%$ แปลง Mix1 มีอนุภาคทราย (sand) $1.5\% \pm 1.5\%$ ทรายแป้ง (silt) $94.5\% \pm 3.8\%$ และดินเหนียว (clay) $4.0\% \pm 2.6\%$ และแปลง Mix2 ไม่พบอนุภาคทราย (sand) แต่ยังคงพบอนุภาคทรายแป้ง (silt) $97.3\% \pm 0.9\%$ และดินเหนียว (clay) $2.7\% \pm 0.9\%$ อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสัดส่วนการกระจายของอนุภาคดินชนิดต่าง ๆ ระหว่างแปลงศึกษาทั้งสิ้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ANOVA, $p > 0.05$)



ภาพที่ 4.2.1 สัดส่วนของการกระจายของอนุภาคดิน (soil particle distribution)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการกระจายของอนุภาคดินในแปลงปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนแต่ละแปลงระหว่างเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา พบว่าในแปลง Mix2 สัดส่วนของอนุภาคทรายแป้งเพิ่มขึ้นมากที่สุดถึง 14% ในขณะที่แปลง R1 เพิ่มขึ้นเพียง 0.1% เมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงไปของสัดส่วนของอนุภาคดินก่อนการทดลองและเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าสัดส่วนของอนุภาคทรายแป้งและดินเหนียวในแปลง Mix2 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ANOVA, $p < 0.05$) กล่าวคืออนุภาคทรายแป้งเพิ่มขึ้นแต่อนุภาคดินเหนียวลดลงในช่วงเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นรวมของดิน (soil bulk density)

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นรวมของดินโดยเก็บตัวอย่างดินเดือนกันยายน 2563 (ก่อนทดลอง) และเดือนมีนาคม 2564 (สิ้นสุดการทดลอง) จำนวน 4 ตัวอย่าง/แปลงปลูก และ ในแปลง Mudflat 6 ตัวอย่าง

ตารางที่ 4.2.1 การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นรวมของดิน (soil bulk density)

แปลงศึกษา	ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)		
	ก่อนการศึกษา	หลังการศึกษา	เปลี่ยนแปลงไป
Mudflat	1.09±0.05 ^a (n=6)	1.05±0.05 ^a (n=6)	-0.04 ^a
R1	1.24±0.08 ^{ab} (n=4)	1.09±0.05 ^a (n=4)	-0.15 ^a
Mix1	1.35±0.25 ^b (n=4)	1.17±0.05 ^b (n=4)	-0.18 ^a
Mix2	1.42± 0.06 ^b (n=4)	1.14±0.02 ^b (n=4)	-0.28 ^b

หมายเหตุ: ตัวอักษรหมายถึงค่าเฉลี่ยที่มีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ANOVA, $p < 0.05$) ด้วยการทดสอบ Post hoc วิธี LSD

เมื่อเริ่มต้นการศึกษาพบว่าในแปลง Mix2 มีค่าความหนาแน่นรวมของดินก่อนการทดลองสูงที่สุด เท่ากับ 1.42± 0.06 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนในแปลง Mudflat มีค่าความหนาแน่นรวมของดินก่อนการทดลองต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.12±0.10 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ผลการศึกษาพบความแตกต่างของความหนาแน่นรวมของดินระหว่างแปลงศึกษา โดยแปลง Mudflat แตกต่างจากแปลง Mix1 และ Mix2 แต่แปลง R1 ไม่มีความแตกต่างจากแปลงอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ANOVA, $p < 0.05$)

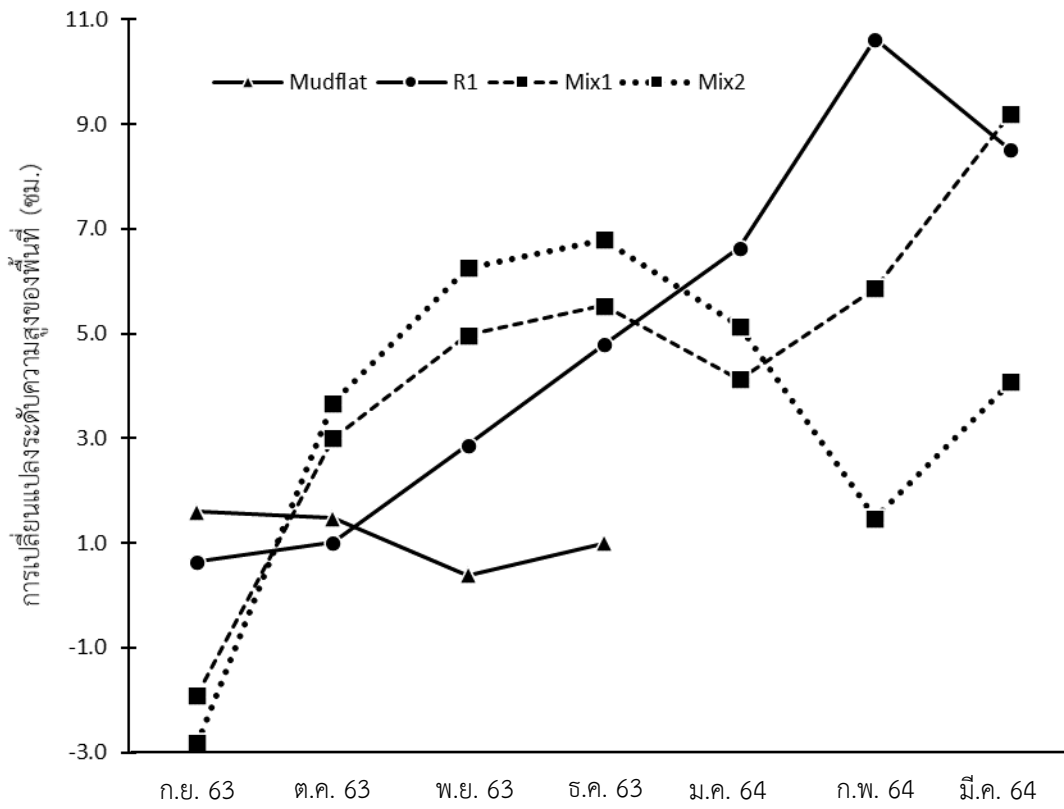
เมื่อสิ้นสุดการศึกษายังคงพบว่า แปลง Mix2 มีค่าความหนาแน่นรวมของดินสูงที่สุดเท่ากับ 1.14 ± 0.02 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และ แปลง Mudflat มีค่าความหนาแน่นรวมของดินต่ำที่สุด เท่ากับ 1.05 ± 0.05 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และพบความแตกต่างของความหนาแน่นรวมของดินระหว่างแปลงศึกษา โดยแปลง Mudflat และ R1 แตกต่างจากแปลง Mix1 และ Mix2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ANOVA, $p < 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นรวมของดินระหว่างเริ่มทดลองและสิ้นสุดการทดลอง พบว่า แปลง Mudflat, R1 และ Mix 1 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ความหนาแน่นรวมของดินของแปลง Mix2 เมื่อเริ่มทดลองแตกต่างกับเมื่อสิ้นสุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (t-test, $p < 0.05$)

4.2.3 การเปลี่ยนแปลงระดับความสูงสัมพัทธ์ของพื้นที่ (relative elevation change)

ทำการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงเฉลี่ยของพื้นที่ที่ศึกษาทั้ง 3 แปลงปลูก รวมทั้งพื้นที่ที่เป็นหาดเลนโคลง (mudflat) ทั้งหมด 7 ครั้ง คือ เดือนกันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม 2563 มกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2564 พบว่า ค่าเฉลี่ยของการเพิ่มระดับความสูงของพื้นที่บริเวณแปลงปลูก R1, Mix1 และ Mix2 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงสัมพัทธ์ของพื้นที่ที่เพิ่มขึ้นในช่วงเดือนพฤศจิกายน และลดลงในเดือนธันวาคม 2563 และมกราคม 2564 (ภาพที่ 4.2.2) เนื่องจากเป็นช่วงที่มีมรสุมและน้ำทะเลหนุนสูง ทำให้ได้รับอิทธิพลจากคลื่นลมทะเล เกิดการพัดพาตะกอนมายังบริเวณศึกษาในช่วงเดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคม 2563 พื้นที่ที่มีการปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนจึงเกิดการสะสมของตะกอน เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณที่เป็นหาดเลนโคลงนั้นกลับพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงของพื้นที่เล็กน้อยเท่านั้นเนื่องจากไม่มีกล้าไม้ในบริเวณดังกล่าว อีกทั้งเมื่อเก็บข้อมูลเดือนธันวาคม 2563 พบว่า stainless steel pins บริเวณหาดเลนโคลงชำรุดสูญหายทั้งหมด และเมื่อไม่ได้รับอิทธิพลข้างต้นในเดือนมกราคม 2564 พื้นที่ศึกษาระดับความสูงพื้นที่ลดลง และระดับความสูงเฉลี่ยของแปลงปลูกแบบผสมชนิดทั้ง 2 แปลง เพิ่มขึ้นมาใกล้เคียงกับในเดือนตุลาคมและพฤศจิกายน 2563 โดยที่ทุกแปลงปลูกมีการเพิ่มขึ้นของระดับความสูงเฉลี่ยของพื้นที่ที่ศึกษาใกล้เคียงกัน

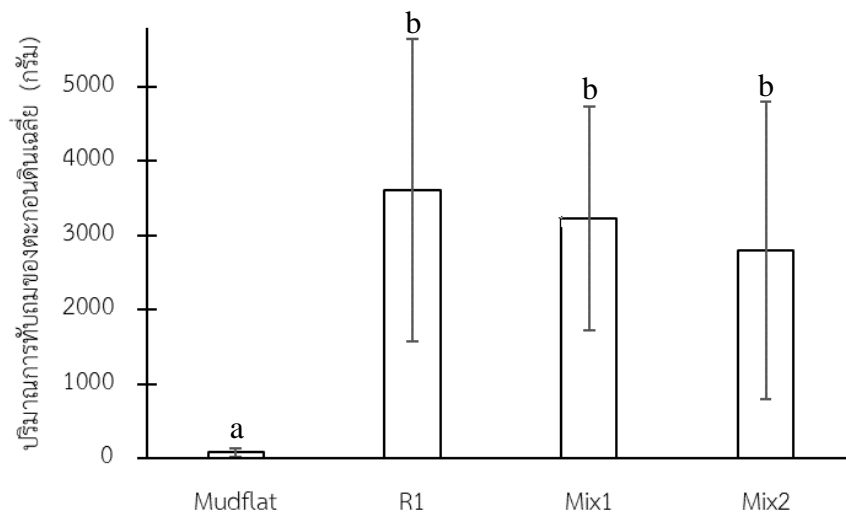
เมื่อพิจารณาความสูงเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดช่วงระยะเวลาที่ศึกษา พบว่า แปลง Mudflat, R1, Mix1 และ Mix2 มีความสูงเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไป คือ 1.4 ± 2.4 , 4.66 ± 4.47 , 4.36 ± 3.57 และ 3.67 ± 5.01 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยแปลง Mudflat มีการเปลี่ยนแปลงของความสูงเฉลี่ยน้อย เนื่องจากเกิดการพัดพาตะกอนเข้าออกพื้นที่อย่างสม่ำเสมอทำให้มีการเพิ่มขึ้นของระดับความสูงของพื้นที่น้อย



ภาพที่ 4.2.2 อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงเฉลี่ยของพื้นที่ (เซนติเมตรต่อเดือน)

4.2.4 ปริมาณการทับถมของตะกอนดิน

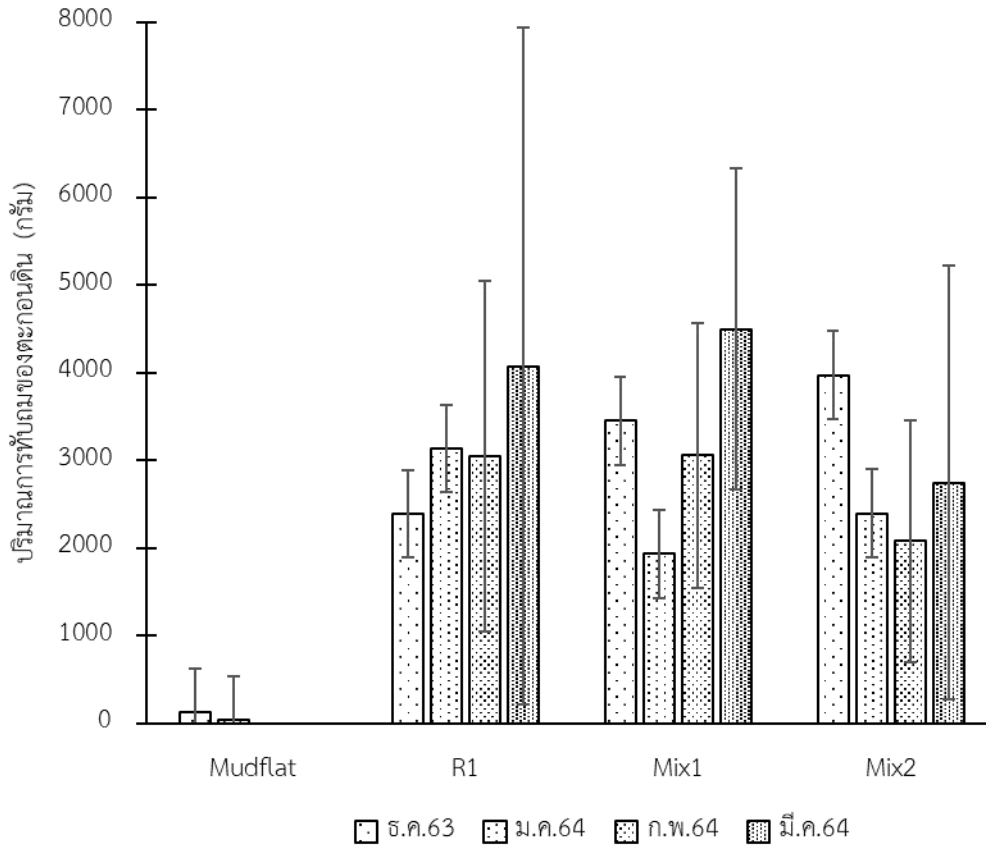
ปริมาณการทับถมของตะกอนดินเฉลี่ยที่เกิดขึ้นระหว่างเดือนธันวาคม 2563 ถึง มีนาคม 2564 (ภาพที่ 4.2.3) พบว่าแปลงที่มีปริมาณการทับถมของตะกอนดินเฉลี่ยสูงสุด คือ แปลง R1 โดยแปลง R1 มีปริมาณการทับถมของตะกอนดินเฉลี่ย $3,609.4 \pm 2,035.3$ กรัม และแปลงที่มีค่าการทับถมของตะกอนดินเฉลี่ยต่ำสุด คือ แปลง Mudflat ที่มีปริมาณการทับถมของตะกอนดินเฉลี่ยเพียง 81.0 ± 51.6 กรัม และมีความแตกต่างกันของปริมาณการทับถมของตะกอนดินระหว่างแปลงศึกษา โดยที่แปลง Mudflat ที่ไม่มีการปลูกกล้าไม้และแปลงที่มีการปลูกกล้าไม้ (R1, Mix1 และ Mix2) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ANOVA, $p < 0.05$)



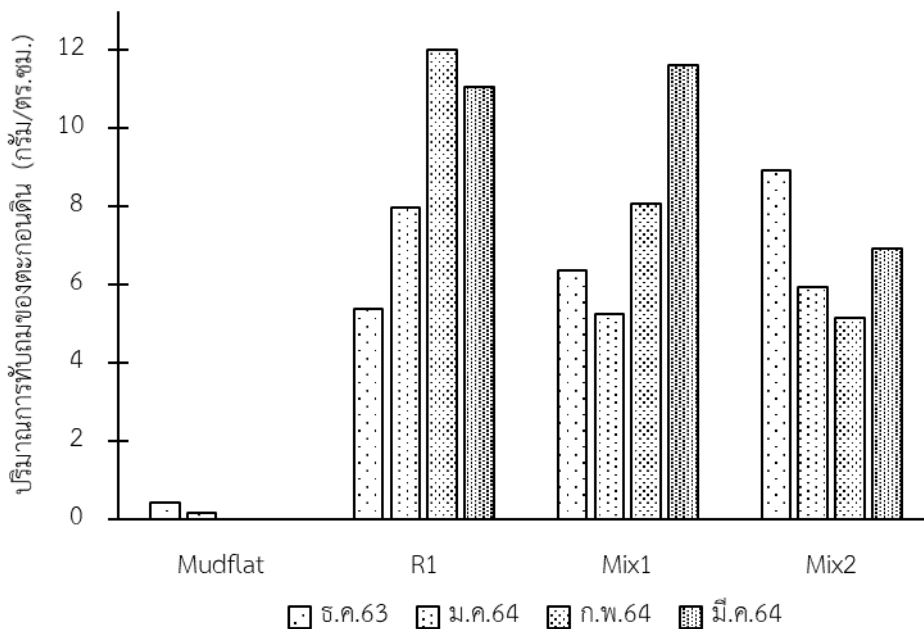
ภาพที่ 4.2.3 ค่าเฉลี่ยของปริมาณการทับถมตะกอนดินระหว่างเดือนธันวาคม 2563 ถึง มีนาคม 2564 และแถบค่าคลาดเคลื่อนแสดง SD

เมื่อพิจารณาปริมาณการทับถมของตะกอนในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา พบว่าแปลงที่มีปริมาณการทับถมของตะกอนดินเฉลี่ยสูงสุด คือ แปลง Mix1 โดยแปลง Mix1 มีปริมาณการทับถมของตะกอนดินสูงถึง 4496.3 กรัม ในเดือนมีนาคม 2564 และแปลงที่มีค่าการทับถมของตะกอนดินเฉลี่ยต่ำสุด คือ แปลง Mudflat โดยแปลง Mudflat มีปริมาณการทับถมของตะกอนดินเพียง 38.4 กรัม ในเดือนมกราคม 2564 อีกทั้งเมื่อพิจารณาค่าการกระจายตัวของข้อมูลปริมาณการทับถมของตะกอนดิน พบว่า ในแปลง R1 มีพิสัยของข้อมูลปริมาณการทับถมของตะกอนดินอยู่ในช่วงที่กว้าง กล่าวคือมีความผันแปรของการทับถมของตะกอนมากภายในพื้นที่แปลงศึกษา (ภาพที่ 4.2.4)

เมื่อพิจารณาปริมาณการทับถมแต่ละแปลงต่อพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตรของแต่ละเดือน (sediment flux) พบว่า แปลงที่มีการปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนมีปริมาณการทับถมของตะกอนสูงมากกว่า 5.15 กรัมต่อตารางเซนติเมตรทุกเดือน ในขณะที่แปลง Mudflat มีการทับถมเพิ่มขึ้นเพียง 0.44 และ 0.16 กรัมต่อตารางเซนติเมตรในเดือนธันวาคม 2563 และเดือนมกราคม 2564 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.2.5)



ภาพที่ 4.2.4 ปริมาณการทับถมของตะกอนดินในแปลงศึกษาต่างๆ ระหว่างเดือนธันวาคม 2563 ถึง มีนาคม 2564 และแถบค่าคลาดเคลื่อนแสดง SD



ภาพที่ 4.2.5 ปริมาณการทับถมของตะกอนดินต่อหน่วยพื้นที่ (sediment flux) ในแปลงศึกษาต่างๆ ระหว่างเดือนธันวาคม 2563 ถึง มีนาคม 2564

บทที่ 5

อภิปรายผลการศึกษา

แปลงศึกษานี้อยู่ในพื้นที่ที่มีการปลูกฟื้นฟูภายใต้โครงการโดยตำบลป่าชายเลน ปลูกโดยภาครัฐ เอกชน และประชาชน แปลงศึกษามีรูปแบบการปลูกแบบสม่ำเสมอ (uniform) มีระยะห่างระหว่างต้นใกล้เคียงกัน ประมาณ 30-40 เซนติเมตร และผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การปลูกกล้าไม้แบบผสมชนิดบนพื้นที่หาดเลนงอกใหม่ให้อัตราการรอดตายและการเติบโตของกล้าไม้สูงกว่าการปลูกโดยใช้กล้าไม้เพียงชนิดเดียว

5.1 อัตราการรอดตายและการเติบโตของกล้าไม้

การศึกษาอัตราการรอดตายของกล้าไม้พบว่าแปลง R1 ที่มีการปลูกกล้าไม้สกุลโกงกางในสัดส่วนที่สูงกว่ากล้าไม้ชนิดอื่น ๆ นั้นมีอัตราการรอดตายของกล้าไม้โดยรวมต่ำที่สุด การศึกษาของ Matsui และคณะ (2011) ซึ่งศึกษาการปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนเสื่อมโทรมบริเวณชายฝั่ง จ.สมุทรสาคร โดยใช้กล้าไม้สกุลโกงกางในการปลูกเช่นกัน พบว่ามีอัตราการรอดตายสูงสุดเพียง 63.5% ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Sofawi และคณะ (2017) ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบที่ใช้ในการปลูกกล้าไม้สกุลโกงกาง คือ รูปแบบกระจุก (clumped) รูปแบบสม่ำเสมอ (uniform) และรูปแบบสุ่ม (random) ซึ่งพบว่าการปลูกแบบสม่ำเสมอจะมีอัตราการรอดตายของกล้าไม้โกงกางมีเพียง 33% ในช่วง 6 เดือนแรก แต่การปลูกรูปแบบกระจุก มีอัตราการรอดตายสูงที่สุด (75%) ในช่วง 6 เดือนแรก โดยในโครงการฯ นี้ แปลง R1 มีการปลูกกล้าไม้โกงกางแบบสม่ำเสมอ (uniform) ที่ให้อัตราการรอดตายต่ำเช่นเดียวกัน ดังนั้นรูปแบบการปลูกกล้าไม้อาจส่งผลต่ออัตราการรอดตายของกล้าไม้ มากไปกว่านั้นจากการศึกษาของ Sofawi และคณะ (2017) พบว่าการปลูกกล้าไม้โกงกางแบบกระจุกมีอัตราการรอดตายเหลือเพียง 25% เมื่อเวลาผ่านไป 1 ปี

นอกจากรูปแบบการปลูกกล้าไม้จะส่งผลต่ออัตราการรอดตายของกล้าไม้แล้ว อีกหนึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการรอดได้แก่ชนิดของกล้าไม้ที่ใช้ปลูก เนื่องจากชนิดของกล้าไม้มีความทนต่อสภาพแวดล้อมได้ต่างกัน ดังเช่นการศึกษาของ Kodikara และคณะ (2017) เปรียบเทียบอัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตของกล้าไม้ป่าชายเลนที่ปลูกในระดับความเค็มที่แตกต่างกัน พบว่ากล้าไม้เสมขาวมีความสามารถในการทนต่อความเค็มในช่วงที่สูงกว่ากล้าไม้สกุลโกงกาง ทำให้มีอัตราการรอดตายสูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในโครงการฯ นี้ กล่าวคือ ในแปลงปลูกแบบผสมชนิดที่มีกล้าไม้เสมขาวรวมอยู่ด้วย (Mix1, Mix2) กล้าไม้โดยรวมมีอัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าในแปลงปลูกกล้าไม้สกุลโกงกางชนิดเดียว (R1) อีกทั้งผลการศึกษาครั้งนี้ ในช่วงตั้งแต่เดือนธันวาคม 2563 เป็นต้นไป ยังชี้ให้เห็นว่าในแปลง R1 ที่มีการปลูกกล้าไม้เสมขาวลงไปผสมด้วย (ตารางที่ 4.1.1 และภาพที่ 4.1.1) ส่งผลให้อัตราการรอดตายของกล้าไม้โดยรวมมีค่าสูงขึ้นอย่างชัดเจน

เสมขาว (*A. alba*) มีคุณลักษณะการเป็นพืชเบิกนำที่เติบโตเร็วและมีความสามารถในการทนต่อสภาพแวดล้อมบนหาดเลนงอกได้ดี เนื่องจากเป็นพืชที่ชอบสภาวะแสงแดดจัด จึงสามารถยึดครองพื้นที่บนหาดเลนงอกใหม่ได้ดี (พิชิต แก้วศรีวงศ์ และคณะ, 2540) ดังนั้นการปลูกกล้าไม้เสมขาวลงในแปลงปลูกผสมชนิดจึงมีอัตราการรอดตายและการเติบโตของกล้าไม้โดยรวมที่ดีกว่าการปลูกกล้าไม้โกงกางเพียงชนิดเดียว

ระหว่างการศึกษาครั้งนี้ได้มีการปลูกกล้าไม้เพิ่มเติมลงในแปลงปลูก ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 4.1.1 ซึ่งเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ แต่อย่างไรก็ตามเป็นการปลูกเสริมด้วยกล้าไม้ที่มีขนาดใกล้เคียงกันและวิธีการปลูกเหมือนกัน ดังนั้นอาจกล่าวได้ผลกระทบจากการปลูกเสริมส่งผลต่อทั้ง 3 แปลงศึกษาไม่ต่างกันมากนัก นอกจากนี้การปลูกเสริมส่งผลต่อค่าเฉลี่ยความสูงของกล้าไม้ในทั้ง 3 แปลงศึกษาไม่ต่างกันอีกด้วย (ตารางที่ 4.1.2 และ 4.1.4)

จากผลการศึกษาในภาพที่ 4.1.3 ชี้ให้เห็นว่าความหนาแน่นของกล้าไม้เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ควรคำนึงถึงในการปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนบริเวณหาดเลนงอกใหม่ เนื่องจากการปลูกฟื้นฟูโดยใช้ความหนาแน่นกล้าไม้ในระดับที่เหมาะสมจะส่งผลให้มีอัตราการรอดตายที่สูง ซึ่งการปลูกกล้าไม้แบบผสมชนิดใช้ความหนาแน่นของกล้าไม้ในการปลูกน้อยกว่าแปลงปลูกที่ใช้กล้าไม้โกงกางเพียงชนิดเดียว แต่ให้อัตราการรอดตายของกล้าไม้ที่สูงกว่า ดังนั้นรูปแบบการปลูกแบบผสมชนิดจะใช้กล้าไม้ในการปลูกน้อยกว่าการปลูกกล้าไม้โกงกางชนิดเดียวในการปลูก ซึ่งเป็นการลดต้นทุนและทรัพยากรในการปลูกฟื้นฟู แต่ให้อัตราการรอดตายที่สูง

จากตารางที่ 4.1.2 พบว่าความสูงลำต้นของกล้าไม้โกงกางในแปลงปลูกแบบผสมชนิดมีค่าเพิ่มขึ้น แต่มีค่าลดลงในแปลงปลูกกล้าไม้โกงกางเพียงชนิดเดียว ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณพื้นที่ของแปลงศึกษานี้ได้รับอิทธิพลจากคลื่นลมทะเล ทำให้ปลายยอดของกล้าไม้นั้นหักและแห้ง ซึ่งสำหรับกล้าไม้โกงกางนั้นการได้รับผลกระทบเช่นนี้ทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ เนื่องจากตายอดถูกทำลายและยังไม่มีมีการแตกกิ่งจากตาข้าง ในขณะที่กล้าไม้ผสมขาวและลำพูมีการแตกกิ่งจากตาข้างเกิดขึ้นแล้วจึงสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของความสูงเปลี่ยนแปลงไม่มากในแปลงปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนแบบผสมชนิด (Mix1)

ถึงแม้ว่าความรุนแรงของคลื่นลมจะส่งผลต่ออัตราการรอดตายและการตั้งตัวของกล้าไม้ แต่ในการศึกษาครั้งนี้ทุกแปลงศึกษาอยู่ในระยะห่างจากทะเลที่ใกล้เคียงกัน (ห่างกันในระยะไม่เกิน 5 เมตร) จึงอาจกล่าวได้ว่าทุกแปลงศึกษาได้รับอิทธิพลของคลื่นลมทะเลไม่แตกต่างกัน

5.2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพของดิน

จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าทุกแปลงศึกษามีสัดส่วนของอนุภาคทรายแป้ง (silt) มากที่สุดและมีปริมาณที่ไม่แตกต่างกันระหว่างแปลงศึกษา ซึ่งอนุภาคทรายแป้งมีความสามารถในการดักจับธาตุอาหารที่จำเป็นของพืชได้ดีกว่าอนุภาคทราย (Nguyen et al., 2013) ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าอิทธิพลของสัดส่วนอนุภาคดินส่งผลต่อการเติบโตของกล้าไม้ทั้ง 3 แปลงไม่แตกต่างกัน

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนการกระจายของอนุภาคดินเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษาพบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการกระจายของอนุภาคดิน โดยอนุภาคทรายมีปริมาณลดลง แต่อนุภาคทรายแป้งมีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยที่ในแปลง Mix2 มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อดินจากดินร่วนปนตะกอน (silt loam) ไปเป็นดินตะกอน (silt) เนื่องจากการปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนแบบผสมชนิดที่ส่งผลให้อัตราการรอดตายของกล้าไม้ที่สูงขึ้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของอนุภาคดินได้ดีกว่าแปลง R1 ที่มีการปลูกกล้าไม้โกงกางเพียงชนิดเดียว อีกทั้งอนุภาคทรายแป้งที่เพิ่มขึ้นในแปลงปลูกแบบผสมชนิดอาจส่งผลให้

ดินบริเวณแปลงปลูกมีความสามารถดักจับธาตุอาหารได้ดีขึ้น ทำให้อัตราการเติบโตของกล้าไม้สูงขึ้นได้อีกด้วย

การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการกระจายของอนุภาคดินนั้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นรวมของดิน เนื่องจากสัดส่วนของอนุภาคทรายลดลง ทำให้มวลของดินในปริมาตรเดิมที่ทำการเก็บข้อมูลมีค่าน้อยลงด้วยมีผลทำให้ความหนาแน่นรวมของดินมีค่าลดลงในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา ซึ่งความหนาแน่นรวมของดินที่น้อยลงทำให้รากพืชกระจายได้ดีขึ้น (Ola et al., 2021)

ระดับความสูงสัมพัทธ์ของพื้นที่ที่เพิ่มขึ้นเป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของอนุภาคทรายแข็งที่ทับถมเพิ่มขึ้นในระหว่างการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแปลงที่มีการปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนพบว่าปริมาณการทับถมของตะกอนดินมากกว่าแปลง Mudflat (ภาพที่ 4.2.2 และ 4.2.3) เนื่องจากบริเวณ Mudflat เป็นพื้นที่หาดเลนโคล่ไม่มีกล้าไม้ป่าชายเลน ทำให้ไม่มีสิ่งกีดขวางกระแสน้ำ ต่างจากแปลงปลูกที่มีกล้าไม้ป่าชายเลนอยู่ ลำต้นและรากพืชป่าชายเลนจะทำหน้าที่ชะลอความเร็วของกระแสน้ำทำให้ตะกอนที่ถูกพัดมาจากภายนอกเกิดการสะสมในพื้นที่แปลงปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนมากกว่าบริเวณ Mudflat

เมื่อพิจารณาในแปลงปลูกที่มีกล้าไม้ป่าชายเลน พบว่าแปลงที่มีความหนาแน่นของกล้าไม้ป่าชายเลนสูงมีแนวโน้มจะเกิดการทับถมของตะกอนสูงด้วยเช่นกัน (ภาพที่ 4.2.3) กล่าวคือในเดือนมกราคม 2564 ในแปลงปลูกกล้าไม้โกงกางเพียงชนิดเดียวมีความหนาแน่นของกล้าไม้สูงที่สุดเท่ากับ 1.79 ต้น/ตารางเมตร และมีปริมาณตะกอนทับถมสูงที่สุดด้วยเช่นกัน

อย่างไรก็ตาม หากในแปลงปลูกมีอัตราการรอดตายของกล้าไม้ที่ต่ำ จะส่งผลเสียต่อการปลูกฟื้นฟูป่าชายเลน ในทางตรงกันข้ามหากกล้าไม้มีอัตราการรอดตายที่สูง นอกจากจะส่งผลดีต่อการฟื้นฟูแล้ว ยังช่วยในการปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมในการเจริญเติบโตของกล้าไม้ต่อไปได้ในอนาคต

การปลูกฟื้นฟูแบบผสมชนิดกล้าไม้ป่าชายเลนส่งผลให้มีอัตราการรอดตายของกล้าไม้สูงกว่าการปลูกกล้าไม้โกงกางเพียงชนิดเดียว เมื่อกล้าไม้มีอัตราการรอดตายสูงจะทำให้พื้นที่แปลงปลูกมีความหนาแน่นของการกล้าไม้สูงเช่นกัน ทำให้เพิ่มสิ่งกีดขวางการไหลของกระแสน้ำที่ช่วยชะลอการพัดพาตะกอนออกจากพื้นที่ ทำให้เกิดการทับถมของอนุภาคดินตะกอนส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับความสูงพื้นที่ ตลอดจนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการกระจายของอนุภาคดินและความหนาแน่นของดิน

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาอัตราการรอดตายและการเติบโตของกล้าไม้ป่าชายเลนในแปลงปลูกแบบผสมชนิดบนหาดเลนงอกใหม่ สถานตากอากาศบางปู จังหวัดสมุทรปราการ พบว่าการปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนแบบผสมชนิด (Mix 1 และ Mix 2) ให้อัตราการรอดตายที่สูงกว่าการปลูกกล้าไม้โกงกางเพียงชนิดเดียว (R1) บนหาดเลนงอกใหม่ โดยการปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนแบบผสมชนิดใช้กล้าไม้ในการปลูกจำนวนน้อยกว่าการปลูกโดยใช้กล้าไม้โกงกางเพียงชนิดเดียว แต่กลับให้อัตราการรอดตายของกล้าไม้สูงกว่า อีกทั้งเมื่อใกล้สิ้นสุดการทดลองได้มีการปลูกผสมกล้าไม้แซมขาวลงในแปลง R1 พบว่าทำให้อัตราการรอดตายและความสูงของลำต้นเฉลี่ยของกล้าไม้ของแปลง R1 มีค่าสูงขึ้น ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการปลูกกล้าไม้แซมขาวลงไปผสมในแปลงปลูกด้วยส่งผลให้อัตราการรอดตายและการเติบโตของกล้าไม้บนหาดเลนงอกใหม่ดีขึ้นโดยรวม

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของดินชี้ให้เห็นว่าสัดส่วนของอนุภาคทรายแบ่งในแปลงศึกษามีปริมาณเพิ่มขึ้นและสัดส่วนของอนุภาคทรายลดลง ซึ่งส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินน้อยลงเมื่อสิ้นสุดการศึกษา การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นผลที่สืบเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงสัมพัทธ์ของพื้นที่ เนื่องจากมีตะกอนดินทับถมระหว่างการศึกษ โดยแปลงที่มีการปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนมีปริมาณการทับถมของตะกอนดินมากกว่าแปลง Mudflat ดังนั้นพื้นที่ที่มีการปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพของดินต่อไป

บนพื้นที่หาดเลนงอกใหม่ที่มีการปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนแบบผสมชนิดจะส่งผลให้อัตราการรอดตายและการเติบโตดีกว่าการปลูกกล้าไม้โกงกางเพียงชนิดเดียว และพื้นที่ที่มีกล้าไม้ชายเลนนี้จะทำหน้าที่ปรับลักษณะทางกายภาพของสิ่งแวดล้อมให้มีความเหมาะสมในการเจริญเติบโตของกล้าไม้ จนกระทั่งสามารถเกิดเป็นป่าชายเลนบนพื้นที่หาดเลนงอกใหม่ต่อไปได้

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2552. *การปลูกป่าชายเลนในประเทศไทย*. ระเบียบ: ส่วนบริหารจัดการทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2.
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2556. *คู่มือความรู้เรื่องป่าชายเลน*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ส่วนส่งเสริมและพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลน สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2561. *ข้อมูลทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งจังหวัดสมุทรปราการ*. กรุงเทพฯ: ศูนย์สารสนเทศทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง
- ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพาณิชย์ และคณะ. 2552. *คู่มือเพาะชำกล้าไม้ป่าชายเลน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักงานอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด
- ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพาณิชย์ และคณะ. 2553. *พันธุ์ไม้ป่าชายเลนในประเทศไทย*. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักงานอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด
- พิชิต แก้วศรีวงศ์ นพรัตน์ บำรุงรักษ์ และสนิท อักษรแก้ว. 2540. *การศึกษาการเติบโตและอัตราการรอดตายของต้นแสมที่ใช้เป็นไม้เบิกนำบนหาดเลนงอกใหม่ของอ่าวปัตตานี*. วารสารวนศาสตร์ 16: 34-42
- วิพัทธ์ จินตนา เชิดศักดิ์ ลีวลักษณะนิยานิน และอาภิระ โคมิยามา. 2538. *การทดลองปลูกไม้โกงกางบนหาดเลนอ่าวคุ้งกระเบน*. วารสารวนศาสตร์ 14: 143-150
- อุดมศักดิ์ สีนธิพงษ์. 2556. *กฎหมายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์วิญญูชน
- Alleman, L., and Hester, M. 2011. Reproductive ecology of black mangrove (*Avicennia germinans*) along the Louisiana Coast: Propagule production cycles, dispersal limitation, and establishment elevations. *Estuaries and Coasts* 34: 1068-1077. <https://doi.org/10.1007/s12237-011-9404-8>.
- Alongi, D. M., Pfitzner, J., Trott, L. A., Tirendi, F., and Klumoo, D.W. 2005. Rapid sedimentation and microbial mineralization in mangrove forest of the Jiulongjiang Estuary, China. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 63: 605-618. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.01.004>
- Atwood, T. B., Connolly, R. M., Ritchie, E. G., Lovelock, C. E., Heithaus, M. R., Hays, G. C., Fourqurean, J. W. and Macreadie, P. I. 2015. Predators help protect carbon stocks in blue carbon ecosystems. *Nature Climate Change* 5: 1038-1045. <https://doi.org/10.1038/nclimate2763>
- Bernard, Y. K., Kairo, J., Skov, M. W., Mencuccini M., and Huxham, M. G. 2012. Mangroves of Kenya: The effects of species richness on growth and ecosystem functions of restored East African mangrove stands. *Marine Ecology Progress Series* 465: 1-10. <https://doi.org/10.3354/meps09999>

- Bouyoucos, G. J. 1927. The hydrometer as a new and rapid method for determining the colloidal content of soils. *Soil Science* 23: 319–331. <https://doi.org/10.1097/00010694-192704000-00005>
- Cannicci, S., Burrows, D., Fratini, S., Smith III, T. J., Offenberg, J., and Dahdouh-Guebas, F. 2008. Faunal impact on vegetation structure and ecosystem function in mangrove forests: a review. *Aquatic Botany* 89: 186-200. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2008.01.009>
- Ellison, A. M. 2000. Mangrove restoration Do we know enough? *Restoration Ecology* 8: 219-229. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80033.x>
- Fujimoto, K., and Miyagi, T. 1993. Development process of tidal-flat type mangrove habitats and their zonation in the Pacific Ocean. *Vegetatio* 106: 137–146. <https://doi.org/10.1007/BF00045067>
- Hamilton, S. E., and Friess, D. A. 2018. Global carbon stocks and potential emissions due to mangrove deforestation from 2000 to 2012. *Nature Climate Change* 8(3): 240-244.
- Kodikara, K. A. S., Jayatissa, L. P., Huxham, M., Dahdouh-Guebas, F., and Koedam, N. 2018. The effects of salinity on growth and survival of mangrove seedlings changes with age. *Acta Botanica Brasilica* 32: 37-46.
- Komiyama, A., Ong, J. E., and Pongpan, S. 2008. Allometry, biomass and productivity of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany* 89: 128-137. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.006>
- Laulikitnont, P. 2014. Evaluation of mangrove ecosystem restoration success in Southeast Asia. *Master's Projects and Capstones*, University of San Francisco. <https://repository.usfca.edu/capstone/12>
- Lewis, R., Brown, B. M., and Flynn, L. 2019. Methods and criteria for successful mangrove forest rehabilitation. In Gerardo M.E. Perillo, Eric Wolanski, Donald R. Cahoon, and Charles S. Hopkins (Eds.), *Coastal Wetlands*: 863-887. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63893-9.00024-1>.
- Mazda, Y., Kobayashi, D., and Okada, S. 2005. Tidal-scale hydrodynamics within mangrove swamps. *Wetlands Ecology and Management* 13: 647-655. <https://doi.org/10.1007/s11273-005-0613-4>.
- Naohiro, M., Putth, S., and Keiyo, M. 2012. Mangrove rehabilitation on highly eroded coastal shorelines at Samut Sakhon, Thailand. *International Journal of Ecology*, 2012.

- Nguyen, H. Y. T., Cao, D. M., and Schmitt, K. 2013. Soil particle-size composition and coastal erosion and accretion study in Soc Trang mangrove forests. *Journal of Coastal Conservation* 17: 93-104.
- Niskanen, A. 1998. Financial and economic profitability of reforestation in Thailand. *Forest Ecology and Management* 104: 57-68. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00263-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00263-6)
- Ola, A., and Lovelock, C. E. 2021. Decomposition of mangrove roots depends on the bulk density they grew in. *Plant and Soil* 460: 177-187.
- Samosorn, S., Sangtiewan, T., Rodtassana, C., and Pongparn, S. 2018. Roles of aboveground roots facilitating sedimentation and elevation change in a mangrove forest behind bamboo seawalls. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 40: 1315-1323. <https://doi.org/10.14456/sjst-psu.2018.161>
- Snedaker S. C. 1982. Mangrove species zonation: Why?. In Sen D. N., Rajpurohit K. S. (Eds.), *Contributions to the ecology of halophytes*: 111-125. Dordrecht: Springer
- Sofawi, B., A., Rozainah, M. Z., Normaniza, O., and Roslan, H. 2017. Mangrove rehabilitation on Carey Island, Malaysia: an evaluation of replanting techniques and sediment properties. *Marine Biology Research* 13: 390-401.
- Suchewaboripont, V., Pongparn, S., Komiyama, A., Umnouysin, S., Rodtassana, C., Sangtiewan, T., Maknual, C., Pravinongvuthi, T., and Kato, S. 2020. Ten-Year Estimation of Net Primary Productivity in a Mangrove Forest under a Tropical Monsoon Climate in Eastern Thailand: Significance of the Temperature Environment in the Dry Season. *Forests* 11: 987. <https://doi.org/10.3390/f11090987>
- Taylor, E., Blazier, M., and Holley, A. 2007. New pine planting strategies for the Western Gulf States. *USDA Forest Service Proceedings* 50: 104-109. <https://www.researchgate.net/publication/228842254>
- Tomotsune, M., Yoshitake, S., Watanabe, S., and Koizumi, H. 2013. Separation of root and heterotrophic respiration within soil respiration by trenching, root biomass regression, and root excising methods in a cool-temperate deciduous forest in Japan. *Ecological research* 28: 259-269.
- Valiela, I., Bowen, J. L., and York, J. K. 2009. Mangrove forests: One of the world's threatened major tropical environments. *Bioscience* 51: 807-815. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0807: MFOOTW\] 2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0807: MFOOTW] 2.0.CO;2).

Waycott, M., McKenzie, L. J., Mellors, J. E., Ellison, J. C., Sheaves, M. T., Collier, C., and Schwarz, A. M. 2011. Vulnerability of mangroves, seagrasses and intertidal flats in the tropical Pacific to climate change. *WorldFish* 6: 297-367 <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1705-2>

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ประมวลภาพระหว่างการศึกษา



ภาพที่ ผ1 แปลงศึกษา (ก) ก่อนการศึกษา (กันยายน 2563) (ข) สิ้นสุดการศึกษา (มีนาคม 2564)



ภาพที่ ผ2 แนวรั้วไม้ไผ่รอบแปลงปลูก



ภาพที่ ผ3 ทางเดินเท้าภายในแปลงปลูก



ภาพที่ ผ4 เก็บข้อมูลอัตราการรอดและการเติบโตของกล้าไม้



ภาพที่ ๗5 กล้าไม้แสมขาวหักที่บริเวณลำต้น เนื่องจากถูกมัดไว้ด้วยเชือกฟาง



ภาพที่ ๗6 กล้าไม้โกงกางรากลอยจากพื้น เนื่องจากถูกมัดไว้ด้วยเชือกฟาง



ภาพที่ ๗7 ใบของกล้าไม้โกงกางถูกทำลายโดยเพลี้ยหอย



ภาพที่ ๘ stainless steel pins ที่ถูกรบกวน



ภาพที่ 9 อาจารย์ พี่ เพื่อน และน้อง ผู้ให้ความช่วยเหลือในการปฏิบัติงาน

ภาคผนวก ข
ตารางผลการศึกษา

ตารางที่ ผ1 อัตราการรอดตายของกล้าไม้โกงกางในแปลงปลูกที่แตกต่างกัน

โกงกาง	R1	Mix1 1	Mix2
ตุลาคม 2563	56%	79%	100%
พฤศจิกายน 2563	85%	100%	100%
ธันวาคม 2563	100%	54%	92%
มกราคม 2564	59%	99%	56%
กุมภาพันธ์ 2564	69%	66%	100%
มีนาคม 2564	88%	82%	100%

ตารางที่ ผ2 อัตราการรอดตายของกล้าไม้แสมขาวในแปลงปลูกที่แตกต่างกัน

แสมขาว	R1	Mix1 1	Mix2
ตุลาคม 2563	100%	83%	74%
พฤศจิกายน 2563	83%	97%	100%
ธันวาคม 2563	100%	50%	100%
มกราคม 2564	29%	100%	55%
กุมภาพันธ์ 2564	38%	58%	54%
มีนาคม 2564	33%	100%	100%

ตารางที่ ผ3 อัตราการรอดตายของกล้าไม้ลำพูในแปลงปลูกที่แตกต่างกัน

ลำพู	R1	Mix1 1	Mix2
ตุลาคม 2563	0%	80%	100%
พฤศจิกายน 2563	0%	50%	67%
ธันวาคม 2563	100%	50%	100%
มกราคม 2564	0%	100%	33%
กุมภาพันธ์ 2564	0%	33%	100%
มีนาคม 2564	0%	100%	100%

ตารางที่ ๘4 ความหนาแน่นของกล้าไม้โกงกางในแปลงปลูกที่แตกต่างกัน (ต้น/ตารางเมตร)

โกงกาง	R1	Mix1 1	Mix2
ตุลาคม 2563	3.88	1.24	1.08
พฤศจิกายน 2563	2.17	0.99	1.83
ธันวาคม 2563	1.83	1.39	1.99
มกราคม 2564	2.46	0.76	1.83
กุมภาพันธ์ 2564	1.46	0.74	1.03
มีนาคม 2564	0.88	0.50	1.06

ตารางที่ ๘5 ความหนาแน่นของกล้าไม้แสมขาวในแปลงปลูกที่แตกต่างกัน (ต้น/ตารางเมตร)

แสมขาว	R1	Mix1 1	Mix2
ตุลาคม 2563	0.00	0.47	0.47
พฤศจิกายน 2563	0.25	0.39	0.35
ธันวาคม 2563	0.21	0.38	0.35
มกราคม 2564	1.17	0.19	0.61
กุมภาพันธ์ 2564	0.33	0.37	0.33
มีนาคม 2564	0.88	0.5	0.14

ตารางที่ ๘6 ความหนาแน่นของกล้าไม้ลำพูในแปลงปลูกที่แตกต่างกัน (ต้น/ตารางเมตร)

ลำพู	R1	Mix1 1	Mix2
ตุลาคม 2563	0.00	0.06	0.08
พฤศจิกายน 2563	0.00	0.04	0.08
ธันวาคม 2563	0.00	0.02	0.06
มกราคม 2564	0.04	0.01	0.08
กุมภาพันธ์ 2564	0.00	0.03	0.03
มีนาคม 2564	0.00	0.01	0.02

ตารางที่ ๗7 สัดส่วนการกระจายของอนุภาคดินก่อนการศึกษา

แปลง	%silt	%clay	%Sand	texture
mudflat	91.7	5.5	2.8	silt
R1	91.2	5.8	3.0	silt
Mix1	93.8	6.2	0.0	silt
Mix2	83.0	14.9	2.1	silt loam

ตารางที่ ๗8 สัดส่วนการกระจายของอนุภาคดินเมื่อสิ้นสุดการศึกษา

แปลง	%silt	%clay	%Sand	texture
mudflat	93.9	5.0	1.2	silt
R1	91.3	7.6	1.2	silt
Mix1	94.5	4.0	1.5	silt
Mix2	97.3	2.7	0.0	silt

ตารางที่ ๗9 การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นรวมของดิน (กรัม/ลบ.ซม.)

แปลง	ก่อนการศึกษา	สิ้นสุดการศึกษา	เปลี่ยนแปลง
Mudflat	1.09	1.05	-0.04
R1	1.24	1.09	-0.15
Mix1	1.35	1.16	-0.18
Mix2	1.42	1.14	-0.28

ตารางที่ ๗10 ปริมาณการทับถมของตะกอนดิน (กรัม)

แปลง	ธันวาคม 2563	มกราคม 2564	กุมภาพันธ์ 2564	มีนาคม 2564
mudflat	494.2	153.5	-	-
R1	9,538.4	12,515.2	12,201.6	1,6276.4
Mix1	13,784.5	7,718.3	12,210.5	1,7985.0
Mix2	15,872.0	9,567.0	8,306.1	1,0961.4

ตารางที่ ฌ11 ปริมาณการทั้บถมของตะกอนดินเฉลี้ย (กรัม)

แปลง	ธันวาคม 2563	มกราคม 2564	กุมภาพันธ์ 2564	มีนาคม 2564
mudflat	123.6	38.4	-	-
R1	2,384.6	3,128.8	3,050.4	4,069.1
Mix1	3,446.1	1,929.6	3,052.6	4,496.3
Mix2	3,968.0	2391.8	2,076.5	2,740.4

ตารางที่ ฌ12 ปริมาณการทั้บถมของตะกอนดินเฉลี้ยต่อพื้นที่ (กรัม/ตร.ซม.)

แปลง	ธันวาคม 2563	มกราคม 2564	กุมภาพันธ์ 2564	มีนาคม 2564
mudflat	0.4	0.2	-	-
R1	5.4	8.0	12.0	11.0
Mix1	6.4	5.2	8.1	11.6
Mix2	8.9	5.9	5.2	6.9

ตารางที่ ฌ13 ปริมาณการทั้บถมของตะกอนดินเฉลี้ยตลอดการศึกษา(กรัม)

แปลง	ค่าเฉลี้ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Mudflat	81.0	51.6
R1	3,609.4	2,035.3
Mix1	3,231.1	1,503.5
Mix2	2,794.2	2,002.4