สมการแอลโลเมตรีสำหรับการตรวจติดตามมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด

ALLOMETRIC EQUATION FOR MONITORING THE ABOVE-GROUND BIOMASS OF Rhizophora mucronata PLANT ASSOCIATED WITH FUNGAL PELLETS

พชร อุปมัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สมการแอลโลเมตรีสำหรับการตรวจติดตามมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด

พชร อุปมัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	สมการแอลโลเมตรีสำหรับการตรวจติดตามมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด Allometric Equation for Monitoring The Above-Ground Biomass of *Rhizophora mucronata* Plant Associated with Fungal Pellets
ชื่อ-นามสกุล	นายพชร อุปมัย
สาขาวิชา	ชีววิทยาประยุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์, วท.ด.
ปีการศึกษา	2559

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ดลนภา แก้วภา, ปร.ด.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สราวุธ สังข์แก้ว, Ph.D.)

..... กรรมการ
(อาจารย์สุจิตรา โกศล, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์, วท.ด.)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริแข พงษ์สวัสดิ์, วท.ด.)
วันที่ 2 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2560

หัวข้อวิทยานิพนธ์	สมการแอลโลเมตรีสำหรับการตรวจติดตามมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด
ชื่อ-นามสกุล	นายพชร อุปมัย
สาขาวิชา	ชีววิทยาประยุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์, วท.ด.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สราวุธ สังข์แก้ว, Ph.D. อาจารย์สุจิตรา โกศล, Ph.D.
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

ในอดีตการตรวจติดตามมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินใช้เวลานาน นักวิจัยจึงนำเทคนิคแอลโลเมตรีพัฒนาการหามวลชีวภาพต้นโกงกางใบใหญ่ โดยการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับเชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด เพื่อหามวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินที่ปลูกร่วมกับเชื้อราอัดเม็ดด้วยเทคนิคแอลโลเมตรีอายุ 1 ปี บริเวณนากุ้งร้าง อำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร

ผลการศึกษา พบว่าสมการของชีวมวลโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินที่ปลูกร่วมกับเชื้อราอัดเม็ด คือ $y = 2.8168x^{0.1527}$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) = 0.8193 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดิน (ตัวแปรตาม) กับค่าดัชนีความสูง ค่าเส้นรอบวงที่ระดับอก ค่าปริมาณธาตุอาหาร ค่าอายุต้นโกงกางใบใหญ่ (ตัวแปรอิสระ) ที่อายุ 5 ปี ปรากฏว่าสมการชีวมวลโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินที่ปลูกร่วมกับเชื้อราอัดเม็ดและความสูงเท่ากับ 3.864 + 0.019 (ความสูง) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) = 0.8010 ซึ่งเชื่อถือได้ 80% เมื่อคำนวณมวลชีวภาพจริงกับมวลชีวภาพด้วยเทคนิคแอลโลเมตรี พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้นนักวิชาการควรตรวจติดตามการฟื้นฟูระบบนิเวศน์ร่วมกับเชื้อราอัดเม็ด ด้วยเทคนิคสมการแอลโลเมตรี เพื่อหาสมดุลของธรรมชาติโดยไม่ต้องตัดต้นไม้และลดค่าใช้จ่าย

คำสำคัญ: แอลโลเมตรี มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ต้นโกงกางใบใหญ่ หัวเชื้อราอัดเม็ด

Thesis Title	Allometric Equation for Monitoring the Above-Ground Biomass of *Rhizophora mucronata* Plant Associated with Fungal Pellets
Name – Surname	Mr. Pachara Opamai
Program	Applied Biology
Thesis Advisor	Assistant Professor Sukarn Ruttanalerdnusorn, Ph.D.
Thesis Co-Advisor	Assistant Professor Sarawood Sungkeaw, Ph.D. Miss Sujitra Koson, Ph.D.
Academic Year	2016

ABSTRACT

The earlier practices of monitoring above-ground biomass of *Rhizophora mucronata* took considerable length of time. However, with the development and implementation of the allometric technique to find biomass of *R. mucronata* by studying the correlation between the growth of 1-year *R. mucronata* planted with and without fungal pellets, the process was shorten and thereby providing more avenue for further experimentations. It is with this advancement that the objective of this study was conceptualized. The main purpose of this study was to estimate the above-ground biomass of the *R. mucronata* planted with fungal pellets by using the allometric technique in an abandon shrimp farm in Khokkam subdistric, Samutsakorn province.

The results showed that the biomass equation of *R. mucronata* planted with fungal pellets was $y = 2.8168x^{0.1527}$ with the coefficient of determination (R^2) at 0.8193. The correlation of biomass above ground of *R. mucronata* (the dependent variable), index of height, girth at breast height, nutrient contents and age of *R. mucronata*: 5 years (independent variable) was determined. The biomass equation that best represented the relationship of the determined above-ground biomass and the height was 3.864 + 0.019 (Height) with (R^2) at 0.8010 and was 80% reliable. When comparing the differences between calculating by using the real biomass and by using the allometric method, there was no significant difference found.

In conclusion, estimating the ecological restoration by integrating fungal pellets in the process should be considered. With the allometric equation, not only the balance of nature can be estimated without cutting a lot of big trees, but the costs can also be reduced.

Keywords: allometric, above-ground biomass, *Rhizophora mucronata*, fungal pellets

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์ ที่ปรึกษาหลักที่กรุณาให้ความรู้คำปรึกษา แนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ รวมทั้งกำลังใจที่ดีตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สราวุธ สังข์แก้วและดร.สุจิตรา โกศล กรรมการสอบที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งผู้ดำเนินการวิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่รวมทั้งอุปกรณ์ต่างๆในการวิจัย พร้อมทั้งขอขอบคุณรุ่นน้องนักศึกษาปริญญาตรีทุกคนที่ให้ความร่วมมือสละเวลาในการเก็บตัวอย่างและร่วมมือในการทำวิจัยร่วมกันจนได้ความสมบูรณ์ของงานอย่างชัดเจนและครบถ้วน

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา คุณพ่อและคุณแม่ ผู้คอยอบรมสั่งสอนในสิ่งที่ดีคอยช่วยเหลือห่วงใย และเป็นกำลังใจที่ดีอย่างยิ่งตลอดเวลาจนทำให้โครงงานสำเร็จได้ด้วยดี

พชร อุปมัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย…….. (3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……(4)

กิตติกรรมประกาศ……(5)

สารบัญ……..... (6)

สารบัญตาราง…….. (8)

สารบัญภาพ……..…….. (9)

บทที่ 1 บทนำและวัตถุประสงค์……...…….…….. 11

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา……...…….…….... 12

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง…….…….....…….…… 14

2.1 ความรู้ทั่วไปและความหมายของป่าชายเลน…….……...…..…… 14

2.2 ปัจจัยแวดล้อมป่าชายเลน…….…...…..…… 14

2.3 พันธุ์ไม้ป่าชายเลน……...……..……..……... .. 19

2.4 รูปแบบการเจริญเติบโตพืช ……..……... 24

2.5 มวลชีวภาพ……...……. 26

2.6 การประมาณค่ามวลชีวภาพ…….....…....…..……. 27

2.7 การประมาณมวลชีวภาพด้วยวิธีการแอลโลเมตรีพืชป่าไม้……...…….……. 28

2.8 การศึกษามวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินที่ปลูกโดยไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดทั้งในประเทศและต่างประเทศ…….....…….. 30

2.9 นวัตกรรมหัวเชื้อราอัดเม็ดเดี่ยว/หัวเชื้อราอัดเม็ดผสม/หัวเชื้อจุลินทรีย์……. 32

2.10 การพัฒนาการปลูกป่าชายเลนและการเกษตรอินทรีย์ด้วยเทคนิคทางชีวภาพ…..... 33

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย……...……...……..…… 37

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ……..……...…… 37

3.2 วิธีการทดลอง..……..……. ……..... 38

3.3 การสร้างสมการมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ด้วยวิธีการทางแอลโลเมตรี……42

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 44

3.5 การตรวจติดตามมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ด้วยวิธีการทางแอลโลเมตรี ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด..... 46

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล..... 47

4.1 การวิเคราะห์หาค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินจริงต้นโกงกางใบใหญ่ ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดใช้หัวเชื้อชีวภาพอัดเม็ด.....47

4.2 การสร้างสมการมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อรา อัดเม็ดด้วยวิธีการทางแอลโลเมตรี..... 47

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 52

4.4 การหาปริมาณคาร์บอนเครดิตจากโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด.....61

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 63

บรรณานุกรม..... 67

ภาคผนวก..... 74

ภาคผนวก ก..... 75

ประวัติผู้เขียน..... 80

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 น้ำหนักมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ตัวอย่าง 5 ต้น (กิโลกรัม) จากแปลงป่าปลูกอายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้างอำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร……..... 42

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลความสูง (Ht) เส้นรอบวงลำต้นที่ระดับอก (GBH) มวลชีวภาพเหนือพื้นดินจริงต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด (กิโลกรัม) อายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง อำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร…….....…….....47

ตารางที่ 4.2 สมการแอลโลเมตรีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด อายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้างอำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร……..... 48

ตารางที่ 4.3 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่คำนวณจากสมการแอลโลเมตรีของต้นโกงกางใบใหญ่ไม่ใช้หัวเชื้อรา อัดเม็ด อายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร…....……....…….....….....49

ตารางที่ 4.4 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่คำนวณจากสมการแอลโลเมตรีของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อรา อัดเม็ด อายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร…....……....…….....….....49

ตารางที่ 4.5 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินจริงของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดอายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร.....…..... …... 51

ตารางที่ 4.6 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินจริงของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด อายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร.....….....….... 51

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบหามวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดด้วยวิธีการแอลโลเมตรี อายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร กับมวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินที่ไม่ได้ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด บริเวณป่าชายเลนธรรมชาติอายุ 5, 7 และ12 ปี …….....….....58

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 พรรณไม้วงศ์โกงกาง……..……..……..……..... 19
ภาพที่ 2.2 ลักษณะดอกโกงกางใบใหญ่……..……..…… 21
ภาพที่ 2.3 ลักษณะใบและผลของโกงกางใบใหญ่……...……..……... 22
ภาพที่ 2.4 ลักษณะใบของโกงกางใบเล็ก……...……...…..... 23
ภาพที่ 2.5 ลักษณะดอกโกงกางใบเล็ก……..……..…..……. 24
ภาพที่ 2.6 ผลิตภัณฑ์หัวเชื้อราอัดเม็ดและหัวเชื้อชีวภาพอัดเม็ด……..……..…..……. 33
ภาพที่ 3.1 พื้นที่บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร……..……..…..…….. 38
ภาพที่ 3.2 พื้นที่พิกัดการตรวจติดตามมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมเชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร……..……..……38
ภาพที่ 3.3 วิธีการหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินจริงโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดไม่ได้ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด อายุ 2 และ 5 ปี…..……..……41
ภาพที่ 3.4 การบันทึกและเลือกชุดข้อมูลน้ำหนักมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ตัวอย่าง……..43
ภาพที่ 3.5 การเลือกเมนูเพื่อคำนวณหาสมการมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ตัวอย่าง..….....43
ภาพที่ 3.6 จุดวางแปลงตรวจติดตามค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดบริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัด สมุทรสาคร……..……..……..…...45
ภาพที่ 4.1 การตรวจติดตามมวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยวิธีการแอลโลเมตรีของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด อายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร……..……..……...50
ภาพที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ระหว่างสมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ป่าธรรมชาติและสมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด…..……53

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคุณแบบขั้นตอนโดยตัวแปรตามเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและตัวแปรอิสระ เป็นค่าความสูง (Height), ค่าเส้นรอบวง (GBH) , ปริมาณธาตุอาหารหลัก (Nutrient), อายุ (Age) ……..……...……..……..……...…….55

ภาพที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคุณแบบขั้นตอนโดยตัวแปรตามเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและตัวแปรอิสระ(ต่อ)…...56

ภาพที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคุณแบบขั้นตอนโดยตัวแปรตามเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดและตัวแปรอิสระ เป็นค่าความสูง (Height), ค่าเส้นรอบวง (GBH) , ปริมาณธาตุอาหารหลัก (Nutrient), อายุ (Age) ……..……...……..……..……...…….57

ภาพภาคผนวก

ภาพที่ 1 ข้อมูล 200 ชุดข้อมูลของต้นโกงกางใบใหญ่จากแปลงป่าปลูกอายุ 1 ปี ที่ใช้หัวชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช่หัวเชื้อราบริเวณนากุ้งร้างอำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร……...…….....76

ภาพที่ 2 ข้อมูล 200 ชุดข้อมูลของต้นโกงกางใบใหญ่จากแปลงป่าปลูกอายุ 1 ปี ที่ใช้หัวชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช่หัวเชื้อราบริเวณนากุ้งร้างอำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร……...…….....77

ภาพที่ 3 ข้อมูล 200 ชุดข้อมูลของต้นโกงกางใบใหญ่จากแปลงป่าปลูกอายุ 1 ปี ที่ใช้หัวชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช่หัวเชื้อราบริเวณนากุ้งร้างอำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร……...…….....78

ภาพที่ 4 ข้อมูล 200 ชุดข้อมูลของต้นโกงกางใบใหญ่จากแปลงป่าปลูกอายุ 1 ปี ที่ใช้หัวชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช่หัวเชื้อราบริเวณนากุ้งร้างอำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร……...…….....79

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในอดีตในปี พ.ศ 2504 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าชายเลนทั้งหมด ประมาณ 3 ล้านไร่ [1] และจากการสำรวจ ในปี พ.ศ. 2518 ปรากฏว่าพื้นที่ป่าชายเลน บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร 115,625 ไร่ ต่อมาในปี พ.ศ. 2536 มีพื้นที่ป่าชายเลน บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาครลดลงเหลือเพียง 11,369 ไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าชายเลนเขตอนุรักษ์เพียง 344.25 ไร่ ต่อมาในปี พ.ศ 2540 พื้นที่ป่าชายเลนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนลดลงเหลือประมาณ 1,000 ไร่เท่านั้น และเมื่อสำรวจปี พ.ศ 2547 พบว่าพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนเหลือเพียง 1% เท่านั้นหรือประมาณ 10 ไร่ [2] เนื่องจากเกษตรกรนำพื้นที่ป่าชายเลนไปประกอบอาชีพ ได้แก่ การทำนากุ้ง การทำนาเกลือ การประมงและส่วนหนึ่งชายฝั่งทะเลถูกกัดเซาะโดยกระแสลมและกระแสน้ำ กระแสคลื่นประมาณ 17 เมตรต่อปี จึงทำให้หน่วยงานภาครัฐบาล มหาวิทยาลัยและภาคเอกชนร่วมกันดำเนินการฟื้นฟูการปลูกพืชป่าชายเลนโดยไม่มีการนำเทคนิคชีวภาพและความหลากหลากหลายทางชีวภาพจุลินทรีย์ ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการฟื้นฟูป่าชายเลนคืนสู่สมดุลธรรมชาตินานถึง 10 -15 ปี [3] [1] ต่อมาได้มีการนำความหลากหลายทางชีวภาพราสกุล *Trichoderma* spp. เรียกว่า “หัวเชื้อราอัดเม็ดเดี่ยว” ที่ผ่านกระบวนการผลิตด้วยเทคโนโลยีต่างๆ ได้แก่ ชิโตเทคโนโลยี (Chito-Technology), เทคโนโลยีชีวภาพ (Bio-Technology), นาโนเทคโนโลยี (Nano-Technology), ชิลาทิเซชั่นเทคโนโลยี (Chelatization Technology) และเอนแคปซูเลชั่นเทคโนโลยี (Encapsulation Technology) บนตัวเติม (Carrier) และตัวจับ (Binder) และนำหัวเชื้อราอัดเม็ด (Fungal Pellets)ไปพัฒนาการเพาะและปลูกพืชป่าชายเลน ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata* Poir.), โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata* Blum) แสมขาว (*Avicennia alba*) และแสมทะเล (*Avicennia marina* Forssk) ผลปรากฏว่าการเติบโตของรากความสูง (Height, Ht) ขนาดเส้นรอบวงที่ระดับอก (Girth at Breast Height, GBH) จำนวนใบดีกว่าการเติบโตต้นพืชป่าชายเลนที่ไม่มีการใส่หัวเชื้อราอัดเม็ดเดี่ยว 2-3 เท่า [4] แต่เมื่อดำเนินการปลูกต้นโกงกางใบใหญ่และพืชป่าชายเลนอื่นๆร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดจากความหลากหลายทางชีวภาพรามากกว่าหนึ่งสกุล *Aspergillus* spp., *Mucor* spp. และ *Trichoderma* spp. เรียกว่า “หัวเชื้อราอัดเม็ดผสม” ปรากฏว่าการเติบโตของราก ความสูง (Ht) ขนาดเส้นรอบวง (GBH) จำนวนใบดีกว่าการเติบโตต้นโกงกางใบใหญ่และพืชป่าชายเลนอื่นๆที่ไม่มีการใส่หัวเชื้อราอัดเม็ดผสม 4.3 เท่า [5] พร้อมกันนี้

ได้ดำเนินการตรวจติดตาม (Monitoring) ดัชนีทางชีวภาพ ได้แก่ การร่วงหล่น (Litter Fall), การย่อยสลายเศษซากพืช (Decomposition), มวลชีวภาพ (Biomass) และค่าการกักเก็บคาร์บอน (Carbon Sequestration) โดยการลงพื้นที่เก็บข้อมูลภาคสนามจริง ในการสำรวจตรวจติดตามมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ต้นโกงกางใบใหญ่ อายุ 1 และ 2 ปี โดยการตัดต้นไม้แต่ละแปลง ซึ่งใช้งบประมาณสูง และใช้กำลังคนในการตรวจติดตามเป็นจำนวนมาก [6] ต่อมาจึงได้มีการนำวิธีเทคนิคการตรวจติดตามมวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยวิธีการทางแอลโลเมตรี โดยการสร้างสมการแอลโลเมตรีสำหรับการตรวจติดตามมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน[7] ของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด ระยะปลูกห่าง 1x1 เมตร ที่อายุ 1 ปี โดยการการลงพื้นที่สำรวจข้อมูลเชิงปริมาณของน้ำหนักต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช้หัวเชื้อรา และนำมาอบแห้งเพื่อหาค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินจริง ความสูง (Ht) เส้นรอบวงลำต้น (GBH) เพื่อนำมาสร้างสมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above-Ground Biomass, AGB) ของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel 2010 เพื่อสร้างสมการแอลโลเมตรีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ที่มีความแม่นยำสูง และนำสมการแอลโลเมตรีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินคำนวณหาค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและต้นโกงกางใบใหญ่ที่ไม่มีการปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด และคำนวณหาค่าการกักเก็บคาร์บอน ประกอบการตัดสินใจการบริหารจัดการปลูกพืชป่าชายเลนร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด

ดังนั้น นักวิจัยศึกษาการตรวจติดตามมวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยวิธีการทางแอลโลเมตรีและค่าการกักเก็บคาร์บอนของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและที่ไม่ได้ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร และเปรียบเทียบค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินและค่าการกักเก็บคาร์บอนต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและที่ไม่ได้ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด และขยายเทคนิคการตรวจติดตามมวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยวิธีการทางแอลโลเมตรีต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดินต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ได้ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดจริง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร

1.2.2 เพื่อสร้างสมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยวิธีแอลโลเมตรีต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ได้ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและค่าการกักเก็บคาร์บอนด้วยวิธีแอลโลเมตรีของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและที่ไม่ได้ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปและความหมายป่าชายเลน

ป่าชายเลน (Mangrove Forest) หมายถึง สังคมพืชที่ขึ้นอยู่บริเวณนอกสุดของชายฝั่งทะเล ปากแม่น้ำ หรืออ่าว ซึ่งเป็นบริเวณที่มีระดับน้ำทะเลท่วมถึงในช่วงเวลาน้ำขึ้นสูงสุด ประกอบด้วยพันธุ์ไม้หลายชนิด ส่วนใหญ่พืชเป็นประเภทพวกไม่ผลัดใบ มีลักษณะทางสรีระวิทยาและมีความต้องการทางนิเวศที่คล้ายคลึงกัน ในทำนองเดียวกัน Huberman et al. ที่ให้ความหมายไว้ว่า ป่าชายเลนเป็นสังคมพืชประกอบด้วยพันธุ์ไม้ไม่ผลัดใบเป็นส่วนใหญ่ มีการปรับตัวทางโครงสร้าง ลักษณะทางสรีระวิทยา และมีความต้องการถิ่นกำเนิดที่คล้ายกัน เป็นพืชทนแล้งและสามารถปรับตัวทางสรีระวิทยาให้เข้ากับสภาพความแห้งแล้งได้ดี [8] ส่วน Du ยังให้ความหมายไว้ว่า ป่าชายเลนมีความหมายสองประการคือ ประการแรกเป็นสังคมพืชหลายชนิดหลายตระกูลและมีใบเขียวตลอดปี (Evergreen Species) มีลักษณะทางสรีระวิทยาและต้องการสภาพแวดล้อมที่มีความคล้ายคลึงกัน ประการที่สองหมายถึง กลุ่มของสังคมพืชที่ขึ้นอยู่บริเวณปากอ่าวชายฝั่งทะเลเขตร้อน (Tropical Region) มีพันธุ์ไม้ที่สำคัญได้แก่ ไม้สกุลโกงกาง (*Rhizophora* spp.) และพันธุ์ไม้สกุลอื่นๆ ขึ้นปะปนนอกจากนี้ [9] ซึ่งป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญ และมีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตในน้ำ เป็นที่เพาะพันธุ์ แหล่งหลบภัย อนุบาลสัตว์น้ำหลายชนิด รวมถึงสรายุทธและรุ่งสริยาให้ความหมายป่าชายเลน หมายถึงเป็นป่าที่อยู่ระหว่างทะเลและแผ่นดินหากจะกล่าวเจาะจงลงไปก็คือหมู่ไม้ซึ่งประกอบด้วยไม้ต้นและไม้พุ่มที่เจริญเติบโตในพื้นที่ระหว่างระดับทะเลปานกลางและระดับน้ำทะเลท่วมสูงสุด [10]

2.2 ปัจจัยแวดล้อมป่าชายเลน

ป่าชายเลนเป็นสังคมพืชที่อยู่ในสภาวะที่มีน้ำขึ้น-น้ำลง ซึ่งเมื่อน้ำขึ้นรากค้ำยันหรือราก (Pneumatophore) พันธุ์ไม้ป่าชายเลนจะจมอยู่ใต้น้ำ แล้วจะโผล่เหนือน้ำในช่วงน้ำลง เมื่อเกิดน้ำหลากหรือช่วงฝนตกหนักพันธุ์ไม้ป่าชายเลนก็จะสัมผัสกับน้ำจืดที่พัดพาลงมาจากแผ่นดิน การขึ้นลงของกระแสน้ำในรอบวันก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความผันแปรของความเค็มในน้ำ นอกจากนี้

กระแสน้ำยังส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ปริมาณธาตุอาหารหลักรองและเสริมและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำและดิน ดังรายละเอียดปัจจัยแวดล้อมป่าชายเลน ดังนี้

2.2.1 ดิน ดินป่าชายเลนจัดเป็นดินที่มีการระบายน้ำเค็มเลว มีออกซิเจนต่ำ ดินมีเนื้อละเอียดและมีอินทรียวัตถุสูงมาก เมื่อน้ำลงปริมาณอนินทรียวัตถุในดินเกิดจากการจะย่อยสลายของอินทรียสาร (Decomposition) ของเศษซากพืชที่ร่วงหล่น (Litter fall) อย่างช้าๆภายใต้สภาวะดินที่เป็นกรดเล็กน้อย โดยจุลินทรีย์ต่างๆในดินเลน เช่น แบคทีเรีย (Bacteria) รา (Fungi) แอกติมัยซิส (Actinomyces) สาหร่าย (Algae) นอกจากนี้ องค์ประกอบของดิน มีความแตกต่างกัน ตั้งแต่ดินเลนที่มีอนุภาคที่มีขนาดเล็กไปถึงขนาดเท่าทราย เช่น เศษหินเศษปะการังหรือเศษเปลือกหอย โดยปกติดินป่าชายเลนจะเป็นดินเหนียวที่ไม่เกาะกันแน่น มีสีตั้งแต่สีเทาอ่อนถึงสีดำ ซึ่งเกิดจากการทับถมของตะกอนเลนที่มาจากแม่น้ำผสมกับวัตถุที่พัดพามาจากทำเล ในช่วงน้ำขึ้น เช่น อนุภาคขนาดเล็กและสารแขวนลอยที่มากับแม่น้ำ จะตกตะกอนทับถมสะสมกันในป่าชายเลน เนื่องจากกระแสน้ำลดความเร็วลงและลดความแปรปรวน เมื่ออนุภาคผสมกับน้ำเค็มจะจับตัวเป็นก้อนและตกตะกอนในสภาวะที่ใต้ผิวดินป่าชายเลน จึงทำให้ขาดออกซิเจน จึงทำให้แบคทีเรีย Sulphae Reducting Bacteria ผลิตไฮโดรเจนซันไฟด์ (Hydrogen Sulphide) โดยขบวนการรีดักชั่น (Reduction) ของซัลเฟตอินทรีย์ (Organic Sulphate) จากอินทรียสารและการรีดักชั่นซัลเฟตจากน้ำในดิน ทำให้เกิดก๊าซกำมะถันที่มีกลิ่นเหม็น ส่งผลให้ดินเลนในป่าชายเลนมีกลิ่นเหม็น ซึ่งก๊าซกำมะถันนี้จะไปรีดิวส์ (Reduce) สารประกอบธาตุสังกะสี (Zinc, Zn) ทำให้ดินมีสีดำเข้ม [10] ซึ่งจะไปชะงักการเติบโตและดูดสารอาหารของพืช ดังนั้น หากต้องการกำจัดก๊าซกำมะถัน จึงต้องเติมจุลินทรีย์ รา แบคทีเรีย ที่มีคุณสมบัติเร่งการย่อยสลายซัลเฟตอินทรีย์ให้กลายเป็นสารประกอบซัลเฟต (SO^{4-}) แทนก๊าซกำมะถัน [11]

2.2.2 ธาตุอาหารอนินทรีย์ พืชป่าชายเลนต้องการธาตุอาหารหลักที่เพียงพอ คือไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในรูปของไนเตรทอนินทรีย์ (Inorganic Nitrate) และฟอสเฟส แหล่งที่มาของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส คือ น้ำฝน น้ำจืด ที่ไหลมาตามแม่น้ำหรือมาจากแผ่นดิน การตรึงไนโตรเจนจากอากาศของแบคทีเรีย และการปลดปล่อยจากกระบวนการย่อยสลายของเศษซากพืชที่ร่วงหล่นในพื้นที่ป่าชายเลน [10]

2.2.3 การตรึงไนโตรเจนจากอากาศ แบคทีเรีย และราที่อยู่ร่วมกับรากพืชป่าชายเลนแบบแอกโตไมคอร์ไรซาและเอนโดไมคอร์ไรซากับพันธุ์ไม้ชายเลนน้อยมาก แหล่งไนโตรเจนอนินทรีย์เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินป่าชายเลน คือ แบคทีเรีย รา แอกติโนมัยซิส ย่อยสลายอินทรียสารหรือการตรึงไนโตรเจนในชั้นดินที่ไม่มีออกซิเจน ทำให้เกิดก๊าซแอมโมเนีย ก๊าซแอมโมเนียส่วนหนึ่งนี้จะแพร่ผ่าน (Diffuse) ขึ้นไปยังดินชั้นบน ซึ่งมีออกซิเจน ส่วนก๊าซแอมโมเนียที่เหลือจะถูกออก

ซิไดส์ โดยจุลินทรีย์แบคทีเรียในชั้นดินที่มีออกซิเจนเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ (Nitrite) จากนั้นจะเปลี่ยนเป็นไนเตรทผ่านกระบวนการไนติฟิเคลั่น (Nitrification) ซึ่งสารประกอบไนเตรทจะแพร่กลับลงสู่ชั้นดินเลนที่ไม่มีออกซิเจน สำหรับรากพืชป่าชายเลนดูดตรึงนำไปใช้ในการเติบโต ขณะที่สารประกอบไนเตรทบางส่วนจะถูกจุลินทรีย์แบคทีเรียดูดซึมไปใช้หรืออาจถูกรีดิวส์กลายเป็นก๊าซไนโตรเจน ซึ่งก๊าซไนโตรเจนนี้จะแพร่ขึ้นสู่ดินชั้นบนและสู่อากาศ [10] ซึ่งสอดคล้องตรงกับการศึกษาของสุกาญจน์และคณะที่ศึกษาเชื้อราปฏิปักษ์ดินเลน บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร พบเชื้อราปฏิปักษ์หลายสกุลที่แยกได้จากดินเลน เช่น เชื้อราสกุล *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Trichoderma* spp., *Gliocladium* spp. และอื่นๆ ดังนั้นจึงนำเชื้อราปฏิปักษ์เหล่านั้นศึกษาคุณสมบัติทางชีวเคมีและผลิตเป็นนวัตกรรมหัวเชื้อราปฏิปักษ์สดและหัวเชื้อราอัดเม็ดจากเชื้อราสกุลต่างๆ ได้แก่ *Aspergillus niger*, *Trichoderma hamatum, Trichoderma virens* บนตัวเติมและตัวจับและตัวรักษาสภาพสปอร์ที่ผ่านเทคโนโลยีทางชีวภาพ Chito-Technology, Bio-Technology Nano-Technology, Chelalization Technology และ Encapsulation Technology เพื่อผลิตหัวเชื้อราอัดเม็ดที่มีคุณสมบัติเด่น คือ ควบคุมเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคพืช มีความทนทานต่อความแห้งแล้งและ ความเค็ม สามารถเจริญเติบโตได้บริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์อาหารน้อยและน้ำขึ้นน้ำลงได้ดี เร่งการย่อยสลายเซลลูโลส ฟอสเฟต โพแทตเซียม ซัลเฟต แคลเซียม แมกนีเซียมให้กลายเป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลคู่และเดี่ยวที่รากพืชสามารถดูดซึมไปใช้ในการเติบโตได้อย่างเพียงพอกับความต้องการ ดังนั้น จึงนำนำนวัตกรรมความหลากหลายทางชีวภาพราในรูปนวัตกรรมหัวเชื้อราอัดเม็ดไปใช้ประโยชน์ในการเพาะต้นกล้าและปลูกพืชเบิกนำและควบคุมโรคเน่าในพืช อันเกิดจากเชื้อรา *Aspergillus fumigatus*, *Fusarium* spp., *Penicilium* spp., *Mucor* spp. อื่นๆ ที่รากและต้นโกงกางและแสมขาวและการจัดการสิ่งแวดล้อมดินและน้ำ และชักนำการเพิ่มการเจริญเติบโตต้นโกงกางและแสมที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดเปรียบเทียบกับต้นพืชป่าชายเลนที่ปลูกโดยไม่ใส่เชื้อราอัดเม็ดปฏิปักษ์เดี่ยว พบว่าการเติบโตพืชป่าชายเลนเบิกนำที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดดีกว่าปกติที่มีการปลูกพืชเบิกนำโดยไม่มีการปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด 2-3 เท่า ซึ่งเมื่อสุ่มนำตัวอย่างดินเลน บริเวณที่ปลูกพืชเบิกนำร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดตรวจปริมาณเปอร์เซ็นต์สารประกอบไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทตเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม พบว่ามีปริมาณเปอร์เซ็นตร์สารประกอบไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทตเซียม แมกนีเซียม แคลเซียมมากกว่าดินเลนบริเวณที่มีการปลูกพืชเบิกนำโดยไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด เนื่องจากคุณสมบัติราเหล่านั้น สามารถย่อยสลายเซลลูโลส ฟอสฟอรัส โพแทตเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม อื่นๆ จากเศษซากพืชที่ร่วงหล่น (Litter fall) ที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทตเซียม อื่นๆ เปลี่ยนแปลงก๊าซแอมโมเนียกลายเป็นสารประกอบไนเตรท และปล่อยก๊าซไนโตรเจนคืนอากาศ

ตามวัฏจักรไนโตรเจน นอกจากนี้ พบปริมาณสารประกอบฟอสฟอรัส โพแทตเซียม ซัลเฟต แคลเซียม แมกนีเซียมในดินเลนสูงปกติอีกด้วย [12]

2.2.4 ฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัสจะถูกดูดตรึงไว้กับตะกอนในรูปเป็นเฟอริคฟอสเฟต (Ferric Phosphate) ซึ่งไม่ละลายน้ำ ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนเฟอริคฟอสเฟตจะถูกจุลินทรีย์ในดินเลนรีดิวส์กลายเป็นเฟอรัสฟอสเฟต ซึ่งเป็นรูปที่ละลายน้ำได้ ซึ่งเฟอรัสฟอสเฟตจะถูกชะล้างจากดินเลนไป แต่ถ้าหากดินเลนมีสภาพเป็นดินเหนียวเนื้อละเอียด จะทำให้การสับเปลี่ยนหมุนเวียนระหว่างน้ำในรูพรุนกับน้ำภายนอกจะมีน้อยดินเลนก็จะมีปริมาณฟอสเฟตมากดินเลน ซึ่งปกติดินเลนมักจะขาดความอุดมสมบูรณ์ด้านธาตุอาหารหลักรองและเสริม คือไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เนื่องจากดินเลนมีรูพรุนแตกต่างกัน และกิจกรรมของจุลินทรีย์ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน [10]

2.2.5 ฝน ปริมาณน้ำฝนและระยะเวลามีอิทธิพลต่อความหลากหลายของชนิดพันธ์ไม้ โครงสร้างหมู่ไม้และการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ชายเลน ในพื้นที่แห้งแล้งและมีปริมาณน้ำฝนน้อยมีโครงสร้างป่าชายเลนจะมีความซับซ้อนน้อยกว่าในพื้นที่มีปริมาณน้ำฝนมาก หมู่พันธุ์ไม้ป่าชายเลนจะมีความหนาแน่นสูง (จำนวนต้นต่อพื้นที่สูง) แต่หมู่พันธุ์ไม้ป่าชายเลนจะเตี้ย มีพื้นที่หน้าตัดรวมต่ำ มวลชีวภาพต่ำและจำนวนชนิดพันธุ์ไม้น้อย [13]

2.2.6 แสง แสงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชสีเขียว เนื่องจากป่าชายเลนมักแพร่กระจายในเขตร้อน ดังนั้นปริมาณแสงจึงมีมากเพียงพอต่อการเจริญเติบโตแสง และมีบทบาทสำคัญต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกล้าไม้และลูกไม้ โดยเฉพาะพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ไม่ทนร่ม(ชอบแสงแดดมาก) ได้แก่ โกงกางใบเล็กและโกงกางใบใหญ่ มักมีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายสูงในที่มีระดับความเข้มแสงสูง เมื่อเปรียบเทียบกับในที่มีระดับความเข้มแสงต่ำในช่วงอายุ 6 ปีแรก โดยพบว่าต้นโกงกางใบใหญ่มีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงมากกว่าโกงกางใบเล็กที่ระดับเข้มแสงเดียวกัน แต่มีอัตราการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at Breath Height, DBH) ใกล้เคียงกัน นั้นแสดงว่าโกงกางใบใหญ่สามารถทนร่มได้ดีกว่าโกงกางใบเล็ก [14]

2.2.7 อุณภูมิ พันธุ์ไม้ป่าชายเลนสามารถเติบโตและแพร่กระจายในช่วงอุณภูมิที่กว้าง คือ ในช่วงฤดูหนาว เฉลี่ยต่ำสุด 15°C และ 20°C อุณภูมิอากาศและดินเฉลี่ยสูงสุด 35°C ในฤดูร้อน อุณภูมิอากาศต่ำถึง 4°C และสูงสุด 40°C โดยปกติอัตราการเจริญเติบโตจะลดลง เมื่อห่างจากเส้นศูนย์สูตร นั้นคืออุณภูมิเฉลี่ยของอากาศและดินลดลงจะไปลดศักยภาพการเจริญเติบโตลดการตรึงคาร์บอนสำหรับการสังเคราะห์แสงแต่การหายใจจะเพิ่มมากขึ้น [10]

2.2.8 น้ำขึ้น-น้ำ แนวลดหลั่น (Gradient) ของเขตพันธุ์ไม้ ขึ้นกับปัจจัยแวดล้อม 2 ปัจจัยคือ ความเค็มของน้ำในดินและความเปียกชื้นของดิน รูปแบบความเค็มของน้ำในดินในเขตพื้นที่น้ำท่วมถึงขึ้นอยู่กับอิทธิพลของความเค็มของกระแสน้ำที่ท่วมถึง ปริมาณน้ำฝนการไหลบ่าของน้ำจืดและปริมาณน้ำจืดที่ไหลซึมเข้าสู่พื้นที่ในพื้นที่ใกล้ทะเลความเค็มของน้ำในดินจะมีความเค็มใกล้เคียงกับเค็มของน้ำทะเลคือประมาณ 35‰ และน้ำในดินจะมีความเค็มน้อยกว่า 1‰ ในบริเวณพื้นที่ชายเลนที่อยู่ต้นคลองติดน้ำจืด และอีกหนึ่งคือ ปัจจัยอื่นที่ผันแปรในเขตพื้นที่น้ำท่วมถึงคือปริมาณธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ศักยภาพในการออกซิเดชั่น-รีดักชั่นค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเข้มข้นของซัลไฟด์ (Sulfide) ของน้ำในดินและเนื้อดิน การขึ้นลงของน้ำมี 2 แบบ คือ 1) น้ำทะเลขึ้นลงวันละ 2 ครั้งเรียกว่าแบบน้ำคู่ (Semi-Diurnal Tide) 2) การขึ้นลงแบบน้ำคู่จะพบในภาคใต้ฝั่งอันดามันส่วนฝั่งอ่าวไทยน้ำทะเลขึ้นลงวันละครั้งเรียกว่าแบบน้ำเดี่ยว (Diurnal Tide) [15]

2.2.9 คลื่นและกระแสน้ำ คลื่นตามชายฝั่งทะเลส่วนใหญ่ถึงแม้จะเป็นคลื่นขนาดเล็ก แต่ก็มีผลต่อการกัดเซาะชายฝั่งทำให้ชายฝั่งทะเลเกิดการพังทลายและกวนให้ตะกอนเกิดการฟุ้งกระจายและตกตะกอนใหม่อีกครั้ง ตะกอนบางส่วนถูกคลื่นพัดพาออกสู่ทะเล อนุภาคดินตะกอนใหญ่จะตกตะกอนก่อนสะสมทับถมกันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปรงรูปแบบทางภูมิประเทศขึ้น เช่น สันดอนปากแม่น้ำหรือสันทราย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพบริเวณใกล้ปากคลองและร่องน้ำ ส่งผลต่อรูปแบบของผืนเลนกระแสน้ำยังมีผลเลนต่อการกัดเซาะชายฝั่ง ทำให้ชายฝั่งของแม่น้ำพังทลายในทางตรงกันข้ามก็เกิดการตกตะกอนทำให้เกิดเป็นพื้นที่ดินเลนงอกใหม่ขึ้น ดังนั้นคลื่นและกระแสน้ำจึงมีผลต่อโครงสร้างของป่าชายเลนทั้งการพังทลายชายฝั่งและการเกิดดินเลนงอกขึ้นมาใหม่ [10]

2.2.10 ความเค็ม ความเค็มเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตการรอดตายและการกระจายของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนพันธุ์ไม้ ป่าชายเลนแบ่งเป็น 2 กลุ่มตามความทนทานต่อความเค็มกลุ่มแรกเป็นกลุ่มพันธุ์ไม้ที่มีช่วงความทนทานต่อความเค็มกว้าง (0.80‰) เช่น โกงกางสไนโลซาและ*Ceriops australis* กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มพันธุ์ไม้ที่มีช่วงทนทานต่อความเค็มแคบ (<40‰) พันธุ์ไม้ในกลุ่มที่สอง เช่น โกงกางใบใหญ่ พังกาสุมหัวดอกขาว ลำพู ตะบูนขาวและฝาดดอกแดง เป็นต้นพันธุ์ไม้ป่าชายเลนมีความทนทานต่อความเค็มต่ำกว่า 33‰ แต่พันธุ์ไม้หลายชนิดสามารถมีชีวิตในที่มีความเค็มจัด เช่น แสมทะเล ตาตุ่มทะเล ฝาดดอกขาว พบในที่มีความเค็มถึง 85-90‰ [16] พื้นที่มีความเค็มสูงมักจะพบในช่วงแล้ง ในฤดูฝนความเค็มในพื้นที่ดังกล่าวจะลดลงพันธุ์ไม้ป่าชายเลนส่วนใหญ่จะสามารถอยู่ในที่มีความเค็มสูงกว่าความเค็มเฉลี่ยในรอบปีเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆได้ความทนทานต่อความเค็มของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดจะผันแปรจากพื้นที่หนึ่งไปอีกพื้นที่หนึ่งไปอีกพื้นที่หนึ่งพันธุ์ไม้บาง

ชนิดต้องขึ้นในพื้นที่ที่มีความเค็มเท่านั้นเช่นแสมทะเล ในขณะที่พันธุ์ไม้หลายชนิดสามารถขึ้นได้ในดินที่ไม่มีความเค็ม เช่น พันธุ์ไม้สกุลพังกาหัวสุม ตะบูนขาว ลำพู หงอนกาทะเลและต้นจาก [10]

2.3 พันธุ์ไม้ป่าชายเลน

ในประเทศไทยมีพันธุ์ไม้ป่าชายเลนหลายชนิดทั้งไม้ยืนต้นพวกกาฝากเถาวัลย์และสาหร่าย ซึ่งเกือบทั้งหมดเป็นไม้ไม่ผลัดใบมีลักษณะทางกายวิภาคและสรีระคล้ายคลึงกันและมีพันธุ์ไม้อยู่ถึง 35 วงศ์ 53 สกุลและ 74 ชนิด พันธุ์ไม้ที่เด่นและสาคัญส่วนใหญ่อยู่ในวงศ์ Rhizophoraceae โดยเฉพาะในสกุลไม้โกงกาง (*Rhizophora* spp.) สกุลไม้โปรง (*Ceriop*s spp.) สกุลไม้ถั่ว สำหรับพันธุ์ไม้ในวงศ์ Sonneratia ได้แก่ ไม้ในสกุลลำพูและลำแพน (*Sonneratia* spp.) พันธุ์ไม้ในวงศ์ Verbenaceae ได้แก่ สกุลไม้แสม (*Avicennia spp.*) นอกจากนี้ พันธุ์ไม้ในวงศ์ Meliaceae ได้แก่ สกุลตะบูนและตะบัน (*Xylocarpu*s spp.) เป็นต้น [1]

2.3.1 ไม้วงศ์โกงกาง (Rhizophoraceae) จัดเป็นไม้ไม่ผลัดใบหรือไม้พุ่ม พันธุ์ไม้วงศ์นี้ ทั่วโลกมีประมาณ 15 สกุล 135 ชนิด กระจายพันธุ์ทั่วเขตร้อน โดยเฉพาะพื้นที่แถบโลกเก่า พบในประเทศไทยพบ 7 สกุล 16 ชนิด พบในป่าชายเลนพบ 4 สกุล 10 ชนิด ล้วนเป็นพันธุ์ไม้ป่าเลนที่แท้จริง

ภาพที่ 2.1 พรรณไม้วงศ์โกงกาง

2.3.2 อนุกรมวิธานของต้นโกงกาง

1A.โคนต้นมีรากค้ำยัน แผ่นใบด้านล่างมีจุดสีน้ำตาล กลีบเลี้ยงและกลีบดอกมีอย่างละ 4 กลีบ ปลายกลีบ ดอกไม่มีรยางค์ ก้านเกสรเพศผู้ปรากฏไม่ชัดเจน _____2

1B.โคนต้นไม่มีรากค้ำยัน แผ่นใบด้านล่างไม่มีจุดสีน้ำตาล กลีบเลี้ยงและกลีบดอกมีอย่างละ5-16 กลีบ ปลายกลีบดอกไม่มีรยางค์ ก้านเกสรเพศผู้ปรากฏไม่ชัดเจน _____3

2A. แผ่บใบรูปรี ปลายใบเป็นติ่งแหลมอ่อน หูใบ ก้านใบและเส้นกลางใบสีชมพูหรือแดงเรื่อ ช่อดอกประกอบด้วยดอกย่อย 2 ดอก ก้านช่อดอกยาว 0.6 -2 ซม.ไม่มีก้านดอกย่อย ใบประดับเชื่อมติดกันเป็นรูปถ้วย ปลายหยักถี่ กลีบดอกเกลี้ยง ฝักลำต้นใต้ใบเลี้ยง มักโค้ง_____

_____โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*)

2B. แผ่บใบรูปไข่กว้าง ปลายใบเป็นติ่งแหลมเล็ก หูใบ ก้านใบและเส้นกลางใบมักมีสีเขียว ช่อดอกประกอบด้วยดอกย่อย 2-12 ดอก แตกแขนงเป็นง่าม 2-4 ชั้น ก้านช่อดอกยาว 3-7 ซม. มีก้านดอกย่อย ใบประดับเชื่อมติดกัน เฉพาะส่วนโคนปลายแยกเป็น 2 แฉก ขอบกลีบดอกมีขนปกคลุม ฝักเรียวตรง_____โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*)

2.3.2.1 โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata* Poir.) วงศ์ Rhizophoraceae

ชื่ออื่น: โกงกางนอก (เพชรบุรี); กงกอน (เพชรบุรี, ชุมพร); กงเกง (นครปฐม); กางเกง, พังกาใบใหญ่ (ภาคใต้); Red mangrove

เขตการกระจาย: แอฟริกาฝั่งตะวันออก เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตะวันออกเฉียงเหนือของออสเตเรีย ตองกาและหมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิก

นิเวศวิทยา: คล้ายใบโกงกางใบเล็กแต่ขึ้นได้ดีในที่ดินเลน ที่มีทรายผสม ปากแม่น้ำที่เป็นดินเลนใหม่หรือตามลำคลอง น้ำกร่อยที่ไม่ไกลจากทะเล ออกดอกและผลเกือบตลอดทั้งปี

ลักษณะทั่วไป: ไม้ต้นขนาดใหญ่สูง 25-30 เมตร เรือนยอดรูปทรงกรวยคว่ำแล้วแผ่กว้าง รากค้ำยันสูง 2-7 เมตร แตกแขนงระเกะระกะไม่เป็นระเบียบ มักโค้งลงและไม่หักศอกเป็นมุมฉาก เหมือนรากค้ำยันของโกงกางใบเล็ก บางครั้งมีรากอากาศแตกออกจากกิ่ง เปลือกหยาบสีเทาคล้ำถึงดำ แตกเป็นร่องตื้นๆตามยาวและขวาง ลักษณะคล้ายตารางสี่เหลี่ยม เมื่อทุบเปลือกทิ้งไว้สักครู่ เปลือกในจะเป็นสีเหลืองถึงส้ม

ใบ: ใบเดี่ยว เรียงตรงข้ามสลับตั้งฉาก ออกเป็นกระจุกที่ปลายกิ่ง แผ่นใบรูปไข่กว้างถึงรูปรีกว้างขนาด 8-10x14-20 เซนติเมตร โคนใบมนสอบหรือเป็นรูปลิ่ม ขอบใบเรียบ ปลายใบมนหรือแหลม มีติ่งแหลมเล็กแข็งสีดำ เส้นใบเป็นร่างแหขนนก มองเห็นไม่ชัดเจน เส้นกลางใบราบสีเขียว

อ่อน เส้นแขนง 9-12 คู่ มองเห็นลางๆ ผิวใบเกลี้ยง ด้านบนสีเขียมอมเหลือง ด้านล่างสีซีดกว่าและมีจุดสีน้ำตาลกระจายทั่วแผ่นใบ เนื้อใบอวบน้ำ แกนเหนียวคล้านแผ่นหนัง ก้านใบยาว 3-4 เซนติเมตร หูใบแคบ ปลายเรียวแหลม ประกบกันเป็นคู่ ที่ปลายยอดยาว 5-10 เซนติเมตร สีเขียวอ่อน พบน้อยที่เป็นสีชมพูอ่อนหรือแดงเรื่อ

ดอก: ดอกช่อกระจุกสองด้าน หลายชั้น มักแตกเป็นง่าม 2-4 ชั้น ออกตามง่ามใบ ก้านช่อดอกยาว 3-7 เซนติเมตร ประกอบด้วยดอกย่อย 2-12 ดอก ก้านดอกย่อยยาว 0.4-1 เซนติเมตร ดอกตูม รูปทรงไข่ ประดับที่ฐานดอกเชื่อมติดกัน เฉพาะโคนปลายแยกเป็น 2 แฉก กลีบเลี้ยงโคนเชื่อมติดกันเป็นหลอดรูปถ้วยตื้นๆปลายแยกเป็น 4 แฉก รูปไข่ถึงรูปสามเหลี่ยมขนาด 0.5-0.8 x1.2-1.5 เซนติเมตร สีเหลืองอ่อน แข็งหนา แผ่บาน แล้วโค้งลง กลีบดอก 4 กลีบ รูปใบหอก แยกกันและหลุดร่วงเร็วขนาด 0.5-0.8x0.6-1 เซนติเมตร สีขาวหรือสีเหลืองอ่อน ขอบกลีบมีขนหนาแน่น เกสรเพศผู้ 8 อัน (อยู่เหนือกลีบดอกและกลีบเลี้ยงอย่างล่ะ 4 อัน) ก้านเกสรสั้นมากหรือลดรูปหายไป อับเรณูยาว 0.6-1 เซนติเมตร เกสรเพศเมียยาว 0.2-0.3 เซนติเมตร ยอดเกสรเพศเมียแยกเป็นแฉกสั้นๆ 2 แฉก ไม่เด่น รังไข่อยู่ใต้วงกลีบ ภายในแบ่งเป็น 2 ช่อง แต่ละช่องมีไข่อ่อน 2 เมล็ด

ภาพที่ 2.2 ลักษณะดอกของโกงกางใบใหญ่
ที่มา: สรายุทธ บุณยะเวชชีวิน และรุ่งสุริยา บัวสาลี, ป่าชายเลนนิเวศวิทยาและพรรณไม้, ครั้งที่ 1. ปีที่. 2554. กรุงเทพมหานคร : กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธ์พืช, 2554.

ผล: แบบผลมีเนื้อเมล็ดเดียว รูปทรงไข่ ปลายคอดยาว 3-8 เซนติเมตร ผิวหยาบค่อนข้างขรุขระ สีน้ำตาลอมเขียว เมล็ดงอกตั้งแต่อยู่บนต้น ลำต้นใต้ใบเลี้ยง ฝักคล้ายรูปทรงกระบอกเรียวค่อนข้างตรง ขนาด 1-5.2x40-70 เซนติเมตร โคนฝักเรียวแหลม ผิวเป็นมัน สีเขียว มีตุ่มขระขระกระจายทั่วไป ใบเลี้ยงที่ยื่นออกมาสีเขียวอ่อน ยาว 2-4 เซนติเมตร [10]

ภาพที่ 2.3 ลักษณะใบและผลของโกงกางใบใหญ่
ที่มา: สรายุทธ บุณยะเวชชีวิน และรุ่งสุริยา บัวสาลี, ป่าชายเลนนิเวศวิทยาและพรรณไม้, ครั้งที่ 1. ปีที่. 2554. กรุงเทพมหานคร : กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธ์พืช, 2554.

2.3.2.2 โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata* Blum.) วงศ์ Rhizophoraceae

ชื่อพ้อง: *R. candelaria* DC.; R. conjugata Kurz

ชื่ออื่น: โกงกาง (ระนอง), พังกาใบเล็ก (พังงา); พังกาทราย (กระบี่)

เขตการกระจาย: อินเดีย ศรีลังกา เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตลอดถึงหมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิกและตอนเหนือของออสเตเรีย

นิเวศวิทยา: พบขึ้นเป็นหมู่ไม้ที่มีพันธุ์ไม้ชนิดเดียว (pure stand) ตามปากแม่น้ำลำคลองและพื้นที่ชายฝั่งทะเล ซึ่งเป็นบริเวณที่มีเลนอ่อน ค่อนข้างลึกและน้ำทะเลท่วมถึงสม่ำเสมอ บางครั้งมีใบโกงกางใบใหญ่ขึ้นปะปน ออกดอกและผลเกือบตลอดทั้งปี

ลักษณะทั่วไป: ไม้ต้นขนาดใหญ่สูง 25-30 เมตร เรือนยอดรูปทรงกรวยคว่ำแล้วแผ่กว้าง มักแตกกิ่งทำมุมเอียงขึ้นกับลำต้น รากค้ำยันสูง 3-8 เมตร รากค้ำยันแตกแขนงระเกะระกะไม่เป็นระเบียบ โคนรากทำมุมเกือบมุมเกือบตั้งฉากกับลำต้นแล้วหักศอกลงดินเกือบเป็นมุมฉาก มักมีรากอากาศแตกแขนงตามกิ่ง เปลือกหยาบสีเทาคล้ำหรือสีเทาอมชมพูเรียบ แล้วแตกเป็นร่องตามยาวตื้นๆ

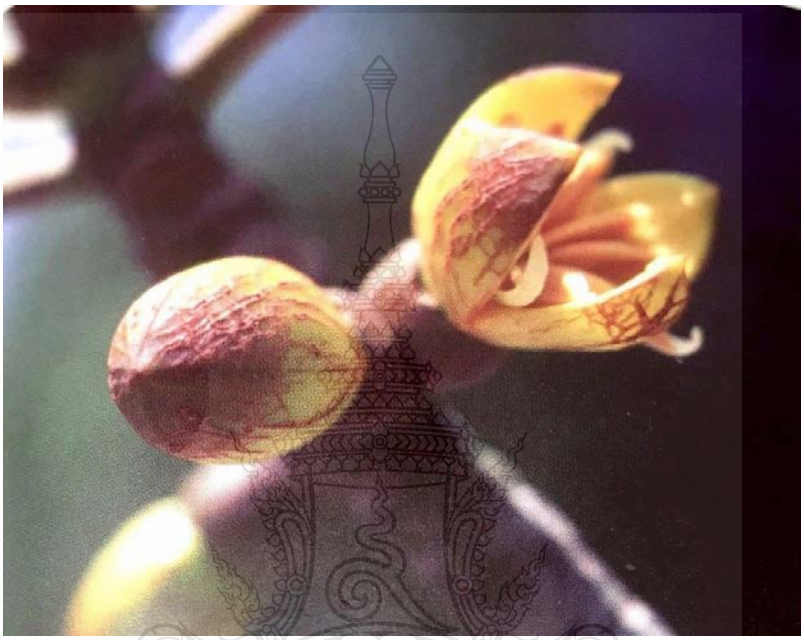
บางครั้งมีร่องแตกตามขวางคั่นไม่เป็นระเบียบ ลักษณะคล้ายตารางสีเหลี่ยม เมื่อทุบเปลือกทิ้งไว้สักครู่เปลือกในจะเป็นสีแดงสดถึงสีแดงเลือดหมู

ใบ: ใบเดี่ยว เรียงตรงข้ามสลับตั้งฉาก ออกเป็นกระจุก ที่ปลายกิ่งแผ่นใบ รูปรีถึงรูปขอบขนานแกมรูปรี ขนาด 4-8x8-18 เซนติเมตร โคนใบสอบเป็นรูปลิ่มถึงมน ขอบใบเรียบ ปลายใบแหลมหรือเป็นติ่งแหลม อ่อนสีดำ เส้นใบเป็นร่างแหขนนกมองเห็นไม่ชัดเจน เส้นกลางใบแบนราบด้านล่างเป็นสีแดงเรื่อแล้วเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน เส้นแขนง 7-10 คู่ มองเห็นลางๆ ผิวใบเกลี้ยง ด้านบนสีเข้มเป็นมัน ด้านล่างสีซีดกว่าและมีจุดสีน้ำตาลกระจายทั่วผิวใบ เนื้อใบอวบน้ำแกมเหนียว คล้ายแผ่นหนังก้านใบยาว 2-3 เซนติเมตร หูใบแคบ ปลายเรียวแหลม สีชมพูถึงแดงเรื่อ ประกบกันเป็นคู่ที่ปลายยอด ยาว 4-8 เซนติเมตร หลุดร่วงง่าย

ภาพที่ 2.4 ลักษณะใบของโกงกางใบเล็ก
ที่มา: สรายุทธ บุณยะเวชชีวิน และรุ่งสุริยา บัวสาลี, ป่าชายเลนนิเวศวิทยาและพรรณไม้, ครั้งที่ 1. ปีที่. 2554. กรุงเทพมหานคร : กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธ์พืช, 2554.

ดอก: ดอกแบบช่อกระจุกด้านเดียว ออกตามง่ามใบหรือเหนือรอยแผลใบใกล้ปลายยอด ก้านช่อดอกยาว 0.6-2 เซนติเมตร แต่ละช่อประกอบด้วยดอกย่อย 1 คู่ ไม่มีก้านดอก ดอกตูมทรงรูปไข่ ยาว 1.2-1.6 เซนติเมตร ใบประดับที่ฐานดอกเชื่อมติดกันเป็นรูปถ้วย ปลายหยักมนถี่ กลีบเลี้ยงโคนเชื่อมติดกันเป็นหลอดรูปถ้วยตื้นๆ ปลายแยกเป็น 4 แฉก รูปไข่ขนาด 0.6-0.8x0.8-1.5 เซนติเมตร สีเหลืองหรือเหลืองอมเขียว แข็งหนา ปลายแหลมแผ่บานออก กลีบดอก 4 กลีบ รูปใบหอก แยกกันและ

หลุดร่วงเร็ว ขนาด 0.1-0.2x0.7-1.2 เซนติเมตร สีเหลืองอ่อนหรือเหลืองอมเขียว ขอบกลีบไม่มีขน เกสรเพศผู้ 12 อัน อยู่เหนือกลีบดอก 4 อันกลีบเลี้ยง 8 อัน ก้านเกสรสั้นหรือลดรูปหายไป อับเรณูยาว 0.6-0.8 เซนติเมตร เกสรเพศเมียยาว 0.15-0.25 เซนติเมตร ยอดเกสรเพศเมียแยกเป็นแฉก 2 แฉก รังไข่อยู่กึ่งใต้วงกลีบภายในแบ่งเป็น 2 ช่อง แต่ละช่องมีไข่อ่อน 2 เมล็ด



ภาพที่ 2.5 ลักษณะดอกของโกงกางใบเล็ก
ที่มา: สรายุทธ บุณยะเวชชีวิน และรุ่งสุริยา บัวสาลี, ป่าชายเลนนิเวศวิทยาและพรรณไม้, ครั้งที่ 1. ปีที่. 2554. กรุงเทพมหานคร : กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธ์พืช, 2554.

ผล: ผลมีเนื้อเมล็ดเดียว รูปทรงไข่กลับ ปลายคอดยาว 2-3 เซนติเมตร ผิวหยาบค่อนข้างขรุขระ สีน้ำตาลคล้ำ เมล็ดงอกตั้งแต่อยู่บนต้น ลำต้นใต้ใบเลี้ยง ฝักคล้ายรูปทรงกระบอก ขนาด 1-1.5x20-40 เซนติเมตร มักโค้งงอทางด้านยอดฝักแล้วเหยียดตรงและขยายใหญ่ขึ้นที่ส่วนโคน ส่วนปลายของโคนฝักทู่ ผิวเป็นมันสีเขียวหรือสีเขียวอมม่วง ค่อนข้างเรียบหรือมีตุ่มขระขระ กระจายทั่วไป ใบเลี้ยงที่ยื่นออกมาสีแดงส้มหรือสีน้ำตาลแดง ยาว 1-2 เซนติเมตร [10]

2.4 รูปแบบการเจริญเติบโตพืช

การเจริญเติบโต หมายถึงการเพิ่มของขนาดระหว่างที่พืชเจริญจากต้นอ่อน (Zygote) ซึ่งมิได้เพิ่มเพียงปริมาตรเท่านั้น รวมถึงการเพิ่มในส่วนของน้ำหนัก จำนวนเซลล์ปริมาณของ

(Protoplasm) ในการศึกษาวิจัยในทางการเกษตร ชีววิทยา และวิชาอื่นๆ มักทำการวัดการเพิ่มขนาดลำต้นหรือปริมาตรมวลชีวภาพ โดยการวัดความยาว ความสูง ความกว้าง เส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก การวัดการเพิ่มของน้ำหนักจะต้องเก็บเกี่ยวพืชทั้งต้นหรือบางส่วนของพืชมาชั่ง ซึ่งจะวัดเป็นน้ำหนักสด (Fresh Weight)

2.4.1 รูปแบบของการเจริญเติบโตของพืช

สำหรับการศึกษาความสัมพันธ์การเจริญเติบโตกับเวลา (Growth Kinetics) มักเขียนออกมาเป็น (Mathematical Model) โดยมีรูปแบบของการเจริญของพืชจะเป็นรูปตัว เอส หรือเรียกว่า (Sigmoid Curve) ซึ่งพืชปีเดียว พืชล้มลุกและยืนต้น มักจะมีการเจริญเติบโตในรูปตัวเอส 4 ส่วนคือ

2.4.1.1 Exponential Phase เป็นการเจริญเติบโตที่เกิดขึ้นช้า ๆ เช่น ช่วงการงอกของเมล็ดมีเซลล์น้อยจึงเจริญช้า แต่อัตราจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อมีจำนวนเซลล์มากขึ้น ในทางพืชไร่จะเกิดขึ้นในช่วงสั้น ๆ คือ ระยะที่เริ่มแตกใบออกมา

2.4.1.2 Linear Phase เป็นช่วงที่มีการเพิ่มขนาดในอัตราคงที่ จนกระทั่งถึงอัตราสูงสุดในกำหนดเวลาหนึ่ง เป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตเร็วและเป็นระยะที่ค่อนข้างยาว ในช่วงนี้ของพืชจึงมีอัตราคงที่ เพราะว่าลำต้นและรากเจริญด้านความยาวเท่านั้น ในทางพืชไร่ จะใช้ช่วงการเจริญในระยะ Linear Phase นี้เปรียบเทียบการเจริญของพืช

2.4.1.3 Declining State คือ ระยะที่มีการเจริญลดลง ถ้ายังเพิ่มอัตราการเจริญก็เป็นการเพิ่มที่น้อยกว่าระยะ Linear Phase ทั้งนี้อาจจะเกิดจากการแข่งขันกันภายในต้นพืช

2.4.1.4 Steady State เป็นช่วงที่การสังเคราะห์สารเท่ากับการใช้สารของต้นพืช อาจจะเกิดจากใบเริ่มแก่ การสังเคราะห์แสงลดลง แต่มีใบใหม่เกิดขึ้น ในอัตราที่สมดุลกัน เป็นช่วงที่เรียกว่า “Physiological Maturity”

การเจริญเติบโตของพืชในระยะแรกจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ เพราะพืชยังมีขนาดเล็ก มีจำนวนเซลล์ไม่มาก แต่เมื่อพ้นระยะนี้พืชจะโตอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะเป็นช่วงที่เรียกว่า (Linear Phase) แต่การเจริญจะไม่สูงขึ้นอย่างไม่มีที่สิ้นสุด ในที่สุดพืชจะมีการเจริญที่ลดลงและอาจจะหยุดไปเพราะพืชหมดอายุหรือเข้าสู่ระยะพักตัว ในระยะที่พืชยังมีขนาดเล็ก พื้นที่ใบมีน้อย ทำให้รับแสงได้ไม่มาก และยังต้องส่งอาหารที่สังเคราะห์ได้ลงไปยังราก การลดการเจริญเมื่อพืชเข้าสู่ระยะใกล้จะแก่ คือ ระยะ (Declining State) นั้น อาจจะเกิดจากหลายปัจจัย เช่น พืชหลายชนิดจะหยุดการเจริญทางกิ่งก้านสาขาเมื่อมีการสร้างดอกและผล การออกดอกเป็นสัญญาณที่แสดงให้เห็นว่าส่วน ของพืชจะหยุดการเจริญเติบโต นอกจากนั้นเมื่อพืชเจริญมากขึ้น เนื้อเยื่อส่วนใหญ่จะมีกิจกรรมน้อยลง ใบล่างมักจะถูกบังจากใบบนทำให้สังเคราะห์แสงไม่ได้ ในที่สุดใบก็จะตายไปทำให้น้ำหนักแห้งลดลง ส่วน

ของ ลำต้นที่แก่ มักจะมีกระบวนการเมตาบอลิสม์น้อยลงและไม่มีการเจริญเติบโตเกิดขึ้น นอกจากนั้นพืชยังต้องแข่งขันกับพืชข้างเคียงทั้งในแง่ของอาหารและแสงด้วย

การเจริญเติบโตเป็นการเพิ่มขนาดหรือปริมาตร ซึ่งในทางทฤษฎีสามารถวัดการเจริญเติบโตได้ การเพิ่มปริมาตรนั้นจะวัดการขยายใน 1-2 ทิศทาง เช่น ความยาว ความสูง ความกว้าง เส้นผ่าศูนย์กลางระดับอกหรือพื้นที่ การเพิ่มน้ำหนักวัดได้จากการชั่งน้ำหนักต้นไม้ทั้งต้นหรือบางส่วน วิธีการวัดการเจริญเติบโตที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มขนาด ทำได้โดยไม่ยาก โดยใช้เครื่องมือวัด เมื่อต้องการวัดปริมาตรหรือมวลชีวภาพ อาจจะต้องใช้วิธีการคำนวณลักษณะทางเรขาคณิตของส่วนของพืชนั้น ๆ ง่าย แต่ถ้ารูปทรงไม่เป็นทรงเรขาคณิต อาจจะต้องใช้วิธีแทนที่น้ำ ส่วนการวัดพื้นที่ เช่น พื้นที่ใบสามารถทำได้หลายวิธี เช่นวัดจากใช้กระดาษกราฟแล้ววัดพื้นที่โดยใช้ตารางในกระดาษกราฟ หรือใช้เขียนลงบนกระดาษ แล้วตัดนำไปชั่งน้ำหนักหรือใช้เครื่องมืออัตโนมัติวัดโดยตรง เครื่องมือนี้ประกอบด้วย (Photocells) ซึ่งได้รับแสงจากแหล่งของแสงในสัดส่วนที่ผกผันกับพื้นที่ของใบ ที่อยู่ระหว่าง (Photocells) และแหล่งของแสง หน่วยที่ใช้ในการวัดการเจริญเติบโตนั้นใช้ระบบ SI (Systeme-International d' Unites) ซึ่งหน่วยของความยาวคือ เมตร และมวล มีหน่วยเป็นกิโลกรัม หน่วยย่อยของความยาวคือ มิลลิเมตร หน่วยย่อยของน้ำหนักคือ ไมโครกรัม มิลลิกรัม และกรัม หน่วย SI (Systeme-International d' Unites) สำหรับพลังงานคือ จูล อุณหภูมิคือ เซลเซียส และเวลาคือ วินาที แต่ในด้านการวัดการเจริญ วินาที เป็นช่วงที่สั้นเกินไปจึงสามารถใช้หน่วยเป็นวันหรือสัปดาห์ได้ [17]

2.5 มวลชีวภาพ

มวลชีวภาพ หมายถึง ปริมาณของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของสถานะการณ์ใด ๆ มวลชีวภาพอาจวัดได้ในรูปแบบของน้ำหนักสดน้ำหนักแห้ง น้ำหนักอินทรีย์สารที่ไม่รวมถึงน้ำหนักขี้เถ้า (Ash-free dry weight) น้ำหนักคาร์บอนแคลอรี่ หรือหน่วยอื่นๆ ซึ่งอาจเป็นประโยชน์สำหรับวัตถุประสงค์ของการเปรียบเทียบโดยอาจมีหน่วยเป็น กรัมต่อตารางเมตร กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ หรือหาในรูปพลังงานซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี่ [18] ให้ความหมายโดย Odum ในขณะเดียวกัน พงศักดิ์ ได้ให้ความหมายของมวลชีวภาพไว้ว่า เป็นน้ำหนักของพืชที่วัดได้ออกมาเป็นน้ำหนักแห้ง หรือน้ำหนักแห้งของพืชที่ปราศจากขี้เถ้า อาจเป็นน้ำหนักต่อหน่วยของพืช เช่น ต่อต้น หรือต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งหมายถึงมวลชีวภาพของพืชทั้งกลุ่ม ทั้งหมู่ไม้ หรือสังคมพืช [19] ซึ่งสอดคล้องกับ Ovington ที่ให้ความหมายไว้ว่า มวลของสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏอยู่ในระบบนิเวศต่อหน่วยพื้นที่ ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของสถานะการณ์ใด ๆ มวลของสิ่งมีชีวิตนี้ประกอบด้วยมวลของพืชสี

เขียวที่สร้างขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยรวมทั้งสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศ [20] แต่โดยทั่วไปนิยมหาออกมาในรูปแบบของน้ำหนักแห้งซึ่งมีหน่วยเป็นตันต่อเฮกแตร์ [21] นอกจากนี้ยังมีผู้ให้ความหมายแตกต่างกันออกไปอีกหลายท่าน ได้แก่ Brown ให้ความหมายของมวลชีวภาพไว้ว่า มวลชีวภาพ คือ ปริมาณของสารอินทรีย์ในส่วนที่มีชีวิตทั้งหมดในพืชสังเคราะห์ขึ้นโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงที่เปลี่ยนพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์มาเป็นพลังงานเคมีที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์โดยนำธาตุอาหารมาจากดินและอากาศมาใช้ ซึ่งสารอินทรีย์จะเปลี่ยนเป็นมวลชีวภาพซึ่งวัดออกมาเป็นน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่ [22]

จากคำนิยามและความหมายข้างต้นสามารถสรุปความหมายได้ว่า มวลชีวภาพหมายถึงปริมาณของสารอินทรีย์ในส่วนสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่พืชสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของสถานะการณ์ใด ๆ ที่สามารถวัดออกมาได้ในรูปของน้ำหนักสด (Fresh weight) น้ำหนักแห้ง (Dry weight) น้ำหนักปราศจากขี้เถ้า (Ash free dry weight) หรือน้ำหนักคาร์บอน (Carbon weight) โดยมีหน่วยเป็นน้ำหนักต่อหน่วยของพืช เช่น ต่อต้น หรือต่อหน่วยพื้นที่

2.6 การประมาณค่ามวลชีวภาพ

วิธีการหาค่ามวลชีวภาพ ได้แบ่งการหาออกเป็น 3 วิธี คือ

2.6.1 การหามวลชีวภาพจริงโดยการตัดพืชตัวอย่างที่ต้องการศึกษาในพื้นที่ทั้งหมดเพื่อนำมาชั่งน้ำหนักสดและนำไปอบแห้งเพื่อหาค่าน้ำหนักแห้งที่คงที่ โดยการเปรียบเทียบกับน้ำหนักสด ซึ่งในการหามวลชีวภาพวิธีนี้ มีขั้นตอนที่ยุ่งยาก ใช้แรงงานผู้ตรวจวัดจำนวนมาก งบประมาณสูง แต่มีข้อดีคือค่ามวลชีวภาพแม่นยำสูง

2.6.2 การหามวลชีวภาพจริงโดยใช้ต้นไม้ที่มีขนาดเฉลี่ย โดยการตัดฟันต้นพืชตัวอย่างที่มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดเฉลี่ยจากการสำรวจ ขนาดความสูง (Ht) และขนาดเส้นรอบวง (GBH) เพื่อนำไปชั่งน้ำหนักสด อบแห้ง และเปรียบเทียบหาค่ามวลชีวภาพจริง ซึ่งวิธีนี้มีข้อดีคือลดการตัดฟันต้นไม้ตัวอย่าง เวลา งบประมาณและแรงงานได้อย่างมาก แต่มีข้อเสียคือ ค่ามวลชีวภาพที่ได้จะมีความแม่นยำลดลง

2.6.3 การหามวลชีวภาพโดยสมการแอลโลเมตรี สมการแอลโลเมตรีมีหลักการที่สำคัญคือการเจริญเติบโตของพืชทั้งหมดจะมีความสัมพันธ์กับการเจริญกับขนาดของอวัยวะบางส่วนของพืชในที่นี้คือความสูง (Ht) และเส้นรอบวง (GBH) โดยมีรูปแบบความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ในรูปแบบพาวเวอร์ฟังก์ชั่น [23]

$$y = Ax^b \quad (2.1)$$

โดยที่ y = น้ำหนักหรือมวลชีวภาพของส่วนต่างๆของพืชหรือต้นไม้

x = มิติหรือขนาดของพืชที่วัดได้จากพืชตัวอย่าง (เส้นรอบวง^2.ความสูง)

A = ค่าคงที่ของสมการ

b = ค่าคงที่ของสมการ

เมื่อพิจารณารูปแบบของสมการแอลโลเมตรีในด้านทางคณิตศาสตร์จะเห็นได้ว่าสมการมีรูปแบบเป็นเส้นโค้งของความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักหรือมวลชีวภาพ (y) กับมิติหรือขนาดของพืชที่วัดได้จากพืชตัวอย่าง (เส้นรอบวง^2.ความสูง) (x) ซึ่งสามารถแปลงรูปสมการเส้นโค้งไปอยู่ในรูปเส้นตรงได้โดยการแปลงเป็นล๊อกกาลิทึมฐาน 10 (Base 10 Logarithm Transformation) ดังนี้

$$y = Ax^b \quad (2.2)$$

$$\text{ดังนั้น } \log y = \log A + b \log x \quad (2.3)$$

หลังจากแทนที่ค่า มวลชีวภาพ (y) กับมิติหรือขนาดของพืชที่วัดได้จากพืชตัวอย่าง (เส้นรอบวง^2.ความสูง) (x) ลงในสมการแล้ว หลังจากนั้นจะคำนวณหาค่าคงที่ A และ b จากวิธีการวิเคราะห์รีเกรสชั่น (Regression Analysis) หรือ Least Square Method เมื่อได้ค่าคงที่ A และ b ทั้งสองค่านี้แล้วก็สามารถจะประมาณหามวลชีวภาพของส่วนต่างๆของพืชได้จากการวัดขนาดเส้นรอบวง (GBH) ความสูง (Ht) โดยไม่จำเป็นต้องตัดฟันต้นไม้ลงมา และ เมื่อรวมมวลชีวภาพของทุกต้นเข้าด้วยกันแล้วจะสมารถแปลงเป็นปริมาณมวลชีวภาพของทุกส่วนต่อพื้นที่มาตรฐานคือต่อไร่หรือเฮกแตร์ (hectare, ha^{-1}) ได้ตามที่ต้องการ [24]

สมการแอลโลเมตรีที่หามาได้นั้นจะใช้ได้ดีหรือมีความเชื่อมั่นในความถูกต้อง หรือยอมรับได้อย่างมั่นใจเพียงใด เกณฑ์การตัดสินใจ การวิเคราะห์มิติหรือหาสมการแอลโลเมตรีนั้นมักจะดูจากที่ค่าสัมประสิทธิของการตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) ของสมการที่ได้ว่ามีค่าสูง 0.8 ขึ้นไป จะแสดงได้ว่าความสัมพันธ์ของสมการเป็นสิ่งที่ยอมรับได้ดีและมีความเชื่อมั่นสูงมากในทางสถิติ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จะนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกและตรวจติดตามมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การเติบโตของต้นโกงกางใบใหญ่ ในแง่ของ ความสูง เส้นรอบวง และมวลชีวภาพ ด้วยวิธีการทางแอลโลเมตรี (Allometric Method)

2.7 การประมาณมวลชีวภาพด้วยวิธีการแอลโลเมตรีพืชป่าไม้

Tamai et al. 1983 ได้สร้างสมการแอลโลเมตรีสำหรับการประเมินค่ามวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และรากของป่าชายเลนทางใต้ของประเทศไทย โดยใช้ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นยกกำลังสอง

คูณด้วยค่าความสูง (DBH^2H) เป็นตัวแปรอิสระในการแปลงค่ามวลชีวภาพในสมการแอลโลเมตรี [25]

Kominyama et al. 1988 ได้สร้างสมการแอลโลเมตรีสำหรับการประเมินค่ามวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และรากของป่าชายเลนทางใต้ของประเทศอินโดนีเซีย โดยใช้ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นยกกำลังสองคูณด้วยค่าความสูง (DBH^2H) เป็นตัวแปรอิสระ [26] ถึงแม้ว่าการประเมินค่ามวลชีวภาพจากสมการแอลโลเมตรีจะมีความสะดวก และรวดเร็ว เพียงนำค่าของความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นไม้ทุกต้นแทนค่าลงในสมการ และทำการคำนวณผลรวมของค่ามวลชีวภาพก็จะได้ผลลัพธ์มวลชีวภาพรวมของพื้นที่ แต่จากการศึกษาพบว่าการหาค่ามวลชีวภาพมีความจำเพาะต่อชนิดของพันธุ์ไม้ (Specific spicie) และ มีความจำเพาะต่อพื้น (Speccific site)

Poungparn et al. 2003 ที่ได้สร้างสมการแอลโลเมตรีสำหรับประมาณมวลชีวภาพของกิ่งและใบของพืชป่าชายเลนสกุลโกงกาง (*Rhizophor*a spp.) และประสัก (*Bruguier*a spp.) ในป่าชายเลนสามแห่งคือป่าชายเลนที่จังหวัดตราดทางภาคตะวันออกของประเทศไทยและป่าชายเลนที่จังหวัดพังงาทางภาคใต้ของประเทศไทย และป่าชายเลนที่ Halmahera เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย พบว่าสมการแอลโลเมตรีสำหรับป่าชายเลนในแต่ละแห่งเมื่อใช้ DBH^2H เป็นตัวแปรอิสระเหมือนกัน แต่พบว่ามีค่าคงที่ทั้งสองค่าของสมการแตกต่างทางสถิติ ย่อมแสดงให้เห็นว่าสมการแอลโลเมตรีแตกต่างกันอันเนื่องจากพื้นที่ [27] จากรูปแบบปัญหาสมการแอลโลเมตรีที่ความจำเพาะต่อพื้นที่และจำเพาะต่อพันธุ์ไม้ ส่งผลให้นักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาเพื่อหาสมการแอลโลเมตรีที่มีความไม่จำเพาะต่อพื้นที่และพันธุ์ไม้ดังนี้

Crow 1978 นำเสนอแนวคิดว่าหากพืชมีความหนาแน่นเนื้อไม้ (Wood Density) และรูปทรงต้นไม้ (Tree Form) ที่ไม่ต่างกัน ถึงแม้ว่าจะต่างชนิดกันก็สามารถใช้สมการแอลโลเมตรีสมการเดียวกันเพื่อประมาณค่ามวลชีวภาพลำต้นได้ [28]

Kominyama et al. 2002 ได้สร้างสมการแอลโลเมตรีทั่วไปสำหรับการประมาณค่ามวลชีวภาพของลำต้นไม้ป่าชายเลน 5 ชนิด ที่มีความหนาแน่นเนื้อไม้ต่างกันแต่รูปทรงต้นไม้ไม่ต่างกัน โดยใช้ตัวแปรอิสระเป็น DBH^2H คูณกับความหนาแน่นเนื้อไม้ ซึ่งเขียนอยู่ในรูป $DBH^2H \times \rho$ [29] และต่อมา

Komiyama et al. 2005 ได้พัฒนาสมการแอลโลเมตรีทั่วไปสำหรับการประมาณมวลชีวภาพของลำต้น (Ws) ของไม้ป่าชายเลนมากถึง 10 ชนิดจากพื้นที่ป่าชายเลน 5 แห่งสมการดังกล่าวคือ

$$Ws = 0.0687\ \rho\ (DBH^2H)^{0.931} \qquad (2.4)$$

ซึ่งสมการนี้มีค่าสมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) ที่ 0.986 [30]

Navar 2009 ได้นำแนวคิดของ Komiyama มาสร้างสมการแอลโลเมตรีทั่วไปสำหรับประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (W_T) ของต้นไม้ในป่าเขตอบอุ่นและป่าเขตร้อนของประเทศเม็กซิโกจากจำนวนตัวอย่างต้นไม้สูงถึง 872 ต้น

$$W_T = 0.000812(DBH)^{0.0919} \times 0.474\rho \qquad (2.5)\ [31]$$

สำหรับในส่วนของสมการแอลโลเมตรีในส่วนของกิ่งและใบ พบว่าในหลายงานวิจัยได้ใช้ทฤษฎี Pipe Model ของ Sninozaki et al. 1964 โดยมีหลักการคือ พื้นที่หน้าตัดของลำต้นที่ระดับความสูงของกิ่งสดกิ่งแรกจะรองรับน้ำหนักของเรือนยอดต้นไม้ที่อยู่เหนือกิ่งสดนั้นๆ [32]

Morataya et al. 1999 ได้สร้างสมการแอลโลเมตรีทั่วไปสำหรับประมาณชีวภาพใบของต้นไม้สองชนิดคือสักและซ้อ (*Tectona grandis* และ*Gmelina arborea*) โดยใช้ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูงของตำแหน่งกิ่งล่างสุดของเรือนยอดเป็นตัวแปรอิสระซึ่งค่าเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นระดับนี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นทีหน้าตัดของลำต้นที่ใต้เรือนยอดอันจะเป็นพื้นที่หน้าตัดที่รองรับน้ำหนักของเรือนยอดต้นไม้ที่ประกอบด้วยกิ่งและใบ [33]

Poungparn et al. 2003 ได้สร้างสมการแอลโลเมตรีทั่วไปสำหรับประมาณมวลชีวภาพกิ่ง (W_B) ของต้นไม้ในป่าชายเลนพื้นที่ต่างๆ 5 แห่งในประเทศไทย โดยใช้กำลังสองของเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูงของตำแหน่งกิ่งล่างสุดของเรือนยอด (D_B^2) เป็นตัวแปรอิสระดังสมการ

$$W_B = 0.0586\rho(D_B^2)\ 1.27 \qquad (2.6)\ [34]$$

Komiyama et al. 2005 ได้เสนอสมการแอลโลเมตรีทั่วไปสำหรับประมาณมวลชีวภาพใบ (W_L) ของต้นไม้ในป่าชายเลนจำนวน 10 ชนิดโดยใช้ผลคูณระหว่างความหนาแน่นเนื้อไม้และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูงของตำแหน่งกิ่งล่างสุดของเรือนยอดเป็นตัวแปรอิสระดังนี้

$$W_L = 0.126\rho\ (D_B^2)\ 0.848 \qquad (2.7)\ [30]$$

นับว่าเป็นงานวิจัยทางด้านความสัมพันธ์เชิงแอลโลเมตรีที่ได้รับการพัฒนาต่อยอดไปอีกเนื่องจากเป็นการใช้ความหนาแน่นของเนื้อไม้เป็นตัวแปรอิสระร่วมอีกตัวแปรหนึ่งเพื่อสร้างสมการแอลโลเมตรีของมวลชีวภาพใบโดยที่สามารถอธิบายได้ตามทฤษฎีของ Pipe Model [35]

2.8 การศึกษามวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินที่ปลูกโดยไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดทั้งในประเทศและต่างประเทศ

นรารัตน์ 2555 ศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพ ปริมาณการร่วงหล่นและการสลายตัวของซากพืชในป่าชายเลนชุมชนบ้านเปรด จังหวัดตราด พบว่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของโกงกางใบใหญ่ อายุ 5 ปี มีค่าเท่ากับ 6.62 ตันต่อเฮกแตร์ [36]

Bundit 1990 ศึกษาระยะปลูกที่ส่งผลต่อค่ามวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ที่อำเภอกันตัง ประเทศไทย พบว่าค่ามวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ระยะปลูก 3x3 และ 0.75x0.75 เมตรมีค่าเท่ากับ 34.23,47.73 ตันต่อไร่ ตามลำดับ โดยพบว่าผลของระยะปลูกจะแปรผันต่อค่ามวลชีวภาพ [37]

Tamooh et al. 2009 ศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ที่ระยะปลูกห่าง 1.5x1.5 เมตร บริเวณป่าปลูก หาด Gazi ประเทศ Kenya อายุ 12 ปี จากการศึกษาพบว่าค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่อายุ 12 ปี มีค่าเท่ากับ 0.6-68.9 ตันต่อเฮกแตร์ตามลำดับ [38]

Kathiresan et al. 2013 ศึกษาศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนและมวลชีวภาพของโกงกางใบใหญ่ บริเวณปากแม่น้ำ Vellar Coleroon ทางชายฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของอินเดีย อายุ 1, 2, 3, 7, 8, 9, 11.5, 11.9, 11.10, 12.1, 14.9, 15.2, 15.3, 16.3, 16.8 และ17.5 ปี จากการศึกษาพบว่าค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่มีค่าเท่ากับ 1.20, 1.35, 4.85, 6.70, 5.50, 14.65, 44.60, 30.15, 103.85, 75.25, 101.50, 222.75, 34.05, 46.35, 211.70, 350.50 ตันต่อเฮกแตร์ตามลำดับ และค่าปริมาณคาร์บอน 0.50, 0.55, 2.04, 2.81, 2.31, 6.15, 18.73, 12.66, 43.62, 31.60, 42.63, 93.65, 14.30, 19.46, 88.91, 147.21 ตันต่อเฮกแตร์ตามลำดับ นอกจากนี้ยังหาความสัมพันธ์ของการกักเก็บคาร์บอนของโกงกางใบใหญ่กับตัวแปรอื่นๆด้วยวิธี Post Hoc Multiple Comparison Test พบว่าการกักเก็บคาร์บอนมีความสัมพันธ์ผันแปรตามกับ อายุ, ความสูง, ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น, การสังเคราะห์แสงเรือนยอดสุทธิ, มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน, มวลชีวภาพใต้ดิน, มวลชีวภาพรวม และดัชนีพื้นที่ใบ แต่ไม่ผันแปรตามกับ อุณหภูมิของดิน และปริมาณความจุของโคลน [39]

Sukristijona และ Yamada 1992 ได้ศึกษามวลชีวภาพและค่าผลผลิตปฐมภูมิของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกในTritih ประเทศ Indonesia อายุ 7 ปี พบว่าค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 93.72 ตันต่อเฮกแตร์ โดยประกอบด้วย ค่ามวลชีวถาพลำต้น กิ่ง รากค้ำยัน และใบ มีค่ามวลชีวภาพเท่ากับ 60.44, 13.90, 14.70, 4.67 ตันต่อเฮกแตร์ตามลำดับ [40]

วิจารณ์ 2553 ศึกษามวลชีวภาพรวมได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ รากบนดิน และรากใต้ดิน และคาร์บอนเครดิตต้นโกงกางใบใหญ่ที่ระยะปลูกห่าง 1.5 x 1.5 เมตร บริเวณป่าปลูกจังหวัดระนอง อายุ 2-10 ปี จากการศึกษาพบว่าค่ามวลชีวภาพรวมของต้นโกงกางใบใหญ่ที่อายุ 2-10 ปีมีค่าเท่ากับ 2.53, 4.48,12.26, 27.80,69.30, 80.12, 95.06, 143.81, 260 ตันต่อเฮกแตร์ตามลำดับ และพบว่าการกักเก็บ

คาร์บอนของต้นโกงกางใบใหญ่มีค่าเท่ากับ1.18, 2.10, 5.76, 13.06, 35.57, 36.25, 44.31, 66.31, 118.68 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ พบว่ามวลชีวภาพแปรผันตามกับอายุต้นไม้ โดยนำค่ามวลชีวภาพรวมของโกงกางใบใหญ่ทุกชั้นอายุมาเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่ามวลชีวภาพรวมต้นโกงกางใบใหญ่ที่อายุ 7-8 ปี ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม้ในกลุ่มนี้มีแตกต่างกับต้นโกงกางใบใหญ่อายุ 9 ปีและ 10 ปี โดยที่มวลชีวภาพรวมของไม้โกงกางใบใหญ่อายุ 10 ปี มีค่ามากที่สุด [41]

โดยสรุปแล้วมวลชีวภาพจะผันแปรตามอายุของต้นโกงกางใบใหญ่ แต่พบว่ามีการหยุดชะงักการเติบโตในช่วง 7-8 ปี เนื่องจากป่าอายุ 7-8 ปี เรือนยอดชิดกันและเรือนยอดสานกันแน่นทำให้มีการแก่งแย่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมอาทิเช่น ปริมาณธาตุหารในน้ำและดิน ปริมาณแสง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าค่ามวลชีวภาพก็จะขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณธาตุอาหารในดินและน้ำ ช่วงน้ำขึ้นน้ำลง ระยะห่างที่ปลูก ค่าความหนาแน่นต้นไม้ ปริมาณแสง อื่นๆ อีกด้วย

2.9 นวัตกรรมหัวเชื้อราอัดเม็ดเดี่ยว/หัวเชื้อราอัดเม็ดผสม/หัวเชื้อจุลินทรีย์

สุกาญจน์ 2555 ได้ดำเนินการจดสิทธิบัตรหัวเชื้อราอัดเม็ด ซึ่งหัวเชื้อราสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตหัวเชื้อสารชีวภาพที่สามารถเพิ่มภูมิคุ้มกันในพืชและสัตว์ กำจัดโลหะหนักที่ปนเปื้อน ชักนำการเจริญเติบโตและควบคุมจุลินทรีย์ก่อโรคของพืชและสัตว์ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ นอกจากนี้สามารถใช้หัวเชื้อราเป็นตัวเร่งร่วมกับแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้ให้กลายเป็นหัวเชื้อสารชีวภาพ สำหรับการนำไปใช้ในการพัฒนาเกษตรอินทรีย์ การประมงและอุตสาหกรรมและทดแทนการใช้สารเคมี [42]

สุกาญจน์ 2557 ได้ดำเนินการจดสิทธิบัตรหัวเชื้อชีวภาพ ซึ่งหัวเชื้อชีวภาพสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทดแทนปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์หรือใช้ร่วมกัน เนื่องจากหัวเชื้อชีวภาพมีปริมาณธาตุอาหารหลักได้ตามมาตรฐานของสารปรับปรุงชีวภาพหรือปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์ สำหรับการพัฒนาฟื้นฟูป่าชายเลน การเกษตรอินทรีย์ การประมง และอุตสาหกรรมอื่นๆ เนื่องจากหัวเชื้อชีวภาพมีประสิทธิภาพชักนำการเจริญเติบโต เพิ่มภูมิคุ้มกันให้กับพืชและสัตว์ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจกำจัดโลหะหนักที่ปนเปื้อน เพิ่มรสชาติและควบคุมจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ดังนั้นจึงสามารถนำหัวเชื้อชีวภาพนี้ไปทดแทนปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์หรือใช้ร่วมกันได้แบบยั่งยืน [43]

ภาพที่ 2.6 ผลิตภัณฑ์หัวเชื้อราอัดเม็ดและหัวเชื้อชีวภาพอัดเม็ด

ที่มา: https://www.thairath.co.th/content/651497

2.10 การพัฒนาการปลูกป่าชายเลนและการเกษตรอินทรีย์ด้วยเทคนิคทางชีวภาพ

สุกาญจณ์และคณะ 2550-2553 ศึกษาการนำนวัตกรรมและเทคนิคชีวภาพหัวเชื้อราอัดเม็ด หัวเชื้อชีวภาพอัดเม็ด ตามสิทธิบัตรเลขที่คำขอ 1401007158 และ 1401007158 ตามลำดับ ไปพัฒนาการเพาะและปลูกป่าชายเลนร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดทดแทนการปลูกแบบเดิมที่ไม่มีการใช้เทคนิคชีวภาพหัวเชื้อราอัดเม็ดและหัวเชื้อชีวภาพอัดเม็ด พร้อมศึกษาวิจัยเชิงพื้นที่แบบ CSR ร่วมกับเครือข่ายฯ ภายใต้การดำเนินการโครงการยกระดับคุณภาพชีวิต ชุมชน หมู่บ้านโคกขาม สมุทรสาคร เฉลิมฉลองพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวครบรอบ 84 พรรษา เพื่อทำให้ชุมชนมีพื้นที่ป่าชายเลนเพิ่มขึ้น 12 ไร่ต่อปี การรอดตายมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ระยะปลูก 1x1 เมตร คืนสู่สถานภาพสมดุลธรรมชาติภายในระยะการฟื้นฟู 5-6 ปี การเจริญเติบโตต้นไม้ป่าชายเลน เบิกนำ เกี่ยวกับความสูง ขนาดลำต้นที่ระดับอก GBH จำนวนใบของโกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมขาว แสมทะเล ที่อายุ 1 และ 2 ปี มีการเจริญเติบโตดีกว่าต้นไม้ป่าชายเลนเบิกนำที่ไม่ได้ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดเดี่ยว 2-3 เท่า สภาพน้ำและดินมีโลหะหนักปนเปื้อนลดลง 80-100 เปอร์เซ็นต์ [44-48] ทำให้เกษตรกรชาวนาเกลือและชาวประมงสามารถสูบน้ำกร่อยที่ได้คุณภาพสำหรับการประกอบอาชีพได้อย่างยั่งยืน นอกจากนี้ นักวิจัยได้นำวัสดุเหลือใช้ในชุมชน ได้แก่ ขี้แดดนาเกลือ เปลือกกุ้ง อื่นๆไปแปรรูปด้วยเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อการผลิตสารชีวภาพโคกขาม-พันท้าย ที่แสดงถึงอัตลักษณ์ชุมชน สำหรับนำไปเพาะต้นกล้าและปลูกพืชเบิกนำป่าชายเลน และการเกษตรอินทรีย์พืช ผัก ผลไม้ ได้แก่ ผักบุ้ง กวางตุ้ง

ถั่วฝักยาว มะนาว ข้าว นอกจากนี้ได้นำใบไม้ที่ร่วงหล่น เมล็ดพืชป่าชายเลน ไปเผาในเตาเผาแบบไร้ออกซิเจนด้วยภูมิปัญญาชาวบ้าน เพื่อทำเป็นถ่านไบโอชาร์ ถ่านดูดกลิ่น น้ำส้มควันไม้ อื่นๆ สำหรับจำหน่ายเป็นสินค้าชุมชนและนำไปจำหน่ายให้กับสถานประกอบการ สำหรับนำไปเป็นส่วนประกอบในการผลิตสารชีวภาพผสมหัวเชื้อราอัดเม็ด ถ่านไบโอชาร์ดูดกลิ่นและรังสี อันสร้างรายได้แก่ชุมชนอย่างต่อเนื่อง พร้อมจัดตั้งต้นแบบศูนย์เรียนรู้การอนุรักษ์และฟื้นฟูป่าชายเลนด้วยหัวเชื้อจุลินทรีย์นาโนเพื่อการพัฒนาแบบยั่งยืนตามยุทธศาสตร์ 4.0 พร้อมกันนี้นักวิจัยได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีการปลูกพืชป่าชายเลนร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดทดแทนการปลูกป่าชายเลนและป่าไม้ที่ไม่มีการใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดร่วมกับเทคโนโลยีทางกายภาพ เพื่อลดระยะเวลาการฟื้นฟูป่าชายเลนและป่าไม้คืนสู่สมดุลธรรมชาติให้ลดลงกว่าปกติ เพิ่มการเติบโต เพิ่มมวลชีวภาพ เพิ่มคารบอนเครดิต เพิ่มอัตราการรอดตาย ลดสารโลหะหนักตกค้างในดิน เพิ่มปริมาณสารประกอบอาหารหลักรองและเสริม ความหลากหลายทางชีวภาพรา แบคทีเรีย แอกติโนมัยซิส อื่นๆ [49-51]

สุกาญจน์และคณะ 2554-2558 ได้ศึกษาวิจัยต่อยอดการผลิตภัณฑ์แปรรูปวัสดุเหลือใช้ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด หัวเชื้อรา หัวเชื้อชีวภาพอัดเม็ด อื่นๆร่วมกับสถานประกอบการตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์หัวเชื้อจุลินทรีย์นาโน สำหรับพัฒนาการเกษตรอินทรีย์ ได้แก่ ข้าว ปาล์มน้ำมัน มะนาว ผักบุ้งจีน กวางตุ้งและผลไม้ ฝรั่ง พืชป่าชายเลนและป่าไม้ที่ปลูกระยะห่าง 1x1 เมตร คืนสู่สถานภาพสมดุลธรรมชาติภายในระยะการฟื้นฟู 5-6 ปี พบว่าการเจริญเติบโตต้นไม้ป่าชายเลนเบิกนำ เกี่ยวกับความสูง ขนาดลำต้นที่ระดับอก GBH จำนวนใบของโกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมขาว แสมทะเล ที่อายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง จังหวัดสมุทรสาคร และบริเวณนากุ้งร้าง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าการเจริญเติบโตร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดผสมดีกว่าต้นไม้ป่าชายเลนเบิกนำที่ไม่ได้ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดผสม ที่อายุ 5 ปี 4.3 เท่า แต่เมื่อทำการปลูกโกงกางใบใหญ่ แสมขาวร่วมกับหัวเชื้อจุลินทรีย์นาโน ที่อายุ 1 ปี บริเวณดินตะกอนเลนหลังแนวไม้ไผ่ที่มีการทับถมนาน 7 ถึง 9 ปี พบว่าการเติบโตต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อจุลินทรีย์นาโนดีกว่าการปลูกโกงกางใบใหญ่โดยไม่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์นาโน 6.3 เท่า สภาพน้ำและดินมีโลหะหนักปนเปื้อนลดลง 80-100 เปอร์เซ็นต์ พร้อมกันนี้ได้ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีนี้ผ่านโครงการการยกระดับคุณภาพชีวิต ชุมชนบึงกาสาม ปทุมธานี เฉลิมฉลอง 60 พรรษาสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาสยามบรมราชกุมารี แบบมีส่วนร่วมกับเครือข่ายมหาวิทยาลัยฯ ได้แก่ สถานประกอบการ อบต. บึงกาสาม อบต.บึงบา ผู้นำชุมชน ชุมชน เกษตรกรในกลุ่มแปลงใหญ่ เพื่อทำให้เกษตรกรลดต้นทุน 30-50 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มรายได้ 40-100 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มกำไร ปรับสภาพดินและน้ำ ลดปริมาณโลหะหนักปนเปื้อน 80-100 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้สุกาญจน์และคณะได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปข้าวเปลือกอินทรีย์ให้เป็นข้าวกล้องบรรจุถุงสุญญากาศ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาได้นานๆ การตลาดเพื่อการจำหน่ายสินค้าเกษตรกรในรูปแบบวิสาหกิจชุมชน เพิ่มรายได้แก่เกษตรกรจากที่เคยขายข้าวเปลือกได้รายได้ เพียง 8,500 บาทต่อ

เกวียน แต่เมื่อเกษตรกรแปรรูปเป็นข้าวกล้องเพิ่มรายได้แก่เกษตรกรแปลงใหญ่ในชุมชน ได้เพิ่มขึ้น 35,000-40,000 บาทต่อเกวียน นอกจากนี้ยังได้ถ่ายทอดและอบรมกลุ่มเกษตรกรให้แปรรูปข้าวเป็นผลิตภัณฑ์สปาและความสวยงาม เช่น โลชั่นกลิ่นข้าวหอมมะลิปทุมธานี สบู่ สเปร์ น้ำหมักชีวภาพจากข้าว น้ำส้มสายชู น้ำส้มไซเดอร์ อื่นๆซึ่งสร้างมูลค่าเพิ่มให้เกษตรกรด้วยการใช้เทคโนโลยีชุมชนแบบมีส่วนร่วมกับเครือข่ายฯ และจัดตั้งต้นแบบศูนย์เรียนรู้ด้วยหัวเชื้อจุลินทรีย์นา**โน**แบบครบวงจรตามยุทธศาสตร์ 4.0 เพื่อก่อให้เกิดการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สังคม เศรษฐกิจ และสังคมแบบยั่งยืน [52-54]

สุกาญจน์ 2559 ศึกษาประสิทธิผลและตรวจติดตามวิเคราะห์ผลการใช้นวัตกรรมจุลินทรีย์นาโนและการผลิตสารชีวภาพด้วยหัวเชื้อจุลินทรีย์นาโน สูตร ข้าว ปาล์ม ยางพารา ผักและผลไม้ ป่าชายเลนและป่าไม้ เกี่ยวกับการเติบโต อัตราการรอดตาย ลดต้นทุน เพิ่มผลผลิต เพิ่มรายได้และเพิ่มผลผลิตอินทรีย์ต่อผู้บริโภค ความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สารประกอบอาหารหลักรองและเสริม ความหลากหลายทางชีวภาพรา แบคทีเรีย แอกติโนมัยซิส อื่นๆหลังการพัฒนาการปลูกพืชที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจด้วยสารชีวภาพนาโนเม็ดและสารสกัดจุลินทรีย์นาโนทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี พบว่าเพิ่มผลผลิต 50-100 เปอร์เซ็นต์ ลดต้นทุน 30-50 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มรายได้และกำไร ยืดระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิต สภาพดินน้ำไม่เสื่อมโทรม ส่วนการพัฒนาการปลูกป่าชายเลนและป่าไม้ร่วมกับหัวเชื้อจุลินทรีย์นาโน พบว่าการเติบโตของพืชป่าชายเลนร่วมกับหัวเชื้อจุลินทรีย์นาโนมากกว่าปกติ 6.3 เท่า การรอดตายมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ การเพิ่มสารประกอบอาหารหลักรองและเสริมและลดสารโลหะหนัก 80-100 เปอร์เซ็นต์ [6]

สุกาญจน์ 2559 ถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรมต้นแบบการพัฒนาชุมชนโคกขามสมุทรสาคร ด้วยนวัตกรรมหัวเชื้อจุลินทรีย์นาโนและการใช้ประโยชน์แบบมีส่วนร่วม เพื่อพัฒนาการเพาะและปลูกป่าชายเลนด้วยหัวเชื้อจุลินทรีย์นาโนยุคไทยแลนด์ 4.0 แบบครบวงจร เพื่อเพิ่มพื้นที่ป่าชายเลนสมดุลธรรมชาติภายในระยะเวลา 5-6 ปีจากปกติต้องใช้ระยะเวลาการฟื้นฟูการปลูกป่าชายเลนคืนสู่สมดุลธรรมชาตินาน 10-15 ปี เนื่องจากจุลินทรีย์ผสมในนวัตกรรมหัวเชื้อจุลินทรีย์นาโนช่วยเร่งการเติบโตการ รอดตาย ความหนาแน่น การกำจัดโลหะหนัก การปรับสภาพดินและน้ำ ให้ได้

Sukarn 2016 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้นวัตกรรมหัวเชื้อจุลินทรีย์นาโน จากการวิจัยร่วมกับสถานประกอบการ เพื่อผลิตหัวเชื้อจุลินทรีย์นาโนและแปรรูปต่างๆ สำหรับการพัฒนาเกษตรอินทรีย์และการฟื้นฟูป่าชายเลนและป่าบกแบบ 4.0 ด้วยนวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อช่วยเกษตรกรในชุมชนพัฒนาการเกษตร และการฟื้นฟูป่าชายเลนและป่าบก และแปรรูปวัสดุเหลือใช้จากป่าไม้ นำกลับมาใช้ใหม่ในการปรับปรุงดิน และแก้ปัญหาและผลกระทบตรงกับความต้องการของชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมแบบครบวงจร เพื่อลดต้นทุนเพิ่มผลผลิต เพิ่มรายได้ เพิ่มการรวมกลุ่ม เพิ่มการแปรรูป อื่นๆ และพัฒนาการตลาดในการกำหนดราคาและเพิ่มมูลค่าเพิ่ม อันนำไปสู่การพัฒนาตาม

ปรัชญาเศรษฐกิจ เนื่องจากจุลินทรีย์ในนวัตกรรมช่วยเร่งการย่อยสลาย เพิ่มธาตุอาหารหลักธาตุอาหารรองและอาหารเสริม ช่วยเร่งการเติบโต ออกดอก ผล ปรับสภาพดินน้ำเหมาะสม พืชให้ผลผลิตได้ยาวนานขึ้น 80-100 เปอร์เซ็นต์ [6]

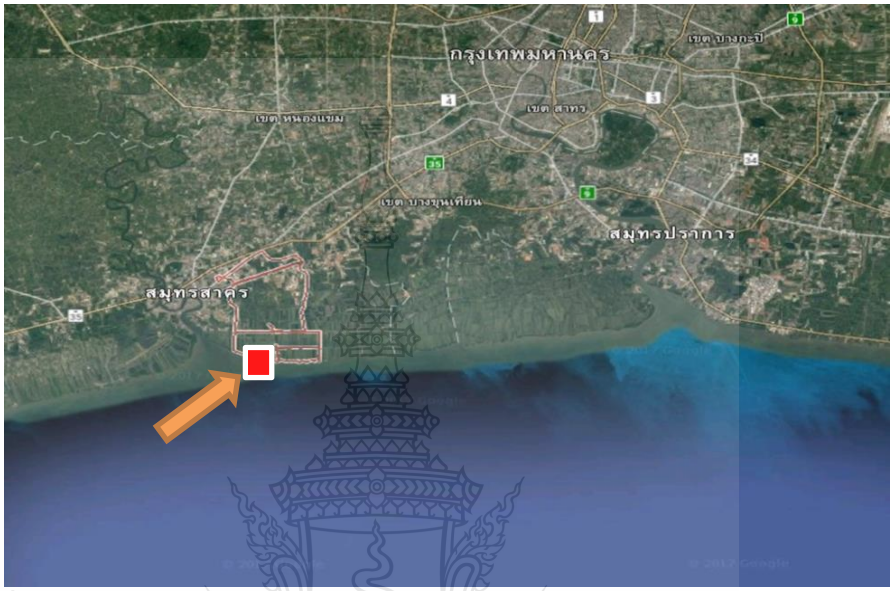
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. กรรไกรตัดกิ่งขนาดเล็ก
2. กรรไกรตัดกิ่งขนาดใหญ่
3. กระดาษบันทึกข้อมูล
4. กระดาษรองเขียน
5. กล่องพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่าง
6. เครื่องชั่งวัดละเอียด (1-2 kg), ขนาดกลาง (7-10 kg), ขนาดใหญ่ (>60 kg)
7. ชุดเครื่องเขียน
8. เชือกฟางม้วนใหญ่ ใช้สำหรับมัดต้นไม้ และเศษกิ่งไม้
9. ตู้อบแห้ง
10. ถุงพลาสติกขนาดใหญ่สำหรับใส่ตัวอย่างใบในการชั่งน้ำหนัก
11. ถุงพลาสติกสำหรับบรรจุตัวอย่างขนาด A4
12. ถาดพลาสติกขนาด 10x20 นิ้ว สำหรับรองใส่กิ่งตัวอย่างก่อนชั่งน้ำหนัก
13. ที่เย็บกระดาษพร้อมลูก
14. ปากกาเคมี
15. ผ้าปูพื้น ขนาด 3x4 เมตร
16. เลื่อยคันธนู
17. เลื่อยปื้นใหญ่ 2 คนชัก
18. สายวัด (Measuring Tape)
19. สายวัดรอบเอว

3.2 วิธีการทดลอง

พิกัดพื้นที่ศึกษา พิกัด เหนือ 13°20'14" ตะวันออก 100°20'8" ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร ระยะปลูกห่าง 1x1 เมตร อายุ 1 ปี ภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 พื้นที่บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร

ภาพที่ 3.2 พื้นที่พิกัดการตรวจติดตามมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร

3.2.1 การวางแปลงสำรวจ การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างและการเก็บตัวอย่าง

3.2.1.1 การวางแปลงสำรวจ

การวางแปลงตรวจติดตามค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร ขนาด 10x10 เมตร อายุ 1 ปี บริเวณนากุ้งร้าง อำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร ดังภาพที่ 3.1

3.2.1.2 กำหนดจุดเก็บตัวอย่าง

การวางแปลงตัวอย่างจะอยู่ห่างจากขอบแปลงปลูกที่ลึกเข้าไป 2-3 แถว เพื่อเป็นแนวกันชน (Buffer Zone) เนื่องจากต้นไม้ที่อยู่ริมขอบนอกสุดจะมีขนาดโตกว่าปกติเพราะได้รับปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมมากกว่า

3.2.2 การเก็บตัวอย่างและศึกษามวลชีวภาพ

3.2.2.1 การเก็บตัวอย่างต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด

การศึกษาปริมาณของมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ (*R. mucronata*) ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด โดยทำการวัดขนาดความสูงและขนาดเส้นรอบวงลำต้นโกงกางใบใหญ่ตัวอย่างที่ระดับอก บันทึกลงในกระดาษบันทึกข้อมูลภาคสนาม หลังจากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยตัวแทนของตัวอย่างต้นโกงกางใบใหญ่ ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด โดยใช้ค่าความสูง และค่าเส้นรอบวงลำต้น ทำการตัดต้นโกงกางใบใหญ่ที่เป็นค่ากลางของค่าเฉลี่ยของแปลงทั้งหมดจำนวน 5 ต้น ทำการตัดต้นโกงกางใบใหญ่ด้วยเลื่อยคันธนู โดยตัดให้ชิดดินมากที่สุดเพื่อให้มีการสูญเสียเนื้อไม้ไว้กับตอน้อยที่สุด ดำเนินการทอนจากส่วนยอดลงมาพร้อมกับคัดกิ่งและใบ ทำทีละชั้นโดยแยกเป็นกองๆ แยกส่วนต้นไม้ที่ได้ตัดออกเป็นกองๆ โดยแยกออกเป็นส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ และรากค้ำยัน เมื่อคัดแยกแล้วให้ใช้เชือกฟางเส้นเล็กๆ มัดรวมกิ่งให้เรียบร้อย ส่วนใบไม้รวบรวมใส่ถุงพลาสติกขนาดใหญ่ เพื่อไม่ให้ตัวอย่างตกหล่นในขณะที่ลำเลียงมาชั่งน้ำหนัก ในการตั้งเครื่องชั่งน้ำหนัก ควรดำเนินการจัดวางเครื่องชั่งในบริเวณพื้นที่ราบและเรียบ ตรวจสอบตาชั่งทั้ง 3 ขนาด ว่าชั่งของที่มีน้ำหนักขนาด 1 กิโลกรัมได้เท่ากันทั้ง 3 ขนาดหรือไม่ ถ้าไม่ได้จำเป็นต้องปรับแต่งพื้นที่เพื่อให้การชั่งน้ำหนักมีความสอดคล้องกันทั้ง 3 ขนาด ในการชั่งน้ำหนักสดของใบไม้ต้องหักน้ำหนักถุงพลาสติกที่ใส่ใบไม้ออกด้วย ส่วนเชือกฟางที่ใช้มัดกิ่งถ้าเส้นเล็กๆ ก็ไม่จำเป็นต้องหักน้ำหนักของเชือกฟางออก เนื่องจากเป็นน้ำหนักเชือกฟางมีน้อยมาก เมื่อชั่งน้ำหนักสดแต่ละส่วนของแต่ละกองเรียบร้อยแล้ว จะดำเนินการเก็บตัวอย่างควรสุ่ม โดยปกตินำหนักของตัวอย่างแต่ละส่วนไม่ควรน้อยกว่า 500 กรัม การเก็บตัวอย่างของต้นไม้ถ้ามีน้ำหนักมากเกินไปจะเป็นภาระในการนำกลับมายังห้องปฏิบัติการและเสียพื้นที่ในตู้อบตัวอย่างโดยใช่เหตุ แต่อาจจะเก็บตัวอย่างแบบ 100%

เช่น น้ำหนักสดของใบ 800 กรัม นำมาเป็นน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดก็ได้ หลังจากสุ่มตัวอย่างในแต่ล่ะส่วนแล้วเก็บภายในถุงบรรจุตัวอย่างให้มิดชิด ในการตัดต้นไม้ต้นต่อไปควรให้การดำเนินงานในต้นแรกเสร็จเรียบร้อยเสียก่อน ไม่ควรตัดต้นไม้รอไว้เป็นจำนวนมากหรือปล่อยทิ้งข้ามคืนจะทำให้ได้ข้อมูลที่คลาดเคลื่อนและการทำงานยากขึ้น เนื่องจากใบอาจร่วงมากและมีน้ำค้างตกลงมาทำให้ต้นไม้ตัวอย่างมีความชื้นไม่สม่ำเสมอได้ [7] ดังภาพที่ 3.3

3.2.2.2 การอบตัวอย่าง

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างของส่วนต่างๆ จากต้นไม้ที่ตัด เพื่อศึกษามวลชีวภาพ ตัวอย่างที่ได้จะนำมาชั่งน้ำหนักสดของตัวอย่างแล้วนำตัวอย่างที่ได้ใส่ถุงกระดาษใช้ที่เย็บกระดาษเย็บปิดปากถุงไม่ให้ตัวอย่างร่วงหล่นได้ จากนั้นใช่ปากกาเคมีเขียนที่ถุงกระดาษว่าเป็นส่วนของอะไร ต้นที่เท่าไรน้ำหนักสดที่ไม่รวมน้ำหนักถุงเท่าไร โดยเขียนให้ชัดเจนเพื่อไม่ให้สบสนกับต้นอื่น จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปอบในตู้อบเพื่อหาน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง โดยใช้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสภายหลังการอบในตู้อบผ่านไป 48 ชั่วโมง ให้สุ่มถุงตัวอย่างในส่วนของลำต้น กิ่งใหญ่ กิ่งเล็กและใบ มาบันทึกน้ำหนักอบแห้งแล้วนำไปอบต่ออีก และลองชั่งถุงตัวอย่างต่อในวันต่อๆไป จนน้ำหนักของตัวอย่างที่เลือกไว้มีค่าคงที่แล้วให้ทำการปิดตู้อบทิ้งไว้จนตัวอย่างเย็นดีแล้ว จึงนำตัวอย่างทั้งหมดไปชั่งน้ำหนักอบแห้งกับเครื่องชั่งในห้องปฏิบัติการที่มีค่าละเอียดจุดทศนิยม 1 ตำแหน่งของหน่วยกรัม โดยนำตัวอย่างออกจากถุงกระดาษเทลงในถาดชั่งตัวอย่างแล้วบันทึกข้อมูลที่ได้ใส่ในตารางบันทึกข้อมูล ตามปกติถ้าชิ้นส่วนตัวอย่างมีขนาดไม่ใหญ่นักโดยเฉพาะส่วนของกิ่งและใบ เราจะใช้เวลาการอบประมาณ 48 ชั่วโมง ติดต่อกัน แต่ถ้าตัวอย่างมีขนาดใหญ่มาก เราจะต้องใช้เวลาอบที่นานขึ้น แต่ถ้าไม่สามารถอบติดต่อกันได้ เช่น เปิดตู้อบได้เฉพาะเวลาปฏิบัติงานตามเวลาราชการ ก็อาจใช้เวลาในการอบตัวอย่างไม่น้อยกว่า 10 วัน จึงจะได้น้ำหนักแห้งของตัวอย่างอีกทั้งการจัดเรียงถุงตัวอย่างในตู้อบก็มีความสำคัญเพราะการจัดเรียงตัวอย่างแน่นทึบเกินไปจะทำให้ถุงตัวอย่างที่อยู่ด้านล่างแห้งช้ากว่าส่วนที่อยู่ด้านนอก ถ้าจัดเรียงถุงตัวอย่างให้โปร่งจะช่วยให้น้ำจากตัวอย่างระเหยได้สะดวกขึ้นและทำให้ตัวอย่างแห้งได้เร็วขึ้น [7]

3.2.2.3 การแปลงค่ามวลชีวภาพ

หลังจากได้ข้อมูลน้ำหนักอบแห้งของตัวอย่างสามารถแปลงค่าเป็นน้ำหนักอบแห้งได้โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนของการคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยวิธีของ [55] ก่อนได้ตามสูตรดังนี้

$$\text{มวลชีวภาพ} = \frac{\text{น้ำหนักอบแห้งของตัวอย่าง X น้ำหนักสด}}{\text{น้ำหนักสดของตัวอย่าง}} \qquad (3.1)$$

ภาพที่ 3.3 วิธีการหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินจริงโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ได้ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด อายุ 1 ปี

เมื่อทำการแปลงค่าข้อมูลภาคสนามเป็นน้ำหนักแห้งของต้นไม้ตัวอย่างทุกต้นแล้วให้นำค่าข้อมูลที่ได้

มาจัดเรียงข้อมูลค่าเส้นรอบวง (GBH) และ ค่าเส้นรอบวงกำลังสองคูณด้วยความสูง (GBH^2Ht) กับตัวแปรตาม คือมวลชีวภาพของลำต้น (W_s), กิ่ง (W_b), ใบ (W_l), รากค้ำยัน(W_r) ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน $AGB = (W_s+W_b+W_l+W_r)$ เพื่อนำข้อมูลที่ได้นี้ไปคำนวณหาสมการแอลโลเมตริกต่อไปดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 น้ำหนักมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ตัวอย่าง 5 ต้น (กิโลกรัม) จากแปลงป่าปลูกอายุ 1 ปี บริเวณนากุ้งร้างอำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร

No.	GBH (cm)	$GBH^2.Ht$ ($cm^2.m$)	W_s (kg)	W_b (kg)	W_l (kg)	W_r (kg)	$AGB = Ws+ Wb+ W_l+W_r$ (kg)
1	2.22	97.28	2.52	2.29	0.92	0.27	5.74
2	1.90	48.50	2.30	1.97	0.86	0.01	5.14
3	1.59	22.79	1.97	1.74	0.78	0.02	4.51
4	2.22	73.45	2.24	2.06	0.78	0.01	5.09
5	1.91	62.72	2.67	2.28	0.99	0.12	6.06

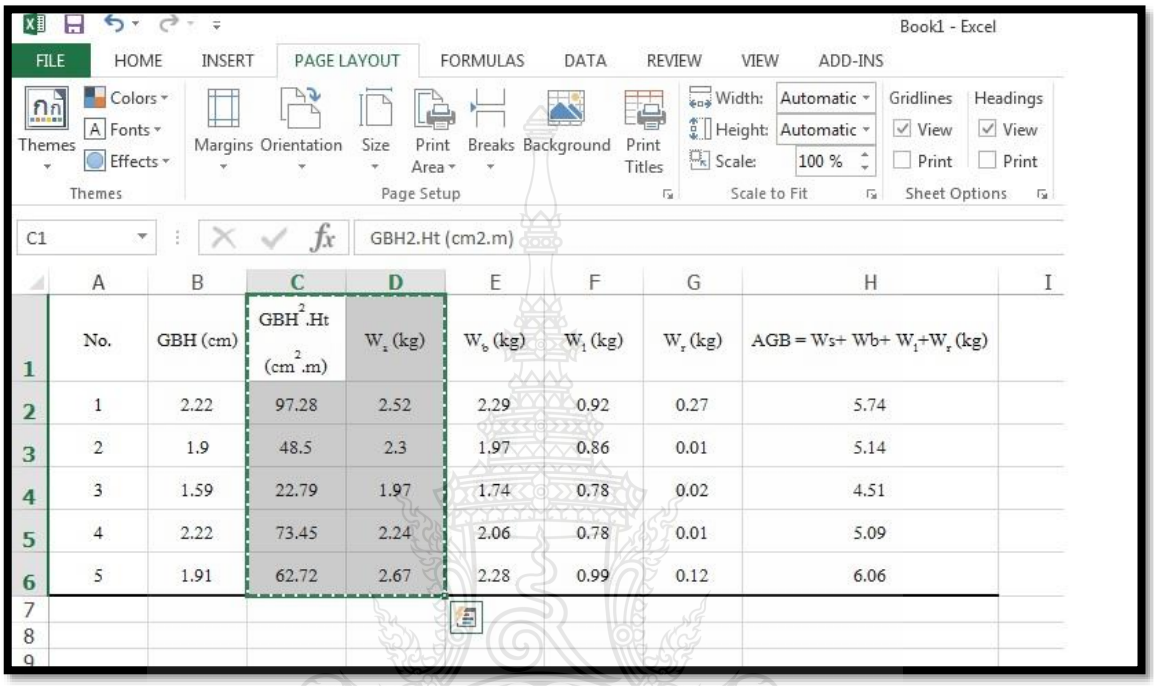
3.3 การสร้างสมการมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ด้วยวิธีการทางแอลโลเมตรี

3.3.1 การสร้างสมการมวลชีวภาพ โดยใช้วิธีการทางแอลโลเมตรีด้วยวิธีการของ Satoo and Senda เป็นวิธีการวิเคราะห์สมการแอลโลเมตริกแบบเก่า ต้องใช้เวลาค่อนข้างมากและโอกาสผิดพลาดค่อนข้างสูงเนื่องจากการกดเครื่องคิดเลขผิด และการคำนวณอาจจะต้องทำ 2 ครั้ง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้ แต่ปัจจุบันการคำนวณหาสมการแอลโลเมตริก สามารถทำได้รวดเร็วขึ้นและมีความถูกต้องมากกว่า โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการคำนวณ ซึ่งในครั้งนี้การคำนวณสมการแอลโลเมตริก โดยใช้ Microsoft Excel ใน Version ของ Microsoft Office 2010 ดังนี้ [58]

3.3.1.1 บันทึกข้อมูลน้ำหนักมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ตัวอย่าง 5 ต้น จากแปลงป่าปลูกอายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง อำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร ลงในตารางของ Microsoft Office 2010 และทำการเลือกข้อมูลในแถว (GBH^2Ht) และ(Ws) ปล่อย Mouse จะเกิดแถบสีดำที่ตำแหน่งข้อมูลที่เลือกเพื่อคำนวณสมการมวลชีวภาพของลำต้นดังภาพที่ 3.4

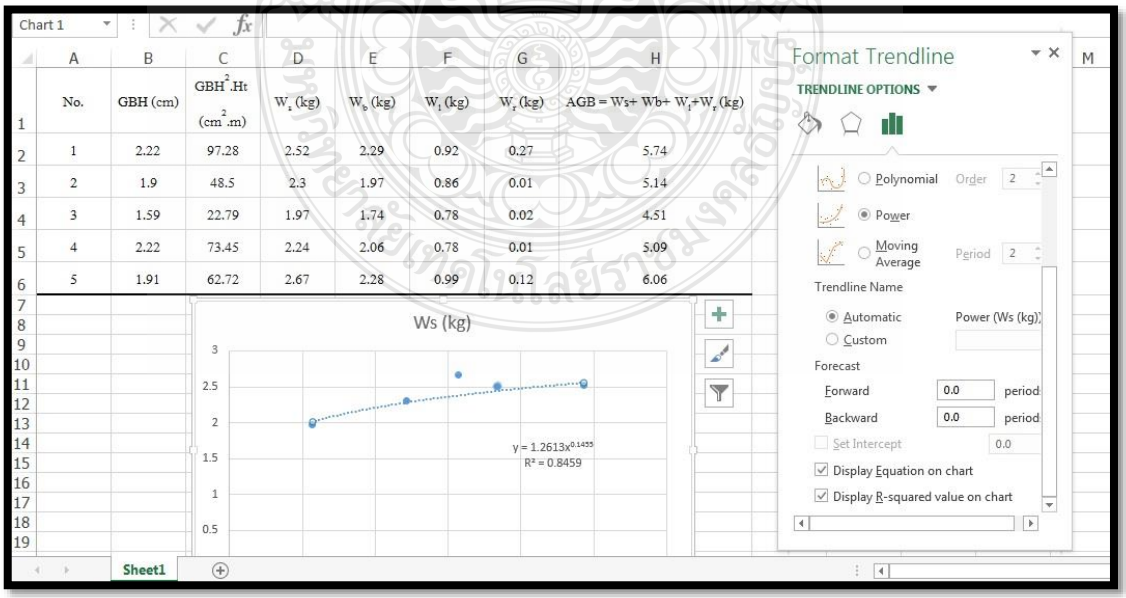
3.3.1.2 เลือกเมนู แทรก⟶ กราฟ⟶ การกระจาย ระบบจะสร้างกราฟที่มีการพล๊อตจุดไว้บนกราฟตามชุดข้อมูลที่เลือก จากนั้นให้คลิ๊กบนจุดใดจุดหนึ่งบนกราฟ คลิ๊กขวาที่ Mouse เลือกเมนูเพิ่มเส้นแนวโน้ม⟶ เลือกเส้นแนวโน้มแบบยกกำลัง⟶ เลือก Option แสดง R^2และสมการบนแผนภูมิตามดังภาพที่ 3.5

3.3.1.3 ทำการคำนวณสมการมวลชีวภาพของส่วนกิ่ง ใบ รากค้ำยัน มวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยวิธีการเดียวกับมวลชีวภาพลำต้นเพียงแต่เปลี่ยนชุดข้อมูลที่เลือกเป็น กิ่ง (Wb), ใบ (Wl), รากค้ำยัน(Wr) ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน AGB = (Ws+Wb+Wl+Wr) กับ (GBH^2Ht) แทนที่ (W_s) ตามลำดับ



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	No.	GBH (cm)	$GBH^2.Ht$ ($cm^2.m$)	W_s (kg)	W_b (kg)	W_l (kg)	W_r (kg)	AGB = Ws+ Wb+ W_l+W_r (kg)	
2	1	2.22	97.28	2.52	2.29	0.92	0.27	5.74	
3	2	1.9	48.5	2.3	1.97	0.86	0.01	5.14	
4	3	1.59	22.79	1.97	1.74	0.78	0.02	4.51	
5	4	2.22	73.45	2.24	2.06	0.78	0.01	5.09	
6	5	1.91	62.72	2.67	2.28	0.99	0.12	6.06	
7									
8									
9									

ภาพที่ 3.4 การบันทึกและเลือกชุดข้อมูลน้ำหนักมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ตัวอย่าง



	A	B	C	D	E	F	G	H	M
1	No.	GBH (cm)	$GBH^2.Ht$ ($cm^2.m$)	W_s (kg)	W_b (kg)	W_l (kg)	W_r (kg)	AGB = Ws+ Wb+ W_l+W_r (kg)	
2	1	2.22	97.28	2.52	2.29	0.92	0.27	5.74	
3	2	1.9	48.5	2.3	1.97	0.86	0.01	5.14	
4	3	1.59	22.79	1.97	1.74	0.78	0.02	4.51	
5	4	2.22	73.45	2.24	2.06	0.78	0.01	5.09	
6	5	1.91	62.72	2.67	2.28	0.99	0.12	6.06	

ภาพที่ 3.5 การเลือกเมนูเพื่อคำนวณหาสมการมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ตัวอย่าง

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 การเปรียบเทียบสมการมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ของสวนป่าปลูกและป่าธรรมชาติ

3.4.1.1 เตรียมชุดข้อมูลความสูง (Ht), ค่าเส้นรอบวง (GBH) จำนวน 200 ชุดข้อมูลจากงานวิจัยของบุญรุ่ง ต้นโกงกางใบใหญ่จากแปลงป่าปลูกอายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง อำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร [57]

3.4.1.2 ทำการคำนวณมวลชีวภาพจากสมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ป่าปลูกที่คำนวณได้และสมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ป่าธรรมชาติของวิจารณ์ [41]

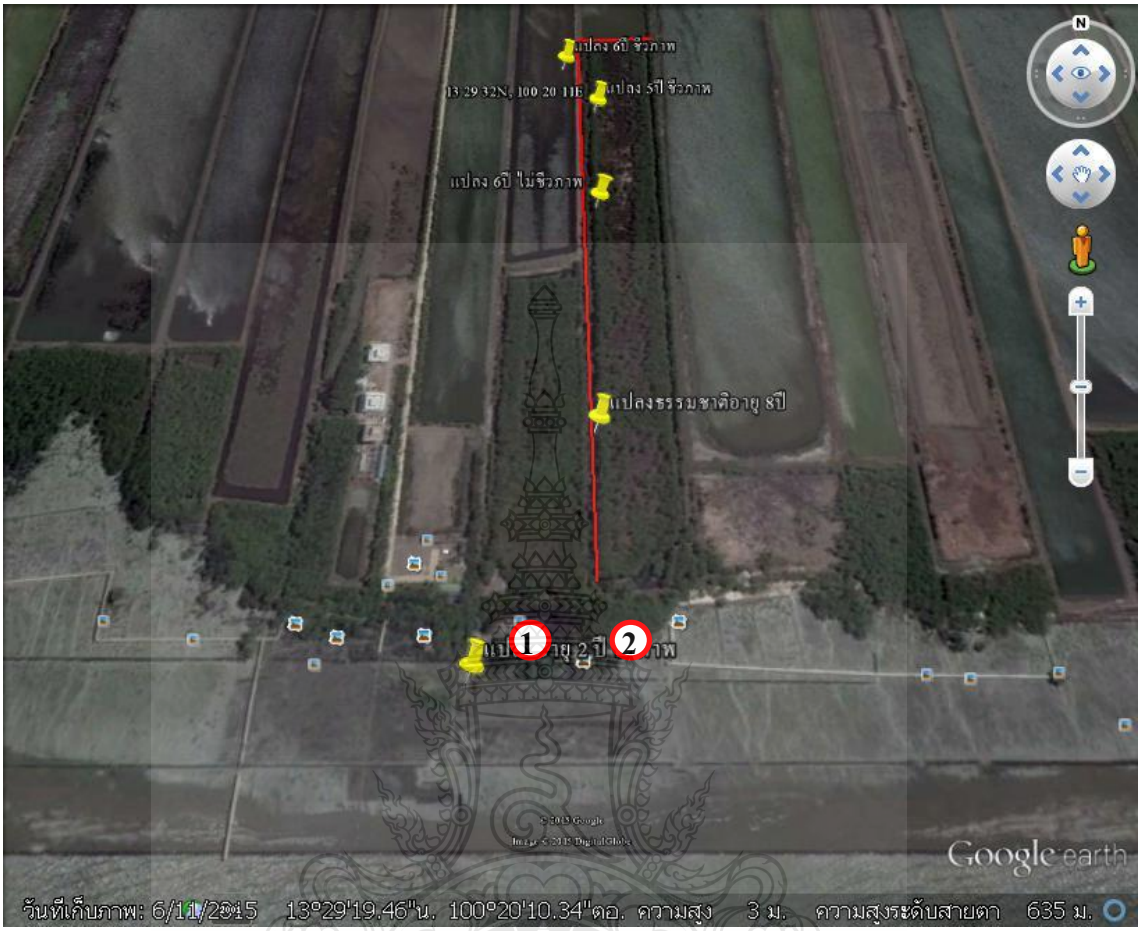
3.4.1.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วย (Analysis of Variance) โดยบันทึกข้อมูลมวลชีวภาพที่คำนวณได้ลงในโปรแกรม SPSS 11 และทำการคำนวณด้วย One-Way ANOVA

3.4.2 สร้างโมเดลความสัมพันธ์การเติบโตของต้นโกงกางใบใหญ่ระหว่างมวลชีวภาพ กับค่าความสูง ค่าเส้นรอบวง ปริมาณธาตุอาหาร กับอายุต้นโกงกาง

3.4.2.1 เตรียมชุดข้อมูลค่าความสูง (Ht), ค่าเส้นรอบวง (GBH), ปริมาณธาตุอาหารหลัก (Nutrient), อายุของโกงกางใบใหญ่ (Age) และมวลชีวภาพจากสมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ป่าปลูก (AGB) จำนวน 200 ชุดข้อมูลของต้นโกงกางใบใหญ่จากแปลงป่าปลูกอายุ 5 ปี [57]

3.4.2.2 ทำการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นตรง (Linear Regression) แบบ stepwise ที่ใช้หัวชื้อราอัดเม็ด และไม่ใช่หัวเชื้อราบริเวณนากุ้งร้างอำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร โดยตัวแปรตาม (Dependent)เป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดและตัวแปรอิสระ (Independent) เป็น มูลค่าความสูง (Ht), ค่าเส้นรอบวง (GBH) , ปริมาณธาตุอาหารหลัก (Nutrient), อายุของโกงกาง (Age) เพื่อหาสมการที่ดีที่สุด ด้วยโปรแกรม SPSS 11 [58]

3.4.2.3 ทำการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นตรง (Linear Regression) แบบ Stepwise โดยตัวแปรตาม (Dependent) เป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดและตัวแปรอิสระ (Independent) เป็น มูลค่าความสูง (Ht), ค่าเส้นรอบวง (GBH) , ปริมาณธาตุอาหารหลัก (Nutrient), อายุของโกงกาง (Age) เพื่อหาสมการที่ดีที่สุด ด้วยโปรแกรม SPSS 11 [58]



ภาพที่ 3.6 จุดวางแปลงตรวจติดตามค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร

ที่มา : www.googleearth.com

1 = จุดวางแปลงสำรวจค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมหัวเชื้อราอัดเม็ด ขนาด 10x10 เมตร บริเวณนากุ้งร้าง บริเวณนากุ้งร้าง อำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร อายุ 5 ปี

2 = จุดวางแปลงสำรวจค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินต้นโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด ขนาด 10x10 เมตร บริเวณนากุ้งร้าง บริเวณนากุ้งร้าง อำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร อายุ 5 ปี

3.5 การตรวจติดตามมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ด้วยวิธีการแอลโลเมตรีที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด

3.5.1 การวางแปลงสำรวจ

การวางแปลงตรวจติดตามค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร ขนาด 10x10 เมตร อายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง อำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร ภาพที่ 3.6

3.5.2 การพิสูจน์สมการแอลโลเมตรีสำหรับการตรวจติดตามมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช่หัวเชื้อราอัดเม็ด นำค่าความสูงและขนาดเส้นรอบวงลำต้นโกงกางใบใหญ่ตัวอย่างที่ระดับอก มาคำนวณด้วยสมการแอลโลเมตรีสำหรับการตรวจติดตามมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ ในโปรแกรม Microsoft Excel 2010 หลังจากนั้นทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Independent Sample T-test ในโปรแกรม SPSS ระหว่างมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่จริง และค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่คำนวณจากสมการแอลโลเมตรีสำหรับการตรวจติดตามมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

4.1 การวิเคราะห์หาค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินจริงต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด

ผลการเก็บสุ่มเก็บข้อมูลความสูง (Ht) เส้นรอบวงลำต้นที่ระดับอก (GBH) ต้นโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดอายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง อำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร จากแปลงตัวอย่าง ขนาด 10x10 เมตร นำข้อมูลที่ได้จากแปลงตัวอย่างนำมาคำนวณหาค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินจริงจากน้ำหนักอบแห้ง พบว่าค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ส่วนลำต้น กิ่ง ใบและรากค้ำยัน ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลความสูง (Ht) เส้นรอบวงลำต้นที่ระดับอก (GBH) มวลชีวภาพเหนือพื้นดินจริงต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด (กิโลกรัม) อายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง อำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร

ต้นที่	ความสูง(ม.)	GBH (ซม.)	มวลชีวภาพเหนือพื้นดินจริง (กิโลกรัม)				
			ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รากค้ำยัน	ทั้งหมด
1	13.4	9.0	1.97	1.74	0.78	0.67	5.17
2	14.1	13.3	2.30	1.97	0.86	1.12	6.26
3	15.0	14.8	2.06	2.06	0.78	1.48	6.57
4	16.1	17.2	2.28	2.28	0.99	1.40	6.94
5	17.8	19.6	2.52	2.29	0.92	2.10	7.84

4.2 การสร้างสมการมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดด้วยวิธีการทางแอลโลเมตรี

4.2.1 การสร้างสมการมวลชีวภาพด้วยวิธีการทางแอลโลเมตรี ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel 2010 จากผลการวิเคราะห์ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินจริงโดยคำนวณจากน้ำหนักอบแห้งของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด นำข้อมูลที่ได้บันทึกลงในโปรแกรม Microsoft

Excel 2010 หลังจากนั้นคำนวณหาสมการมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ด้วยวิธีการทางแอลโลเมตรีจะได้สมการดังนี้ ตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สมการแอลโลเมตรีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด อายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้างอำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร

ส่วนของพืช (y)	สมการมวลชีวภาพแต่ละส่วนของโกงกางใบใหญ่	สัมประสิทธ์การตัดสินใจ (R^2)
ลำต้น	$y = 1.2613x^{0.1455}$	0.8459
กิ่ง	$y = 0.9819x^{0.1854}$	0.8194
ใบ	$y = 0.5976x^{0.0934}$	0.8522
รากค้ำยัน	$y = 1.2364x^{0.1552}$	0.8972
มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน	$y = 2.8168x^{0.1527}$	0.8193

โดยการศึกษาครั้งนี้สมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด อายุ 5 ปี พบว่ารูปแบบความสัมพันธ์แบบยกกำลัง มีค่าสัมประสิทธ์การตัดสินใจ (R^2= 0.819) มีความน่าเชื่อถือทางสถิติ 81.9% โดยรูปแบบสมการที่คำนวณได้คือ

$$y = 2.8168x^{0.1527} \quad (4.1)$$

เมื่อ y = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

x = ค่าเส้นเส้นรอบวงยกกำลังสองคูณด้วยค่าความสูง

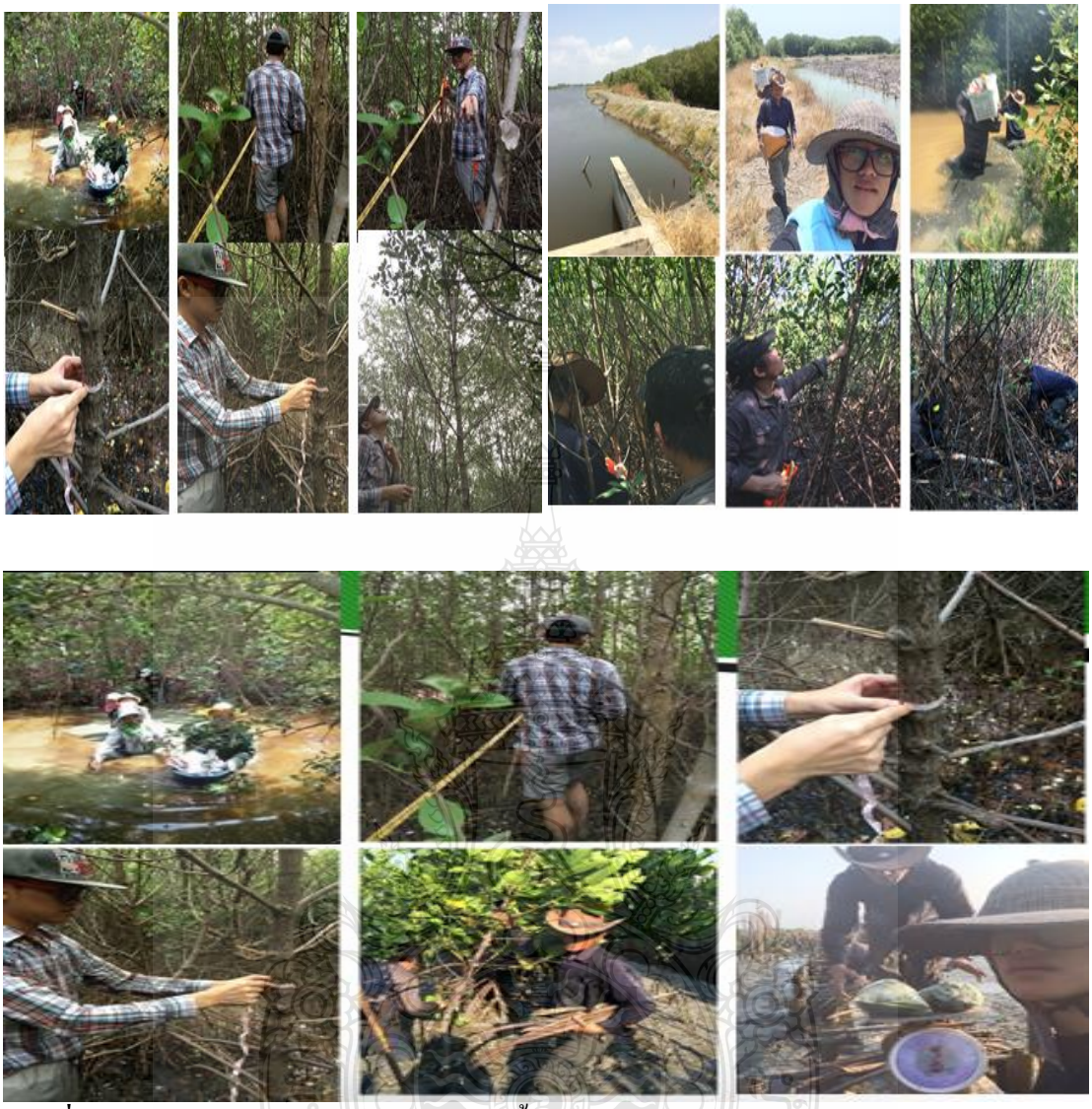
4.2.2 การทดสอบใช้สมการมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด เก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อการทดสอบสมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน โดยสุ่มตัวอย่าง 5 ต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด อายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง อำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร โดยวัดความสูง และเส้นรอบวงของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด ดังภาพที่ 4.1 คำนวณด้วยสมการที่ได้จากในตารางที่ 4.2 พบว่าค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่คำนวณได้ดังตารางที่ 4.3, 4.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่คำนวณจากสมการแอลโลเมตรีของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้หัวเชื้อรา อัดเม็ด อายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร

			มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)/ต้น				
ต้นที่	ความสูง(ม.)	GBH (ซม.)	ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รากค้ำยัน	ทั้งหมด
1	14.8	8.8	1.37	0.41	0.26	1.2	3.24
2	12.5	9.0	0.40	0.30	0.48	0.47	1.65
3	13.5	13.3	1.21	0.28	0.28	1.00	2.77
4	14.0	14.8	1.00	0.24	0.17	0.45	1.86
5	14.1	17.2	1.30	0.39	0.21	0.82	2.72

ตารางที่ 4.4 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่คำนวณจากสมการแอลการแอลโลเมตรีของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดอายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร

			มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)/ต้น				
ต้นที่	ความสูง(ม.)	GBH (ซม.)	ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รากค้ำยัน	ทั้งหมด
1	13.2	11.1	0.77	0.65	0.26	0.59	2.27
2	17.5	14.2	1.35	0.61	0.51	1.43	3.90
3	15.2	14.6	1.51	0.75	0.60	1.10	3.96
4	16.0	15.7	1.30	0.45	0.30	1.70	3.75
5	17.1	16.2	1.69	0.70	0.61	1.70	4.70



ภาพที่ 4.1 การตรวจติดตามมวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยวิธีการแอลโลเมตรีของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด อายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร

ซึ่งผลการคำนวณพบว่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด ระยะปลูกในแปลงนากุ้งร้างคือ 1X1 เมตร เท่ากับ 2.4 กิโลกรัมต่อต้น หรือเท่ากับ 960 กิโลกรัมต่อไร่ หรือ 5.62 ตันต่อเฮกแตร์ ส่วนมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดระยะปลูกในแปลงนากุ้งร้างคือ 1X1 เมตร เท่ากับ 3.7 กิโลกรัมต่อต้น หรือเท่ากับ 1,480 กิโลกรัมต่อไร่ หรือ 9.25 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ

4.2.3 พิสูจน์ผลมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด โดยการตัดต้นโกงกางใบใหญ่ตัวอย่างที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและต้นโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดอายุ 5 ปี เพื่อวัดผลมวลชีวภาพจริงและนำมาเปรียบเทียบผลจากการคำนวณ ได้ดังนี้ตารางที่ 4.5, 4.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินจริงของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดอายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร

			มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)/ต้น				
ต้นที่	ความสูง(ม.)	GBH (ซม.)	ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รากค้ำยัน	ทั้งหมด
1	14.8	8.8	1.50	0.62	0.40	1.40	3.92
2	12.5	9.0	0.63	0.52	0.63	0.59	2.37
3	13.5	13.3	1.44	0.50	0.45	1.10	3.54
4	14.0	14.8	1.26	0.40	0.23	0.67	2.66
5	14.1	17.2	1.42	0.52	0.39	1.00	2.99

ตารางที่ 4.6 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินจริงของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดอายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร

			มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)/ต้น				
ต้นที่	ความสูง(ม.)	GBH (ซม.)	ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รากค้ำยัน	ทั้งหมด
1	13.2	11.1	0.90	0.70	0.30	0.67	2.57
2	17.5	14.2	1.57	0.78	0.48	1.70	4.53
3	15.2	14.6	1.60	0.78	0.64	1.27	4.29
4	16.0	15.7	1.48	0.59	0.34	1.78	4.19
5	17.1	16.2	1.90	0.81	0.57	1.80	5.08

ซึ่งพบว่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินจริงของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดระยะปลูกในแปลงนากุ้งร้างคือ 1X1 เมตร เท่ากับ 3.09 กิโลกรัมต่อต้น หรือเท่ากับ 1,238 กิโลกรัมต่อไร่ หรือ 7.73 ตันต่อเฮกแตร์ ส่วนมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจริงของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดระยะปลูกในแปลงนากุ้งร้างคือ 1X1 เมตร เท่ากับ 4.1 กิโลกรัมต่อต้น หรือเท่ากับ 1,652 กิโลกรัมต่อ

ไร่ หรือ 10.33 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ซึ่งผลค่ามวลชีวภาพเหนือดินจริงโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมหัวเชื้อราอัดเม็ด เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดในจังหวัดตราด ประเทศไทย จากการศึกษาของนรารัตน์ในปี 2555 พบว่า มวลชีวภาพของโกงกางใบใหญ่ ระยะปลูก 0.5x0.5 เมตร อายุ 5 ปี มีค่ามวลชีวภาพ 6.62 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งจะเห็นได้ว่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด ระยะปลูก 1x1 เมตร อายุ 5 ปี มีค่ามวลชีวภาพ 10.33 ตันต่อเฮกตาร์ จะเห็นได้ว่าต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด มีระยะปลูกที่กว้างกว่า แต่มีค่ามวลชีวภาพมากกว่าค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้หัวเชื้อราในจังหวัดตราด ประเทศไทย [32] เนื่องจากจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จากหัวเชื้อราอัดเม็ดเกาะที่ปลายรากโกงกางใบใหญ่และสามารถทำงานร่วมกับรากพืช โดยเชื้อราปฏิปักษ์หลั่งสารปฏิชีวนะ โปรตีน เอนไซม์ เช่น Lacase, Peroxidase, Hemicellulose, Lignase, Protease, Galactosacharide, Fugiocine และอื่นๆ [51] จึงทำให้ผลการเติบโตและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดมีค่ามากกว่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดหรือบริเวณป่าชายเลนธรรมชาติที่อายุเท่ากัน 2-3 เท่า

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

4.3.1 การเปรียบเทียบสมการมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่บริเวณป่าชายเลนปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและป่าชายเลนธรรมชาติ

นำสมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด บริเวณนากุ้งร้างอำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาครและสมการมวลชีวภาพป่าธรรมชาติ ทำการคำนวณหาค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากชุดข้อมูลความสูง (Ht), ค่าเส้นรอบวง (GBH) จำนวน 200 ชุดข้อมูล ของต้นโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด อายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง อำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร [57] โดยสมการป่าชายเลนปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด คือ

$$y = 2.8168x^{0.1527} \quad (4.2)$$

และสมการป่าธรรมชาติคือ [41]

$$\log W_s = 0.6171+0.0357\log D^2H \quad (4.3)$$

$$\log W_b = -0.3606+0.0467\log D^2H \quad (4.4)$$

$$\log W_l = -0.3778+0.0360\log D^2H \quad (4.5)$$

$$\log W_{pr} = -0.6908+0.0496\log D^2H \quad (4.6)$$

หลังจากนั้นนำค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของป่าชายเลนปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด และป่าธรรมชาติที่คำนวณได้มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ที่ได้ โดยตั้งสมมุติฐานอย่างง่ายจากตัวทดสอบสถิติแบบ F ที่ระดับความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซ็นต์ดังต่อไปนี้

H_0 : $\beta 1 = 0$ คือ สมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด (y) ไม่มีความสัมพันธ์กับ สมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ของป่าธรรมชาติ (x)

H_1 : $\beta 1 = 0$ คือ สมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด (y) มีความสัมพันธ์กับ สมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ของป่าธรรมชาติ (x)

ผลการทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยตัวทดสอบสถิติแบบ F ได้ผลดังภาพที่ 4.1 โดยให้ค่าตัวทดสอบสถิติแบบ F = 4.346 หมายความว่า มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤต CR : $F \geq F_{0.05}(163,36) = 0.00$ ซึ่งค่า F 0 จากการทดสอบมีค่าทางสถิติมากกว่าค่าในช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0และยอมรับสมมติฐาน H_1 หมายความว่า สมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ของป่าธรรมชาติ (x) สามารถอธิบายความผันแปรของสมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด (y) ได้

Source of variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Regression	3.237	163	0.02	4.346E+31
Residual	0	36	0.00	
Total	3.237	199		

ภาพที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ระหว่างสมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ป่าธรรมชาติและสมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด

4.3.2 สร้างโมเดลความสัมพันธ์การเติบโตของต้นโกงกางใบใหญ่ร่วมหัวเชื้อราอัดเม็ด ระหว่างมวลชีวภาพ กับค่าความสูง ค่าเส้นรอบวง ปริมาณธาตุอาหาร และอายุต้นโกงกาง นำชุดข้อ

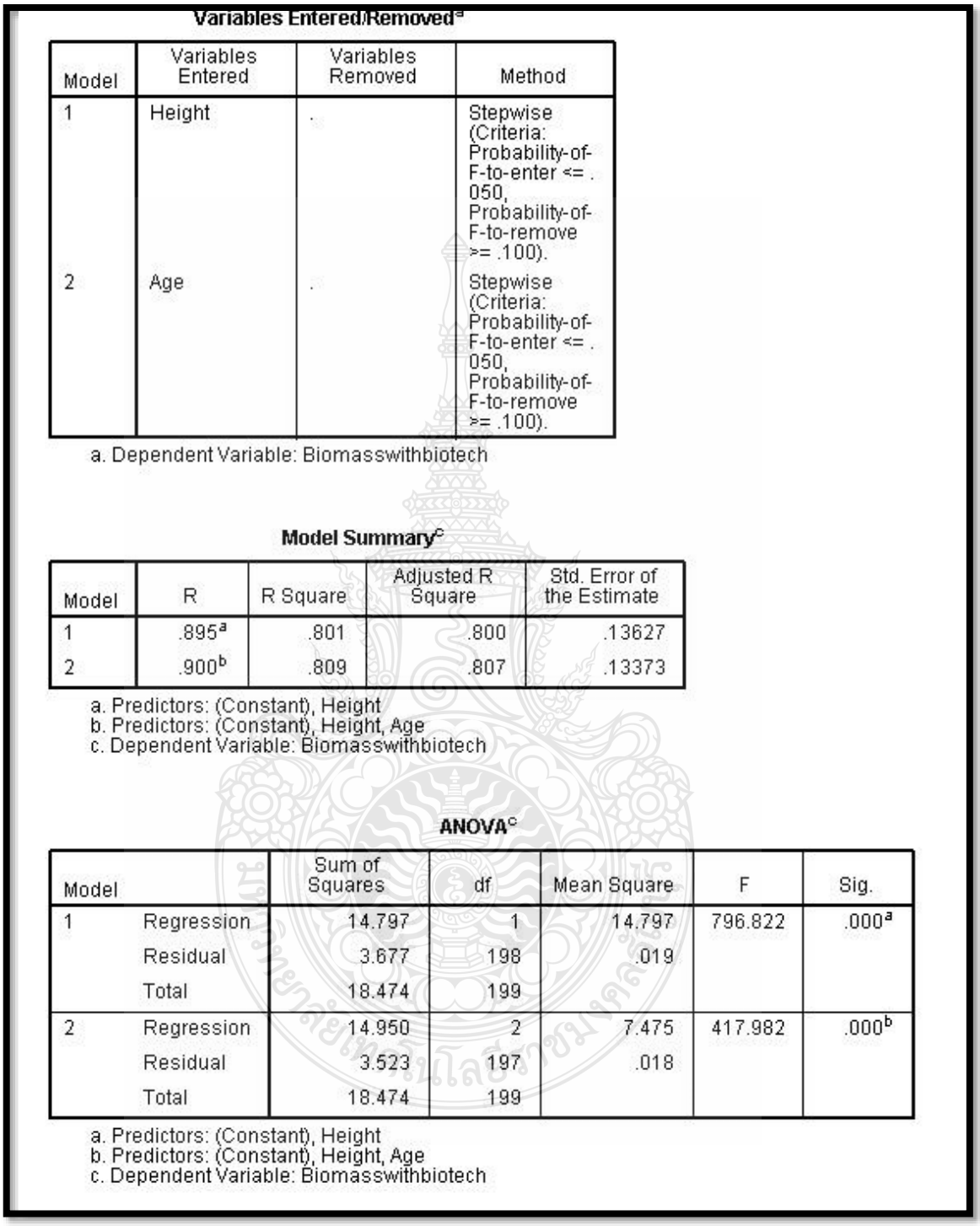
มูลค่าความสูง(Ht), ค่าเส้นรอบวง (GBH) , ปริมาณธาตุอาหารหลัก (Nutrient), อายุ (Age) และมวลชีวภาพที่ได้คำนวณจากสมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ป่าชายเลนปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด (AGB) จำนวน 200 ชุดข้อมูลของต้นโกงกางใบใหญ่จากป่าชายเลนปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด อายุ 5 ปี ร่วมกับหัวชื้อราอัดเม็ด และไม่ใช่หัวเชื้อราอัดเม็ด บริเวณนากุ้งร้างอำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร ดังข้อมูลในภาคผนวกที่ 1 มาทำการวิเคราะห์การถดถอยพหุคุณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis) โดยตัวแปรตาม (Dependent) เป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดและตัวแปรอิสระ (Independent) เป็น ค่าความสูง (Ht), ค่าเส้นรอบวงระดับอก (GBH) , ปริมาณธาตุอาหารหลัก (Nutrient), อายุ (Age) เพื่อคัดเลือกตัวแปรอิสระที่เหมาะสมเข้าสู่สมการความสัมพันธ์ ผลการวิเคราะห์ ดังภาพที่ 4.3 และภาพที่ 4.4 พบว่ามีตัวแปรอิสระคือ ค่าความสูง (Height) และ อายุ (Age) ที่ถูกคัดเลือกเข้าสู่สมการความสัมพันธ์ โดยสมการที่ 1 ใช้ค่าความสูง (Height) เป็นตัวแปรอิสระเพียงค่าเดียว สมการที่ 2 ใช้ค่าความสูง (Height) และอายุ (Age) เป็นตัวแปรอิสระ แต่การศึกษาในครั้งนี้พิจารณาเลือกสมการจากสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) คือตัวแปรอิสระสามารถอธิบายความผันแปรตัวแปรตามได้มากที่สุด และตัวทดสอบสถิติแบบ F พบว่าสมการที่ 1 เหมาะสมที่สุดโดยมีค่า (R^2)= 0.801 และมีค่าตัวทดสอบสถิติแบบ F= 796.822 ในส่วนสมการที่ 2 ค่า (R^2) = 0.807 แต่มีค่า F= 417.982 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าสมการที่ 1 มาก เพื่อให้ง่ายต่อการเขียนรูปสมการจึงกำหนดให้ ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินแทนด้วยสัญลักษณ์ AGB จึงสามารถเขียนรูปแบบสมการได้ดังต่อไปนี้

$$AGB = 3.864+0.19(Height) \qquad (R^2) = 0.8010 \qquad (4.7)$$

เมื่อ Height = ค่าความสูง

AGB = ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

สำหรับในส่วนโมเดลความสัมพันธ์การเติบโตของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดทำการวิเคราะห์การถดถอยพหุคุณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis) โดยตัวแปรตาม (Dependent) เป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด ตัวแปรอิสระ (Independent) เป็น มูลค่าความสูง (Ht), ค่าเส้นรอบวง (GBH) , ปริมาณธาตุอาหารหลัก (Nutrient), อายุ (Age) ผลการวิเคราะห์ ดังภาพที่ 4.5 พบว่าไม่มีตัวแปรที่เหมาะสมและไม่มีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงไม่สามารถสร้างสมการได้



Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Height	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100).
2	Age	.	Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100).

a. Dependent Variable: Biomasswithbiotech

Model Summary[c]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.895[a]	.801	.800	.13627
2	.900[b]	.809	.807	.13373

a. Predictors: (Constant), Height
b. Predictors: (Constant), Height, Age
c. Dependent Variable: Biomasswithbiotech

ANOVA[c]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	14.797	1	14.797	796.822	.000[a]
	Residual	3.677	198	.019		
	Total	18.474	199			
2	Regression	14.950	2	7.475	417.982	.000[b]
	Residual	3.523	197	.018		
	Total	18.474	199			

a. Predictors: (Constant), Height
b. Predictors: (Constant), Height, Age
c. Dependent Variable: Biomasswithbiotech

ภาพที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคุณแบบขั้นตอนโดยตัวแปรตามเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและตัวแปรอิสระ เป็นค่าความสูง (Height), ค่าเส้นรอบวง (GBH) , ปริมาณธาตุอาหารหลัก (Nutrient), อายุ (Age)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.864	.037		103.979	.000
	Height	.019	.001	.895	28.228	.000
2	(Constant)	3.834	.038		101.129	.000
	Height	.021	.001	.978	23.271	.000
	Age	-.019	.007	-.123	-2.931	.004

a. Dependent Variable: Biomasswithbiotech

Excluded Variables[c]

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
1	Age	-.123[a]	-2.931	.004	-.204	.548
	Dimeter	-.041[a]	-1.005	.316	-.071	.619
	nutrient	-.042[a]	-1.326	.186	-.094	.995
	DBH	-.041[a]	-1.005	.316	-.071	.619
2	Dimeter	.060[b]	1.156	.249	.082	.358
	nutrient	-.052[b]	-1.660	.099	-.118	.985
	DBH	.060[b]	1.156	.249	.082	.358

a. Predictors in the Model: (Constant), Height
b. Predictors in the Model: (Constant), Height, Age
c. Dependent Variable: Biomasswithbiotech

Residuals Statistics[a]

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	3.8152	5.4932	4.8770	.27409	200
Residual	-1.15088	.19040	.00000	.13306	200
Std. Predicted Value	-3.874	2.248	.000	1.000	200
Std. Residual	-8.606	1.424	.000	.995	200

a. Dependent Variable: Biomasswithbiotech

ภาพที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคุณแบบขั้นตอนโดยตัวแปรตามเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและตัวแปรอิสระ(ต่อ)

Variables Entered/Removed[b]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	nutrient, Height, Dimeter, Age	.	Enter

a. All requested variables entered.
b. Dependent Variable: Biomassnonbiotech

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.213[a]	.046	-.024	.93981

a. Predictors: (Constant), nutrient, Height, Dimeter, Age

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2.320	4	.580	.657	.625[a]
	Residual	48.579	55	.883		
	Total	50.898	59			

a. Predictors: (Constant), nutrient, Height, Dimeter, Age
b. Dependent Variable: Biomassnonbiotech

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	7.098	3.673		1.932	.058
	Age	.168	.991	.068	.169	.866
	Height	.006	.013	.062	.460	.647
	Dimeter	-1.423	.925	-.210	-1.538	.130
	nutrient	-.229	.890	-.103	-.257	.798

a. Dependent Variable: Biomassnonbiotech

ภาพที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคุณแบบขั้นตอนโดยตัวแปรตามเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดและตัวแปรอิสระเป็นค่าความสูง (Height), ค่าเส้นรอบวง (DBH) , ปริมาณธาตุอาหารหลัก (Nutrient), อายุ (Age)

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบหามวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดด้วยวิธีการแอลโลเมตรี อายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาครกับมวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินที่ไม่ได้ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด บริเวณป่าชายเลนธรรมชาติอายุ 5, 7 และ12 ปี

ชื่อ	มวลชีวภาพ (ตันต่อเฮกแตร์)	ค่าการกักเก็บคาร์บอน (ตันต่อเฮกแตร์)	พันธุ์ไม้	อายุ (ปี)	(GBH) (เซนติเมตร)	พื้นที่ศึกษา	ระยะปลูก (เมตร)
พชร 2559	7.73	3.63	โกงกางใบใหญ่ที่ปลูกโดยไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด	5	8.0-17.0	นากุ้งร้าง จังหวัดสมุทรสาคร ประเทศไทย	1.0x1.0
นรารัตน์ 2555	6.62	3.11	โกงกางใบใหญ่ปลูกโดยไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด	5	9.31	ป่าธรรมชาติ จังหวัดตราด ประเทศไทย	0.5x0.5
พชร 2559	10.33	4.85	โกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด	5	11.1-16.2	นากุ้งร้างจังหวัดสมุทรสาคร	1.0x1.0
Kathiresan et al. 2013	6.70	3.14	โกงกางใบใหญ่ปลูกโดยไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด	7	8.17	ป่าธรรมชาติ ประเทศอินเดีย	0.5x0.5
Tamooh et al. 2009	0.60-68.90	0.28-32.38	โกงกางใบใหญ่ปลูกโดยไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด	12	11.6	ป่าธรรมชาติ ประเทศเคนย่า	1.5x1.5

จากการเปรียบเทียบหามวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดด้วยวิธีการแอลโลเมตรี บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาครกับมวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินบริเวณป่าชายเลนธรรมชาติอายุ 1,2 และ5 ปี พบว่ามวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินที่ปลูกร่วมหัวเชื้อราอัดเม็ดมีค่าใกล้เคียงกัน อายุ 1-5 ปี คือมีค่ามวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดเหนือพื้นดิน 4.51, 5.09, 5.14, 5.54, 5.74 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับอายุ นั่นแสดงว่าค่ามวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดอายุ 5 ปี บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาครเทียบเท่ากับมวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินที่ปลูกโดยไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดอายุ 5,7 และ12 ปีบริเวณป่าชายเลนธรรมชาติ 6.62, 6.70 0.6-68.9 กิโลกรัมต่อไร่ และสอดคล้องกับการศึกษาหามวลชีวภาพของสุกาญจณ์ [45] และ Tamooh et al. [38] Kathiresan et al. [39] อื่นๆ ดังนั้นเราควรปลูกป่าชายเลนร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดทดแทนการปลูกป่าชายเลนโดยไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด เนื่องจากจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จากหัวเชื้อราอัดเม็ดที่เกาะปลายรากโกงกางใบใหญ่ได้ที่ความเข้มข้นมากกว่า 10^7cfu/gm หลั่งสารปฏิชีวนะโปรตีนเอนไซม์เช่น Lacase, Peroxidase, Hemicellulose, Lignase, Protease, Galactosacharide, Fugiocine อื่นๆ [51] จึงทำให้การเติบโตและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดมากกว่าการเติบโตและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดหรือบริเวณป่าชายเลนธรรมชาติที่อายุเท่ากัน 2-3 เท่า [36-41]

นอกจากนี้พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อค่ามวลชีวภาพพืชป่าชายเลน ได้แก่ ปัจจัยทางกายภาพ เช่น ปริมาณธาตุอาหารในดินและน้ำ ช่วงน้ำขึ้นน้ำลง ระยะห่างที่ปลูก ค่าความหนาแน่นต้นไม้ ปริมาณแสง ในช่วง 7-8 ปี เนื่องจากป่าอายุ 7-8 ปี เรือนยอดชิดกันและเรือนยอดสานกันแน่นทำให้มีการแก่งแย่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมอาทิเช่น ปริมาณธาตุอาหารในน้ำและดิน ปริมาณแสง นั้นเองและอิทธิพลทางชีวภาพต่อค่ามวลชีวภาพ ได้แก่

1.) อายุต้นไม้แปรผันตรงกับค่ามวลชีวภาพ พบว่ามีการหยุดชะงักการเติบโตในช่วง 7-8 ปี เนื่องจากในป่าอายุ 7-8 ปี เรือนยอดชิดกันและเรือนยอดสานกันแน่นทำให้มีการแก่งแย่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมอาทิเช่น ปริมาณธาตุหารในน้ำและดิน ปริมาณแสง

2.) ระยะเวลาการปลูกโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด 5 ปี ให้ค่ามวลชีวภาพมากว่าการปลูกโกงกางใบใหญ่โดยไม่มีการใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดที่อายุ 5 ปีเท่ากับ 64.44 %

3.) จุลินทรีย์ในดินเลน พบว่าป่าชายเลนธรรมชาติที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด อายุ 7-10 ปี และป่าปลูกโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด อายุ 5 ปี ปรากฏว่ามวลชีวภาพป่าชายเลนธรรมชาติที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด น้อยกว่าป่าปลูกโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด เนื่องจากจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในหัวเชื้อราอัดเม็ดช่วยเร่งการเติบโตและมวลชีวภาพ

เมื่อเปรียบเทียบค่ามวลชีวภาพป่าปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดร่วมกับป่าธรรมชาติที่ไม่มีการปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดพบว่า ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด 5 ปี เท่ากับ 10.33 ตันต่อเฮกแตร์ ในส่วนของมวลชีวภาพป่าธรรมชาติที่ไม่ได้ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดจังหวัดตราด อายุ 5 ปี พบว่า เท่ากับ 6.62 ตันต่อเฮกแตร์ มวลชีวภาพของโกงกางใบใหญ่บริเวณปากแม่น้ำ Vellar Coleroon ทางชายฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของอินเดีย อายุ 7 ปี 6.70 ตันต่อเฮกแตร์ และของมวลชีวภาพป่าธรรมชาติที่ไม่ได้ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดในประเทศอินโดนีเซียอายุ 7 ปี พบว่าค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 93.72 ตันต่อเฮกแตร์ ซึ่งพื้นที่ป่าชายเลนของประเทศอินโดนีเซียมีความอุดมสมบูรณ์สูงมากต่างจากการพื้นที่ในการศึกษานี้ซึ่งเป็นพื้นที่นากุ้งร้าง และพื้นที่ป่าชายเลนประเทศอินเดียดังนั้น ความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่จึงส่งผลต่อค่ามวลชีภาพอีกด้วยซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Komiyama และศศิธร ที่นำเสนอไว้ว่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินจะแตกต่างกันตามพื้นที่ (Specific site) [26,35]

ค่าความแตกต่างมวลชีวภาพเปรียบเทียบกับการปลูกโกงกางใบใหญ่โดยไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด 64.44% และค่าความแตกต่างคาร์บอนกักเก็บเปรียบเทียบกับการปลูกโกงกางใบใหญ่โดยไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด 75% ตามลำดับ

ดังนั้น หลังการปลูกโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดทดแทนการปลูกป่าชายเลนโดยไม่ได้ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด บริเวณป่าปลูกนากุ้งร้าง เราควรตรวจติดตามการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพด้วยวิธีการแอลโลเมตรีไปใช้ในการตรวจติดตามมวลชีวภาพเหนือดินบริเวณป่าชายเลนทดแทนการหามวลชีวภาพโดยไม่ใช้วิธีการแอลโลเมตรี ซึ่งจะช่วยให้ได้ค่าที่แม่นยำและถูกต้อง

ใกล้เคียงกัน ลดการตัดต้นไม้ ลดเวลา เพิ่มปริมาณออกซิเจนหรือเพิ่มปริมาณคาร์บอนเครดิต เพิ่มปริมาณการสังเคราะห์แสง ลดภาวะโลกร้อนได้เป็นอย่างดี

4.4 การหาปริมาณคาร์บอนเครดิตจากโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด

จากการหามวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด ทำให้เราทราบค่าคาร์บอนเครดิต (ปริมาณคาร์บอนกักเก็บ) ที่อายุต่างๆ การประเมินปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพนั้น โดยทั่วไปแล้วมวลชีวภาพจะมีค่าประมาณ 50% ของค่ามวลชีวภาพ ฉะนั้น จึงนำเอาปริมาณมวลชีวภาพคูณด้วย 0.47 (สรายุทธและรุ่งสุริยา 2554) ก็จะทราบค่าน้ำหนักของปริมาณคาร์บอนเครดิต (ปริมาณคาร์บอนกักเก็บ) ในมวลชีวภาพนั่นเอง [10]

คาร์บอนกักเก็บ = มวลชีวภาพ ×0.47

ซึ่งสามารถนำค่าคาร์บอนเครดิต(ปริมาณคาร์บอนกักเก็บ) ไปวางแผนการฟื้นฟูและตรวจติดตามระบบนิเวศป่าชายเลนในการจัดการปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างแม่นยำและถูกต้อง
จาก 4.3 พบว่ามวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินร่วมหัวเชื้อราอัดเม็ดมีค่าใกล้เคียงกัน อายุ 1-5 ปี คือมีค่ามวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดเหนือพื้นดิน 4.51, 5.09, 5.14, 5.54, 5.74 กิโลกรัม/ไร่ตามลำดับอายุหรือเท่ากับ 28.18, 31.81, 32.12, 34.62, 35.87 ตันต่อเฮกแตร์ตามลำดับอายุ ดังนั้น ค่าคาร์บอนเครดิต(ปริมาณคาร์บอนกักเก็บ) จากโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินร่วมหัวเชื้อราอัดเม็ด อายุ 1-5 ปี 2.11, 2.39, 2.41, 2.60, 2.69 กิโลกรัม/ไร่ตามลำดับอายุหรือเท่ากับ 13.18, 14.93, 15.06, 16.25, 16.81 ตันต่อเฮกแตร์ตามลำดับอายุ ส่วนมวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินที่ปลูกโดยไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดอายุ 5,7 และ 12 ปีบริเวณป่าชายเลนธรรมชาติ 6.62, 6.70 0.6-68.9 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับอายุ มีปริมาณคาร์บอนเครดิตโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินที่ปลูกโดยไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดอายุ 5, 7 และ12 ปีพบว่ามีค่า 3.11, 3.14 และ 0.28-32.28 ตามลำดับอายุ

ดังนั้น ควรทำการปลูกโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดทดแทนการปลูกโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้หัวเชื้อเชื้อราอัดเม็ด และดำเนินการตรวจติดตามประสิทธิภาพผลการปลูกป่าชายเลนด้วยวิธีการแอลโลเมตรี เนื่องจากโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดมีค่ามวลชีวภาพและค่าคาร์บอนเครดิต (ปริมาณคาร์บอนกักเก็บ) มากกว่าโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดที่มีอายุเท่ากัน มีค่าประมาณ 0.75 เท่า ที่ค่านัยสำคัญทางสถิติที่ความน่าเชื่อถือ 95% ช่วยอนุรักษ์ป่าไม้และลด

การตัดต้นไม้หลังการปลูกป่าชายเลน เพิ่มปริมาณออกซิเจนหรือเพิ่มปริมาณคาร์บอนเครดิตเพิ่มปริมาณการสังเคราะห์แสงลดภาวะโลกร้อนได้เป็นอย่างดี

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

มวลชีวภาพเหนือดินต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด อายุ 5 ปี ระยะปลูกห่าง 1x1 เมตร บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร โดยอาศัยกลไกการทำงานของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ผสมในหัวเชื้อราอัดเม็ดช่วยเร่งการเติบโตและมวลชีวภาพ เนื่องจากการหลั่งเอนไซม์เช่น Lacase, Peroxidase, Hemicellulose, Lignase, Protease, Galactosacharide, Fugiocine และอื่นๆ ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้ช่วยเร่งย่อยสลายเซลลูโลส ฟอสเฟต แมกนีเซียม ให้อยู่ในรูปสารประกอบที่เหมาะสมต่อการดูดซึมของราก จึงทำให้การเติบโตมีขนาดความสูง เส้นรอบวง ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดมากกว่าค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกโดยไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษามวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดที่ระนอง ตราด เคนยา อินเดีย อินโดนีเซีย [26,35]

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเติบโตและมวลชีวภาพ มี 2 ปัจจัยหลัก คือ 1.) อิทธิพลทางกายภาพต่อค่ามวลชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณธาตุอาหารในดินและน้ำ ช่วงน้ำขึ้นน้ำลง ระยะห่างที่ปลูก ค่าความหนาแน่นต้นไม้ ปริมาณแสง 2.) อิทธิพลทางชีวภาพต่อค่ามวลชีวภาพ ได้แก่

1.) อายุต้นไม้แปรผันตรงกับค่ามวลชีวภาพแต่พบว่ามีการหยุดชะงักการเติบโตในช่วง 7-8 ปี เนื่องจากในป่าอายุ 7-8 ปี เรือนยอดชิดกันและเรือนยอดสานกันแน่นทำให้มีการแก่งแย่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมอาทิเช่น ปริมาณธาตุหารในน้ำและดิน ปริมาณแสง
2.) ระยะเวลาการปลูกโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด 5 ปี ให้ค่ามวลชีวภาพมากว่าการปลูกโกงกางใบใหญ่โดยไม่มีการใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดที่อายุ 5 ปีเท่ากับ 64.44 %
3.) จุลินทรีย์ในดินเลน พบว่าป่าชายเลนธรรมชาติที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด อายุ 7-10 ปี และป่าปลูกโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด อายุ 5 ปี ปรากฏว่ามวลชีวภาพป่าชายเลนธรรมชาติที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด น้อยกว่าป่าปลูกโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด เนื่องจากจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในหัวเชื้อราอัดเม็ดช่วยเร่งการเติบโตและมวลชีวภาพ

ดังนั้น จากการศึกษาพบว่าค่ามวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด ระยะปลูก 1x1 m มีค่าเท่ากับ 10.33 ตันต่อเฮกแตร์ ส่วนค่ามวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้

หัวเชื้อราอัดเม็ดมีค่าเท่ากับ 7.73 ตันต่อเฮกแตร์ และค่าคาร์บอนกักเก็บมีค่าเท่ากับ 4.85, 3.63 ตันต่อเฮกแตร์

ค่าความแตกต่างมวลชีวภาพเปรียบเทียบกับการปลูกโกงกางใบใหญ่โดยไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด 64.44% และค่าความแตกต่างคาร์บอนกักเก็บเปรียบเทียบกับการปลูกโกงกางใบใหญ่โดยไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด 75% ตามลำดับ เนื่องจาก โกงกางใบใหญ่ที่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดด้วยเชื้อราผสม[43] ช่วยเร่งการเติบโต มวลชีวภาพ ค่าคาร์บอนกักเก็บมากกว่าที่โกงกางใบใหญ่ที่ไม่ได้ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด

ส่วนค่ามวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกโดยไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด ที่ระยะปลูก 0.5x0.5 m และ1.5x1.5 m อายุ 5, 7 และ12 ปี บริเวณป่าธรรมชาติมีค่ามวลชีวภาพเท่ากับ 6.62, 6.70 และ 0.60-68.90 ตามลำดับ จากผลปรากฏว่าจะเห็นว่าค่ามวลชีวภาพต้นโกงกางใบใหญ่ที่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด มากกว่ามวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่ป่าธรรมชาติ ที่อายุ 5 ปีเท่ากัน นั้นแสดงว่ามวลชีวภาพมีความผันแปรต่อ อายุ พื้นที่ สภาพแวดล้อม ระยะการปลูก

การศึกษาหาสมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดด้วยวิธีการทางแอลโลเมตรี บริเวณนากุ้งร้าง ตำบลโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร อายุ 1-5 ปี พบว่ามีค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดเหนือพื้นดิน 4.51, 5.09, 5.14, 5.54, 5.74 กิโลกรัม/ต้น ตามลำดับโดยการคำนวณค่ามวลชีวภาพที่ได้จากน้ำหนักแห้ง และนำมาสร้างสมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ด้วยวิธีการแอลโลเมตรี ค่าความน่าเชื่อถือทางสถิติ 81.9% ดังสมการดังนี้

$$y = 2.8168x^{0.1527} \qquad (R^2 = 0.819) \qquad (5.1)$$

เมื่อ y = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

x = ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางยกกำลังสองคูณด้วยค่าความสูง

จากการเปรียบเทียบสมการมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่ของป่าชายเลนที่ปลูกโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและป่าชายเลนธรรมชาติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความน่าเชื่อถือ 95% ของสมการความสัมพันธ์ที่ได้ พบว่า สมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินส่วนลำต้นของป่าชายเลนที่ปลูกโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดสามารถอธิบายความผันแปรของสมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินส่วนลำต้นของป่าชายเลนที่ปลูกโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ด

จากการสร้างโมเดลความสัมพันธ์การเติบโตของต้นโกงกางใบใหญ่ระหว่างมวลชีวภาพกับค่าความสูง ค่าเส้นรอบวง ปริมาณธาตุอาหาร กับอายุต้นโกงกางโดยทำการวิเคราะห์การถดถอยพหุคุณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis)โดยตัวแปรตาม (Dependent) เป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดและตัวแปรอิสระ (Independent) เป็น ค่าความสูง (Ht), ค่าเส้นรอบวง (GBH) , ปริมาณธาตุอาหารหลัก (Nutrient), อายุ (Age) พบว่ามีความน่าเชื่อถือทางสถิติ 80.1% สามารถเขียนรูปแบบสมการได้ดังต่อไปนี้

$$BM = 3.864+0.19(Height) \qquad (R^2) = 0.801 \qquad (5.2)$$

เมื่อ Height = ค่าความสูง

BM = ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

สำหรับในส่วนโมเดลความสัมพันธ์การเติบโตของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดทำการวิเคราะห์การถดถอยพหุคุณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis)โดยตัวแปรตาม (Dependent) เป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ด ตัวแปรอิสระ (Independent) เป็น มูลค่าความสูง (Ht), ค่าเส้นรอบวง (DBH) , ปริมาณธาตุอาหารหลัก (Nutrient), อายุของโกงกาง (Age) พบว่าไม่มีตัวแปรที่เหมาะสมและไม่มีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงไม่สามารถสร้างสมการได้

การเปรียบเทียบมวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินร่วมหัวเชื้อราอัดเม็ดมีค่าใกล้เคียงกัน อายุ 1-5 ปี คือมีค่ามวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดเหนือพื้นดิน 4.51, 5.09, 5.14, 5.54, 5.74 กิโลกรัม/ไร่ตามลำดับอายุ หรือเท่ากับ 28.18, 31.81, 32.12, 34.62, 35.87 ตันต่อเฮกแตร์ตามลำดับอายุ ค่าคาร์บอนเครดิต (ปริมาณคาร์บอนกักเก็บ) จากโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินร่วมหัวเชื้อราอัดเม็ด อายุ 1-5 ปี 2.11, 2.39, 2.41, 2.60, 2.69 ตามลำดับอายุหรือเท่ากับ 13.18, 14.93, 15.06, 16.25, 16.81 ตันต่อเฮกแตร์ตามลำดับอายุส่วนมวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินที่ปลูกโดยไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดอายุ 7-10 ปีบริเวณป่าชายเลนธรรมชาติ 3.14, 3.79, 5.99 และ 12.28 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับอายุ มีปริมาณคาร์บอนเครดิต (ปริมาณคาร์บอนกักเก็บโกงกางใบใหญ่เหนือพื้นดินที่ปลูกโดยไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดอายุ 7-10 ปี 1.47, 1.78, 2.81, 5.77 ตามลำดับอายุ ซึ่งผลค่ามวลชีวภาพโกงกางใบใหญ่ร่วมหัวเชื้อราอัดเม็ดเหนือดินมีการเติบโตดีกว่า เนื่องจากจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จากหัวเชื้อราอัดเม็ดสามารถเกาะที่ปลายรากโกงกางใบใหญ่ได้ที่ความเข้มข้นมากกว่า 10^7cfu/gm หลั่งสาร

ปฏิชีวนะ โปรตีน เอนไซม์ เช่น Lacase, Peroxidase, Hemicellulose, Lignase, Protease, Galactosacharide, Fugiocine อื่นๆ [51] จึงทำให้การเติบโตและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโกงกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดมากกว่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่ไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดหรือบริเวณป่าชายเลนธรรมชาติที่อายุเท่ากัน 2-3 เท่า [36-41]

ดังนั้น ควรทำการปลูกและดำเนินการตรวจติดตามประสิทธิภาพผลการปลูกโกกางใบใหญ่ร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดทดแทนการปลูกโกงกางใบใหญ่ที่ไม่ใช้หัวเชื้อเชื้อราอัดเม็ด ด้วยวิธีการแอลโลเมตรี บริเวณนากุ้งร้างและป่าชายเลนธรรมชาติ เนื่องจากพบว่าโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อราอัดเม็ดมีค่ามวลชีวภาพและค่าคาร์บอนเครดิต(ปริมาณคาร์บอนกักเก็บ) มากกว่าโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกไม่ใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดที่มีอายุเท่ากัน มีค่าประมาณ 64.44 % ที่ค่านัยสำคัญทางสถิติที่ความน่าเชื่อถือ 95% ช่วยอนุรักษ์ป่าไม้และลดการตัดต้นไม้หลังการปลูกป่าชายเลน เพิ่มปริมาณออกซิเจนหรือเพิ่มปริมาณคาร์บอนเครดิตเพิ่มปริมาณการสังเคราะห์แสงลดภาวะโลกร้อนได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้เครื่องมือที่มีความแม่นยำสูงในการวัดค่าพารามิเตอร์หลักของสมการ อาทิเช่น Vertex Hypsometer กล้องถ่ายภาพความสูงได้สามมิติ สำหรับการวัดความสูง ของต้นโกงกางใบใหญ่ ซึ่งถ้าต้นโกงกางที่มีขนาดสูงมากจะทำให้การวัดมีความคลาดเคลื่อนสูง ส่งผลต่อความแม่นยำของสมการ

2. ถ้าพื้นที่ที่ต้องการศึกษามีขนาดใหญ่มากอาจจะส่งผลต่องบประมาณและกำลังคนในการเข้าเก็บ ตัวอย่างดังนั้นควรใช้เทคโนโลยีภาพถ่ายดาวเทียมในการประเมินมวลชีวภาพ หรืออาจจะใช้เครื่องมือเครื่องถ่ายภาพความคมชัดสูงโดยติดตั้งกับโดรนบินเก็บภาพเหนือพื้นที่ที่ต้องการศึกษาหลังจากนั้นนำภาพมาประเมินผลชีวภาพในระบบคอมพิวเตอร์ โดยวางแปลงตัวอย่างให้ครอบคลุมทุกความเข้มของ Pixel ของภาพถ่าย หลังจากนั้นลงแปลงเก็บตัวอย่างตามที่วางแผนไว้ นำข้อมูลที่ได้มาสร้างสมการมวลชีวภาพ และประเมินค่ามวลชีวภาพทั้งหมดจากการคำนวณนั้นเอง

3. จากการศึกษาเปรียบเทียบสมการมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบใหญ่จากของนักวิจัยหลายๆท่านพบว่าถึงจะมีค่าความแม่นยำสูง แต่เวลาที่จะเลือกใช้สมการควรเลือกสมการมวลชีวภาพที่มีสภาพแวดล้อมใกล้เคียงหรือเหมือนกันกับพื้นที่ที่ต้องการศึกษา รวมถึงต้องคำนึงถึงช่วงชั้นของอายุของต้นไม้ที่ต้องการศึกษากับสมการมวลชีวภาพที่เลือกใช้ต้องอยู่ในช่วงอายุเดียวกัน ถึงจะได้ค่าถูกต้องและมีความแม่นยำ แต่ถ้าต้องการความแม่นยำสูงสุดควรวางแปลงตัวอย่างเพื่อเก็บข้อมูลสร้างสมการมวลชีวภาพโดยเฉพาะของพื้นที่ที่ต้องการศึกษา

บรรณานุกรม

[1] สนิท อักษรแก้ว, ป่าชายเลนนิเวศวิทยาและการจัดการ, ครั้งที่ 1. ปีที่ 2532. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542.

[2] วัฒนา พรประเสริฐ สนใจ หะวานนท์ ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ พูลศรี เมืองสง สนิท อักษรแก้ว, "การจัดการและการอนุรักษ์ป่าชายเลน : บทเรียนในรอบ 20 ปี," นำเสนอที่ การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 10, โรงแรม เจ.บี. หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา, 2540.

[3] C. Lacambra, D. A. Friess, T. Spencer, and I. Moller, "Bioshields : Mangrove ecosystems as resilient natural coastal defences," in The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction. vol. 1, F. G. Renaud, K. Sudmeier-Rieux, and M. Estrella, Eds., Tokyo : UNU Press, 2013, pp. 82-108.

[4] สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์, "การย่อยสลายใบโกงกางและใบแสมด้วยเชื้อราบริเวณพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร," วารสารนเรศวร, ปีที่ 4 ฉบับที่ 20, นน. 24-32, 2555.

[5] S. Rattanaloeadnusorn, T. Sronkwan, S. Ritthisorn and S. Pongswat, "Biofertilizerrom Stock Fungus and Natural Material for Sufficiency Economy Philosophy Community Development," in the 1st The Inaugural International Symposium on Local Wisdom and Improving the Quality of Life, Chiang Mai, 2012, pp. 49-56.

[6] S. Rattanaloeadnusorn, "Inoculants Fungal *Trichoderma, Mucor* and *Bacillus* for Community Development Based on sufficiency economy philosophy," in the Second International Conference on Science, Engineering & Environment, Osaka, 2016. pp. 608-613.

[7] ชิงชัย วิริยะบัญชา, คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหมู่ไม้, กรุงเทพมหานคร : ฝ่ายวนวัฒนวิจัย และพฤกษศาสตร์กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช, 2546.

[8] M.A. Huberman, "Mangrove Silviculture," Unasylva, vol. 13, pp. 188-195, 1959.

[9] L.V. Du, Ecology and Silviculture of Mangrove, Yale Univ: School of Forest., 1962.

[10] สรายุทธ บุณยะเวชชีวิน และรุ่งสุริยา บัวสาลี, ป่าชายเลนนิเวศวิทยาและพรรณไม้, ครั้งที่ 1. ปีที่. 2554. กรุงเทพมหานคร : กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธ์พืช, 2554.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[11] S. Kongkamol S. “Decomposition Rates and Associated Degradation Fungi on mangrove Leaf Litters of *Rhizophora apiculata* and *A. alba* at Thachine estuary Samut Sakhon Province,” Ph.D Thesis, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, 2001.

[12] สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์ สายัณห์ สมฤทธิ์ผล และอัชฌานัท รัตนเลิศนุสรณ์, “ความหลากหลายทางชีวภาพเชื้อราดินเลนและการฟื้นฟูต้นกล้าโกงกางใบเล็กและแสมขาวด้วยเชื้อราดินเลน,” รายงานวิชาการฉบับสมบูรณ์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2554.

[13] D.J. Pool, S.C. Snedaker, and A.E. Lugo, “Structure of mangrove forests in Florida,” Biotropica, vol. 9, pp. 195-212, Jan 1977.

[14] สรายุทธ บุณยะเวชชีวิน ธนิน หนูยิ้ม และโชวโซ นากามูระ, “อัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของโกงกางใบเล็กและโกงกางใบใหญ่ที่ระดับความเข้มแสงต่างๆ,” การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.

[15] M.E.C. Giglioli and L. Thornton, “The Mangrove Swamps of Keneba, Lower Gambia River Basin. I. Descriptive Notes on the Climate, the Mangrove Swamps and the Physical Composition of Their Soils,” Journal of Applied Ecology, vol. 2, pp. 81-103, May 1965.

[16] T.J. Smith, “Forest structure,” in Tropical Mangrove Ecosystem. A.I. Robertson and D.M. Alongi, Eds., ed, Washington, DC. : American Geophysical Union, 1992, pp.101-136.

[17] ดนัย บุณยเกียรติ, สรีรวิทยาของพืช, เชียงใหม่ : ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2539.

[18] E.P. Odum, Fundamental of Ecology, New York : Reinhart & Winston Inc, 1963.

[19] พงษ์ศักดิ์ สหุนาพุ, “ผลผลิตและการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้,” นำเสนอที่การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2538.

[20] J.D. Ovington, “Quantitative Ecology and The Woody Ecosystem Concept,” Advances in Ecological Research, vol. 1, pp.103-192, Jan 1962.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[21] H.K. Ogawa, B. Yoda and T. Kira, "Comparative Ecological Study on Three Main Types of Forest Vegetation in Thailand In Structure and Floristic Composition," Nature and Life in South-East Asia, vol. 4, pp 70-85, Oct 1965.

[22] S. Brown, Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests, Rome : Food and Agriculture Organization of The United Nation, 1997.

[23] A. Komiyama, H. Moriya, and B. Suhardjono, "Primary Productivity of Mangrove Forest," presented at Biological System of Mangroves conference, Japan, 2009.

[24] พงษ์ศักดิ์ สหุนาพ, "การประมาณมวลชีวภาพของพืชและป่าไม้," วารสารการจัดการป่าไม้, ปีที่ 3 ฉบับที่ 5, นน. 73-77, 2552.

[25] S. Tamai, T. Nakasuga, R. Tabuchi, and K. Ogino. "Ecological studies of mangrove forests in Southern Thailand: Standing structure and biomass Mangrove ecology in Thailand," in Thai-Japanese cooperative research project on mangrove productivity and development, 1983, pp. 1-15.

[26] A. Komiyama, H. Moriya, S. Prawiroatmodjo, T. Toma, and K. Ogino. "Primary productivity of mangrove forest," in Biological system of mangroves, K. Ogino, and M.Chihara, Eds., Matsuyama : Ehime University, 1988, pp. 97-117.

[27] S. Poungparn, "Common allometric relationships for estimating the biomass of mangrove forests," Ph.D.Thesis, Applied Biological Sciences, Gifu University, Japan, 2003.

[28] T.R. Crow, "Common regressions to estimate tree biomass in tropical stands," Forest Science, vol. 7, pp. 110-114, 1978.

[29] A. Komiyama, V. Jintana, T. Sangtiean, and S. Kato, "A common allometric equation for predicting stem weight of mangroves," Ecological Research, vol. 17, pp. 415-418, May 2002.

[30] A. Komiyama, S. Poungparn, and S. Kato, "Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves," Journal of Tropical Ecology, vol. 21, pp. 471-477, July 2005.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[31] J. Nàvar, "Allometric equations for tree species and carbon stocks for forests of northwestern Mexico," Forest Ecology and Management, vol. 257, pp. 427–434, Jan 2009.

[32] K. Shinozaki, K. Yoda. K. Hozumi, and T. Kira, "A quantitative analysis of plant form – The pipe model theory: II. Further evidence of the theory and its application in forest ecology," Japanese Journal of Ecology, vol. 14, pp. 133-139, Aug 1964.

[33] R. Morataya, G. Galloway, F. Berninger, and M. Kannien. "Foliage biomass – sapwood (area and volume) relationships of Tectona grandis L.F. and Gmelina arborea Roxb.: sivilcultural implications," Forest Ecology and Management, vol. 113, pp. 231-239, Jan 1999.

[34] S. Poungparn, A. Komiyama, P. Patanaponpaiboon, V. Jintana, T. Sangtiean, T. Tanapermpool, S. Piriyayaota, C. Maknual, and S. Kato, "Site-independent allometric relationships for estimating above-ground weights of mangroves," Tropics, vol. 12, pp. 147-158, Jan 2003.

[35] ศศิธร พ่วงปาน, "พัฒนาการของวิธีการแอลโลเมตรีเพื่อการประมาณมวลชีวภาพป่าไม้," วารสารการจัดการป่าไม้, ปีที่ 6 ฉบับที่ 12, นน. 64-70, 2555.

[36] นรารัตน์ พัฒนสิงห์, "ผลผลิตมวลชีวภาพ ปริมาณการร่วงหล่นและการสลายตัวของซากพืชในป่าชายเลนชุมชนบ้านเปร็ดใน จังหวัดตราด," วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 2555.

[37] B. Hongthong, Food and Agriculture Organization of the United Nations (online), Available: http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=TH9520268 (27 July 2017)

[38] F. Tamooh, J.G. Kairo, M. Huxham, B. Kirui, M. Mencuccini, and M. Karachi, "Biomass Accumulation in a Rehabilitated Mangrove Forest at Gazi Bay," in Advances in Coastal Ecology: People, Processes and Ecosystems in Kenya, 2009, pp. 138-147.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[39] K. Kathirisan, R. Anburaj, V. Gomathi, and K. Saravanakumar, " Carbon Sequestration Potential of *Rhizophora mucronata* and *Avicennia marina* as Influenced by Age, Season, Growth and Sediment Characteristics in Southest Coast of India," Journal of Coastal Conservation, vol. 17, pp. 397-408, Sep 2013

[40] S. Sukradjo and I. Yamada, "Biomass and Productivity of a *Rhizophora mucronata* Lamarck Plantation in Tritih, Central Java, Indonesia," Forest Ecology and Mangement, vol. 49, pp. 195-209, Mar 1992.

[41] วิจารณ์ มีผล, "การเก็บกักคาร์บอนของป่าชายเลน บริเวณพื้นที่สงวนชีวมณฑลระนอง," วารสารการจัดการป่าไม้, ปีที่ 4 ฉบับที่ 7, นน. 33-47, 2553.

[42] สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์, "หัวเชื้อรา," ประเทศไทย เลขที่คำขอ 1401007159, 28 พฤศจิกายน, 2557.

[43] สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์, "หัวเชื้อชีวภาพ," ประเทศไทย เลขที่คำขอ 1401007158, 28 พฤศจิกายน, 2557.

[44] สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์, "ประสิทธิภาพของเชื้อราดินเลนบนซากใบโกงกางใบเล็กและใบแสมขาวในการย่อยสลายและควบคุมโรคพืชอย่างบูรณาการ," รายงานวิชาการฉบับสมบูรณ์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2550.

[45] สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์, "การใช้ประโยชน์เชื้อราดินเลน Trichoderma viride เพื่อลดภาวะโลกร้อนแบบยั่งยืน," วารสารการวิจัย กาสะลองคำ, ปีที่ 2 ฉบับที่ 2, นน. 40-50, 2551

[46] สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์, "ความหลากหลายทางชีวภาพเชื้อราบนฝักโกงกางใบเล็กและแสมขาว : การใช้ประโยชน์เชื้อรา Trichoderma viride," วารสารการจัดการป่าไม้, ปีที่ 3 ฉบับที่ 5, นน. 35-42, มกราคม 2552.

[47] สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์, "เทคนิคการเพาะต้นกล้าโกงกางใบเล็กและแสมขาวด้วยเชื้อราดินเลน: Trichoderma viride," นำเสนอที่ การประชุมวิชาการนเรศวรวิจัย ครั้งที่ 5, พิษณุโลก, 2552.

บรรณนานุกรม (ต่อ)

[48] สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์ สายัณห์ สมฤทธิ์ผล และอัชฌานัท รัตนเลิศนุสรณ์, “การใช้ประโยชน์เชื้อราปฏิปักษ์จากดินเลนในการควบคุมโรคเน่าบนโกงกางใบเล็กและแสมขาว,” รายงานวิชาการฉบับสมบูรณ์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2552.

[49] สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์ วัชระพงศ์ วรเศรษฐพงษ์ และอัชฌานัท รัตนเลิศนุสรณ์, “ประสิทธิภาพของเชื้อราปฏิปักษ์จากดินในการควบคุมโรคเน่าในผักและผลไม้ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจของประเทศไทย,” รายงานวิชาการฉบับสมบูรณ์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2550.

[50] สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์, “ความหลากหลายทางชีวภาพเชื้อราบริเวณนากุ้งร้างและการย่อยสลายฟางข้าว,” นำเสนอที่ การประชุมวิชาการนเรศวรวิจัย ครั้งที่ 6, พิษณุโลก, 2553.

[51] สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์, “การชักนำการเจริญเติบโตโกงกางใบเล็กด้วยเทคนิคทางชีวภาพบริเวณนากุ้งร้าง จังหวัดสมุทรสาคร,” นำเสนอที่ งานวิจัยการประชุมวิชาการป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 49, กรุงเทพฯ, 2554.

[52] สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์ ฐิตยา ศรขวัญ และสุจยา ฤทธิศร, “การใช้ประโยชน์หัวเชื้อราปฏิปักษ์อัดเม็ดเพื่อการเกษตรแบบยั่งยืน,” รายงานวิชาการฉบับสมบูรณ์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2555.

[53] S. Rattanaloeadnusorn, P. Sirikhae, and A. Rattanaloeadnusorn, “Antagonistic Fungal Pellets for Community Development based Sufficiency Economy Philosophy,” presented at the 2nd Asia Engage Regional Conference 2014 : Innovation and Creativity: collaboration with communities to tackle problems across ASEAN, Indonesia, 2014.

[54] S. Rattanaloeadnusorn, “Inoculants Fungal Trichoderma and Bacillus for Improving Acidic Soils and Community Development Based on Philosophy of Sufficiency Economy,” presented at the International Conference on Science and Technology TICST, Thailand, 2015.

บรรณนานุกรม (ต่อ)

[55] เกียรติก้อง พิตรปรีชา ธิติ วิสารัตน์ สมบูรณ์ กีรติประยูร และชิงชัย วิริยะบัญชา, “การประมาณมวลชีวภาพและปริมาตรรายต้นของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส,” ใน งานนิเวศวิทยาป่าไม้ เอกสารทางวิชาการเล่มที่ 18, ฝ่ายวนวัฒนวิจัย กองบำรุง กรมป่าไม้, 2530, นน. 23.

[56] T. Satoo and M. Senda, “Materials for the studies of growth in stand IV Amount of leaves and production of wood in young plantation of Chamea cyparisobtusa,” Journal of Ecology, vol. 60, pp.7-100, 1958.

[57] บุญร่ง ศรีสุข, “การปลูกโกงกางใบใหญ่บริเวณหลังแนวไม้ไผ่ชะลอคลื่นร่วมกับหัวเชื้อชีวภาพอัดเม็ด ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตรและเทคโนเลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2559.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลภาคสนาม

Tree	Age	Height	Dimeter	Biomasswithbiotech	Biomassnonbiotech	nutrient	DBH
1	1.00	51.00	1.20	4.85	4.27	4.82	.38
2	1.00	44.00	1.10	4.75	4.47	4.82	.35
3	1.00	43.00	1.00	4.73	4.47	4.82	.32
4	1.00	44.00	1.30	4.75	4.44	4.82	.41
5	1.00	45.00	1.30	4.76	4.43	4.82	.41
6	1.00	46.00	1.20	4.78	4.62	4.82	.38
7	1.00	42.00	1.00	4.71	4.42	4.82	.32
8	1.00	39.00	1.00	4.66	4.57	4.82	.32
9	1.00	46.00	1.10	4.78	4.43	4.82	.35
10	1.00	41.00	.90	4.70	4.53	4.82	.29
11	1.00	45.00	1.20	4.76	4.51	4.82	.38
12	1.00	46.00	1.10	4.78	4.48	4.82	.35
13	1.00	45.00	1.00	4.76	4.40	4.82	.32
14	1.00	45.00	1.10	4.76	4.48	4.82	.35
15	1.00	44.00	1.20	4.75	4.53	4.82	.38
16	1.00	43.00	1.10	4.73	4.92	4.82	.35
17	1.00	48.00	.90	4.82	4.85	4.82	.29
18	1.00	39.00	1.00	4.66	4.89	4.82	.32
19	1.00	43.00	1.00	4.73	4.88	4.82	.32
20	1.00	42.00	1.00	4.71	4.91	4.82	.32
21	1.00	41.00	1.30	4.70	4.90	4.82	.41
22	1.00	26.00	1.10	4.38	4.77	4.82	.35
23	1.00	40.00	1.20	4.68	4.86	4.82	.38
24	1.00	22.00	.80	4.28	4.74	4.82	.25
25	1.00	44.00	.70	4.77	4.91	4.82	.22
26	1.00	43.00	1.20	4.73	4.76	4.82	.38
27	1.00	36.00	1.00	4.61	4.72	4.82	.32
28	1.00	37.00	1.30	4.62	4.74	4.82	.41
29	1.00	39.00	1.40	4.66	4.73	4.82	.45
30	1.00	38.00	1.20	4.64	4.88	4.82	.38
31	1.00	43.00	1.00	4.73	4.94	4.82	.32
32	1.00	38.00	1.20	4.64	4.95	4.82	.38
33	1.00	48.00	1.00	4.81	4.71	4.82	.32
34	1.00	47.00	1.10	4.79	4.81	4.82	.35
35	1.00	49.00	.90	4.83	11.79	4.82	.29
36	1.00	46.00	1.10	4.78	4.85	4.82	.35
37	1.00	38.00	.80	4.65	4.84	4.82	.25
38	1.00	47.00	1.00	4.80	5.03	4.82	.32
39	1.00	41.00	1.10	4.70	4.99	4.82	.35
40	1.00	38.00	1.00	4.64	4.70	4.82	.32
41	1.00	41.00	1.20	4.70	4.78	4.82	.38
42	1.00	40.00	1.00	4.68	4.98	4.82	.32
43	1.00	42.00	1.20	4.71	4.90	4.82	.38
44	1.00	41.00	1.00	4.70	4.58	4.82	.32
45	1.00	47.00	1.10	4.79	4.76	4.82	.35
46	1.00	37.00	1.00	4.62	5.03	4.82	.32
47	1.00	42.00	1.10	4.71	4.98	4.82	.35
48	1.00	35.00	.90	4.59	4.95	4.82	.29
49	1.00	39.00	1.00	4.66	4.99	4.82	.32
50	1.00	44.00	1.00	4.75	4.75	5.89	.32
51	2.00	58.00	1.00	4.95	4.90	5.89	.32
52	2.00	43.00	1.00	4.73	4.85	5.89	.32
53	2.00	38.00	1.00	4.64	4.91	5.89	.32
54	2.00	58.00	.80	4.97	4.88	5.89	.25
55	2.00	31.00	1.10	4.50	5.12	5.89	.35
56	2.00	46.00	1.00	4.78	4.88	5.89	.32

ภาพที่ 1 ข้อมูล 200 ชุดข้อมูลของต้นโกงกางใบใหญ่จากแปลงป่าปลูกอายุ 1 ปี ที่ใช้หัวชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช่หัวเชื้อราอัดเม็ดบริเวณนากุ้งร้างอำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร

57	2.00	1.00	1.00	2.66	5.09	5.89	.32
58	2.00	1.00	1.00	2.66	4.66	5.89	.32
59	2.00	31.00	1.00	4.50	4.94	5.89	.32
60	2.00	58.00	.90	4.96	4.80	5.89	.29
61	2.00	38.00	1.00	4.64	.	5.89	.32
62	2.00	43.00	.80	4.74	.	5.89	.25
63	2.00	31.00	.90	4.51	.	5.89	.29
64	2.00	58.00	.80	4.97	.	5.89	.25
65	2.00	46.00	1.00	4.78	.	5.89	.32
66	2.00	43.00	1.10	4.73	.	5.89	.35
67	2.00	46.00	1.10	4.78	.	5.89	.35
68	2.00	58.00	1.20	4.95	.	5.89	.38
69	2.00	38.00	1.20	4.64	.	5.89	.38
70	2.00	43.00	.90	4.74	.	5.89	.29
71	2.00	60.00	1.20	4.98	.	5.89	.38
72	2.00	60.00	1.70	5.00	.	5.89	.54
73	2.00	68.00	1.10	5.07	.	5.89	.35
74	2.00	54.00	1.10	4.90	.	5.89	.35
75	2.00	30.00	1.00	4.48	.	5.89	.32
76	2.00	61.00	.80	5.00	.	5.89	.25
77	2.00	58.00	.90	4.96	.	5.89	.29
78	2.00	47.00	.80	4.81	.	5.89	.25
79	2.00	43.00	1.10	4.73	.	5.89	.35
80	2.00	33.00	1.20	4.54	.	5.89	.38
81	2.00	32.00	1.00	4.52	.	5.89	.32
82	2.00	44.00	1.00	4.75	.	5.89	.32
83	2.00	46.00	1.20	4.78	.	5.89	.38
84	2.00	60.00	1.20	4.98	.	5.89	.38
85	2.00	68.00	1.60	5.09	.	5.89	.51
86	2.00	53.00	.40	4.96	.	5.89	.13
87	2.00	53.00	.60	4.92	.	5.89	.19
88	2.00	54.00	.80	4.91	.	5.89	.25
89	2.00	62.00	.80	5.02	.	5.89	.25
90	2.00	62.00	1.00	5.00	.	5.89	.32
91	2.00	49.00	.90	4.83	.	5.89	.29
92	2.00	49.00	1.00	4.83	.	5.89	.32
93	2.00	40.00	1.10	4.68	.	5.89	.35
94	2.00	40.00	.90	4.68	.	5.89	.29
95	2.00	28.00	.90	4.44	.	5.89	.29
96	2.00	59.00	1.00	4.97	.	5.89	.32
97	2.00	60.00	1.10	4.98	.	5.89	.35
98	2.00	50.00	.80	4.85	.	5.89	.25
99	2.00	50.00	1.10	4.84	.	5.89	.35
100	2.00	38.00	1.10	4.64	.	6.35	.35
101	4.00	69.00	1.90	5.13	.	6.35	.60
102	4.00	71.00	1.70	5.13	.	6.35	.54
103	4.00	60.00	1.80	5.01	.	6.35	.57
104	4.00	50.00	2.50	4.98	.	6.35	.80
105	4.00	74.00	1.70	5.17	.	6.35	.54
106	4.00	54.00	1.60	4.91	.	6.35	.51
107	4.00	74.00	1.90	5.19	.	6.35	.60
108	4.00	46.00	1.80	4.81	.	6.35	.57
109	4.00	63.00	1.80	5.05	.	6.35	.57
110	4.00	59.00	1.90	5.01	.	6.35	.60

ภาพที่ 2 ข้อมูล 200 ชุดข้อมูลของต้นโกงกางใบใหญ่จากแปลงป่าปลูกอายุ 1 ปี ที่ใช้หัวชื้อรา อัดเม็ดและไม่ใช่หัวเชื้อราอัดเม็ดบริเวณนากุ้งร้างอำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร (ต่อ)

111	4.00	64.00	1.90	5.07	.	6.35	.60
112	4.00	47.00	1.80	4.83	.	6.35	.57
113	4.00	60.00	2.10	5.05	.	6.35	.67
114	4.00	70.00	1.80	5.13	.	6.35	.57
115	4.00	63.00	1.90	5.06	.	6.35	.60
116	4.00	81.00	1.90	5.26	.	6.35	.60
117	4.00	81.00	1.80	5.25	.	6.35	.57
118	4.00	60.00	2.00	5.04	.	6.35	.64
119	4.00	70.00	1.60	5.11	.	6.35	.51
120	4.00	79.00	1.80	5.23	.	6.35	.57
121	4.00	64.00	1.50	5.04	.	6.35	.48
122	4.00	54.00	1.20	4.90	.	6.35	.38
123	4.00	73.00	2.00	5.19	.	6.35	.64
124	4.00	55.00	1.10	4.91	.	6.35	.35
125	4.00	75.00	1.60	5.17	.	6.35	.51
126	4.00	32.00	1.10	4.52	.	6.35	.35
127	4.00	59.00	1.30	4.97	.	6.35	.41
128	4.00	50.00	1.20	4.84	.	6.35	.38
129	4.00	54.00	1.20	4.90	.	6.35	.38
130	4.00	45.00	1.70	4.79	.	6.35	.54
131	4.00	56.00	1.30	4.93	.	6.35	.41
132	4.00	62.00	1.30	5.00	.	6.35	.41
133	4.00	52.00	1.40	4.87	.	6.35	.45
134	4.00	64.00	1.30	5.03	.	6.35	.41
135	4.00	70.00	1.20	5.09	.	6.35	.38
136	4.00	63.00	1.80	5.05	.	6.35	.57
137	4.00	45.00	1.50	4.77	.	6.35	.48
138	4.00	66.00	1.30	5.05	.	6.35	.41
139	4.00	51.00	1.60	4.87	.	6.35	.51
140	4.00	68.00	1.80	5.11	.	6.35	.57
141	4.00	58.00	1.70	4.98	.	6.35	.54
142	4.00	57.00	1.70	4.96	.	6.35	.54
143	4.00	59.00	1.60	4.98	.	6.35	.51
144	4.00	36.00	1.70	4.63	.	6.35	.54
145	4.00	49.00	1.40	4.83	.	6.35	.45
146	4.00	53.00	1.70	4.91	.	6.35	.54
147	4.00	67.00	1.80	5.10	.	6.35	.57
148	4.00	67.00	1.70	5.09	.	6.35	.54
149	4.00	58.00	1.40	4.96	.	6.35	.45
150	4.00	55.00	1.50	4.92	.	6.35	.48
151	6.00	67.00	2.00	5.12	.	4.86	.64
152	6.00	80.00	1.90	5.25	.	4.86	.60
153	6.00	68.00	2.00	5.13	.	4.86	.64
154	6.00	65.00	2.30	5.15	.	4.86	.73
155	6.00	70.00	2.10	5.17	.	4.86	.67
156	6.00	81.00	2.30	5.32	.	4.86	.73
157	6.00	67.00	2.30	5.17	.	4.86	.73
158	6.00	56.00	2.30	5.03	.	4.86	.73
159	6.00	64.00	2.00	5.09	.	4.86	.64
160	6.00	74.00	2.10	5.22	.	4.86	.67
161	6.00	79.00	2.40	5.32	.	4.86	.76
162	6.00	69.00	2.10	5.16	.	4.86	.67
163	6.00	56.00	2.00	4.98	.	4.86	.64
164	6.00	58.00	2.40	5.07	.	4.86	.76

ภาพที่ 3 ข้อมูล 200 ชุดข้อมูลของต้นโกงกางใบใหญ่จากแปลงป่าปลูกอายุ 1 ปี ที่ใช้หัวชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช่หัวเชื้อราอัดเม็ดบริเวณนากุ้งร้างอำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร (ต่อ)

165	6.00	68.00	2.20	5.16	.	4.86	.70
166	6.00	65.00	2.30	5.15	.	4.86	.73
167	6.00	60.00	2.10	5.05	.	4.86	.67
168	6.00	74.00	2.10	5.22	.	4.86	.67
169	6.00	76.00	1.20	5.16	.	4.86	.38
170	6.00	73.00	1.30	5.13	.	4.86	.41
171	6.00	68.00	1.60	5.09	.	4.86	.51
172	6.00	62.00	1.80	5.04	.	4.86	.57
173	6.00	74.00	1.70	5.17	.	4.86	.54
174	6.00	72.00	1.80	5.15	.	4.86	.57
175	6.00	81.00	2.00	5.27	.	4.86	.64
176	6.00	69.00	1.80	5.12	.	4.86	.57
177	6.00	67.00	1.60	5.08	.	4.86	.51
178	6.00	62.00	1.70	5.03	.	4.86	.54
179	6.00	63.00	1.80	5.05	.	4.86	.57
180	6.00	86.00	1.90	5.31	.	4.86	.60
181	6.00	75.00	1.70	5.18	.	4.86	.54
182	6.00	72.00	1.80	5.15	.	4.86	.57
183	6.00	68.00	1.80	5.11	.	4.86	.57
184	6.00	72.00	1.80	5.15	.	4.86	.57
185	6.00	62.00	1.50	5.01	.	4.86	.48
186	6.00	34.00	1.60	4.58	.	4.86	.51
187	6.00	71.00	1.70	5.13	.	4.86	.54
188	6.00	44.00	1.60	4.76	.	4.86	.51
189	6.00	46.00	1.70	4.80	.	4.86	.54
190	6.00	64.00	1.60	5.04	.	4.86	.51
191	6.00	57.00	1.80	4.97	.	4.86	.57
192	6.00	56.00	1.60	4.94	.	4.86	.51
193	6.00	69.00	1.50	5.09	.	4.86	.48
194	6.00	81.00	1.40	5.22	.	4.86	.45
195	6.00	60.00	1.60	4.99	.	4.86	.51
196	6.00	43.00	1.60	4.75	.	4.86	.51
197	6.00	56.00	1.80	4.96	.	4.86	.57
198	6.00	63.00	1.60	5.03	.	4.86	.51
199	6.00	57.00	1.50	4.95	.	4.86	.48
200	6.00	69.00	1.70	5.11	.	4.86	.54

ภาพที่ 4 ข้อมูล 200 ชุดข้อมูลของต้นโกงกางใบใหญ่จากแปลงป่าปลูกอายุ 1 ปี ที่ใช้หัวชื้อราอัดเม็ดและไม่ใช่หัวเชื้อราอัดเม็ดบริเวณนากุ้งร้างอำเภอโคกขาม จังหวัดสมุทรสาคร (ต่อ)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายพชร อุปมัย
วันเดือนปีเกิด	20 กรกฎาคม พ.ศ. 2530
ที่อยู่	25/240 หมู่ 10 ต.ลาดสวาย อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี
การศึกษา	สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กำลังศึกษาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา ชีววิทยาประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประวัติการทำงาน	ตำแหน่ง Education consultant GSS Education Thailand พ.ศ. 2559 – ปัจจุบัน ตำแหน่ง Cm representative ทรู อินเตอร์เน็ตพ.ศ. 2553-2555
เบอร์โทรศัพท์	098-262-8003
อีเมล์	toto_oaey@hotmail.com