



โครงการประเภททฤษฎี
เรื่อง การศึกษามูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของต้นโกงกางใบเล็ก

จัดทำโดย

นายอัศม์เดช	ชารินทร์รัมย์
นายรัชชานนท์	นิลสร
นายบุญญพนธ์	คงทน

ครูที่ปรึกษา

นางสาวเมธาวี	ยอดไกรศรี
นางสาวสุจิตรา	ระหวทยา
นายรัชชัย	ทิพย์รงค์

โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ภูเก็ต
ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี
ปีการศึกษา 2569

ชื่อโครงการ	การศึกษามูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของต้นโกงกางใบเล็ก
ผู้จัดทำ	นายอัศม์เดช ชารินทร์รัมย์ นายรัชชานนท์ นิลสร นายปัญญาพนธ์ คงทน
ครูที่ปรึกษา	นางสาวเมธาวี ยอดไกรศรี นางสาวสุจิตรา ระหวยหา นายธวัชชัย ทิพย์รงค์
ปีการศึกษา	2569

บทคัดย่อ

การศึกษามูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของต้นโกงกางใบเล็ก มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลลักษณะทางกายภาพของต้นโกงกางใบเล็ก และ (2) ประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของป่าโกงกาง โดยกำหนดขอบเขตการศึกษาเฉพาะต้นโกงกางใบเล็กภายในพื้นที่โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ภูเก็ต บริเวณอาคารชีโนศรีนครินทร์และอาคารศรีสิรินธร ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 6 ไร่ 1 งาน

ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ศึกษามีต้นโกงกางใบเล็กจำนวนทั้งสิ้น 1,943 ต้น คิดเป็นความหนาแน่น 309 ต้นต่อไร่ โดยพิจารณาเฉพาะต้นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นไม่น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร มีเส้นรอบวงเฉลี่ย 63.62 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ย 64.50 เมตร ผลการวิเคราะห์สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ 3 สมการ ได้แก่ (1) ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นกับความสูง คือ $Y = 0.482X + 0.85379$ และ $R^2 = 0.3911$ (2) ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นกับมวลชีวภาพ คือ $Y = 0.5507X^{2.2342}$ และ $R^2 = 0.9388$ และ (3) ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นกับปริมาณคาร์บอน คือ $Y = 0.2717X^{2.215}$ และ $R^2 = 0.9335$

จากการประเมินพบว่า พื้นที่ศึกษามีมวลชีวภาพรวมประมาณ 52.20 ตัน สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ประมาณ 24.53 ตัน และมีมูลค่าทางเศรษฐกิจของการกักเก็บคาร์บอนประมาณ 179,560 บาท ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของป่าชายเลนตลอดจนเป็นแนวทางในการอนุรักษ์ ป่าฟู และบริหารจัดการทรัพยากรป่าชายเลนอย่างยั่งยืน อีกทั้งยังช่วยสร้างความตระหนักถึงบทบาทสำคัญของป่าชายเลนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

คำนำ

โครงการเรื่อง “การศึกษามูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของต้นโกงกางใบเล็กในพื้นที่โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ภูเก็ต” จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาศักยภาพของต้นโกงกางใบเล็กในการกักเก็บคาร์บอน โดยอาศัยการสำรวจข้อมูลภาคสนาม การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของต้นไม้ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลทางสถิติ และการประยุกต์ใช้สมการแอลโลเมตรีในการคำนวณมวลชีวภาพ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน และการประเมินมูลค่าคาร์บอนเครดิต

การศึกษาครั้งนี้ มุ่งหวังให้เกิดความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทของป่าชายเลนในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีความสำคัญต่อการลดปัญหาภาวะโลกร้อน ตลอดจนเป็นแนวทางในการอนุรักษ์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาวิจัย และการจัดการทรัพยากรป่าชายเลนในอนาคต

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณครูที่ปรึกษา ผู้บริหารโรงเรียน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และการสนับสนุนตลอดระยะเวลาการดำเนินโครงการ จนทำให้โครงการฉบับนี้สำเร็จ ลุล่วงไปด้วยดี หากโครงการฉบับนี้มีข้อบกพร่องประการใด คณะผู้จัดทำขอน้อมรับไว้เพื่อปรับปรุงและพัฒนา ให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1-2
1.4 นิยามศัพท์	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับป่าชายเลน	4
2.2 ระบบนิเวศของป่าชายเลน	4-5
2.3 มวลชีวภาพของไม้ป่าชายเลน	5
2.4 ก๊าซเรือนกระจก	5
2.5 สมการประมาณมวลชีวภาพ (Allometry)	6
2.6 คาร์บอนเครดิต (Carbon Credit)	6-7
2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล	8-9
2.8 การวิเคราะห์ค่ากลางค่ากระจาย	9-10
บทที่3 วิธีการดำเนินการ	
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	11
3.2 อุปกรณ์และวิธีการ	11
3.3 วิธีการศึกษา	11-12
3.4 วิธีเก็บข้อมูล	12-13
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	14-24
บทที่4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล	
4.1 การประมาณขนาดและการเจริญเติบโตของต้นโกงกางใบเล็ก	25
4.2 ปริมาณพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่พบในแปลงศึกษา	25-26
4.3 ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน	26
4.4 ปริมาณมวลชีวภาพใต้พื้นดินและมวลชีวภาพรวม	27
4.5 การสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับมวลชีวภาพ	27
4.6 การคำนวณปริมาณคาร์บอนและการสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่าง เส้นผ่านศูนย์กลางกับปริมาณคาร์บอน	27
4.7 การแปลงปริมาณคาร์บอนเป็นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์	28
4.8 การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอน	28
บทที่5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการศึกษา	29-30
5.2 ข้อเสนอแนะ	30-31

เรื่อง

เอกสารอ้างอิง

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

หน้า

32-33

34

35-38

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases) จากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ทั้งการใช้พลังงาน การเกษตรกรรม การพัฒนาการและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง การตัดไม้ทำลายป่า ทำให้เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อนและนับวันปัญหาดังกล่าวก็ยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2554) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งที่มีปริมาณมากที่สุดในปัจจุบันมีประมาณ 345-360 ppm ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและอาจเพิ่มปริมาณเป็น 600 ppm ในกลางศตวรรษหน้า (Kozlowski et al, 1991) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังมีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องโดยตรงกับป่าไม้ โดยป่าไม้จะมีบทบาท ทั้งในการทำหน้าที่กักเก็บ (Sink) และปลดปล่อย (Source) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การเก็บกัก หรือดูดซับ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของป่าไม้จะผ่านกระบวนการ สังเคราะห์แสง (ลดาวลีย์ พวงจิตร, 2557) โดยพืชจะเก็บกักคาร์บอนในรูปแบบมวลชีวภาพซึ่งอยู่ส่วนเหนือดิน ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนใต้ดิน ได้แก่ รากในรูปแบบของมวลชีวภาพ (Biomass) ในขณะเดียวกันก็จะปลดปล่อย คาร์บอนไดออกไซด์ กลับสู่บรรยากาศผ่านกระบวนการหายใจ การตายและย่อยสลายเศษซากพืช ปัจจุบันปัญหาที่ก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก ในภาคป่าไม้คือการลดลงของพื้นที่ป่า หรือการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากป่าไม้ไปเป็น รูปแบบอื่น ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพ หากมีพื้นที่ป่าไม้เพิ่มมากขึ้น ป่าไม้ก็จะทำหน้าที่กักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกทางหนึ่ง สำหรับการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าชายเลนก็คล้ายกับป่าชนิดอื่นๆ ขึ้นอยู่กับมวลชีวภาพของป่าเนื่องจากปริมาณคาร์บอนที่สะสมในส่วนต่างๆ ของพรรณไม้ในป่าชายเลน มีความแปรผันไม่มากนักโดยมวลชีวภาพของป่าชายเลน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสังคมพืช ขนาด และความหนาแน่นของพรรณไม้ (สาพิศ และคณะ, 2563) ทั้งนี้การกักเก็บและการปลดปล่อยคาร์บอน ในป่าชายเลนยังขึ้นอยู่กับรูปแบบของการใช้ประโยชน์และปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลของป่าโกงกาง
- 1.2.2 เพื่อประเมินมูลค่าคาดการณ์ปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนของป่าโกงกาง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษามูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของต้นโกงกางใบเล็ก ดำเนินการเก็บข้อมูลในพื้นที่ป่าชายเลนของโรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ภูเก็ต จำนวน 6 ไร่ 1 ตารางวา โดยศึกษาจากไม้สกุลโกงกางที่อายุ 21 ปี การศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดินในครั้งนี้ ใช้สมการแอลโลเมตรีทั่วไปของพืชป่าชายเลนของ Komiyama et al. (2005) โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ที่สามารถนำมาใช้ในสมการนี้ได้ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร การเก็บข้อมูลดำเนินการในช่วงเดือนมิถุนายน - กรกฎาคม 2569 ในพื้นที่ 2 แปลง ดังนี้

1. บริเวณอาคารชินศรีนครินทร์
2. บริเวณอาคารศรีสิรินธร

1.4 นิยามศัพท์

ก๊าซเรือนกระจก หมายถึง ก๊าซในชั้นบรรยากาศที่มีคุณสมบัติในการกักเก็บความร้อนส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้นโดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกหลักที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide) หมายถึง ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์และกระบวนการทางธรรมชาติ ซึ่งสามารถถูกดูดซับและกักเก็บไว้ในต้นไม้ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง

การกักเก็บคาร์บอน (Carbon Sequestration) หมายถึง กระบวนการที่ต้นไม้ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศและสะสมไว้ในรูปของมวลชีวภาพทั้งส่วนเหนือพื้นดินและส่วนใต้ดิน

มวลชีวภาพ (Biomass) หมายถึง ปริมาณเนื้อเยื่อของพืชที่ประกอบด้วยลำต้น กิ่ง ใบ และราก ซึ่งเป็นแหล่งสะสมคาร์บอนของต้นไม้

สมการแอลโลเมตริก (Allometric Equation) หมายถึง สมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ประมาณค่ามวลชีวภาพของต้นไม้จากการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นโดยไม่จำเป็นต้องตัดต้นไม้เพื่อชั่งน้ำหนักจริง

ต้นโกงกางใบเล็ก หมายถึง พันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งมีอายุประมาณ 21 ปี และปลูกอยู่ในพื้นที่ป่าชายเลนของโรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ภูเก็ต

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน หมายถึง ปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพของต้นโกงกาง ซึ่งคำนวณได้จากสมการแอลโลเมตริกและนำมาใช้ในการประเมินศักยภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ศึกษา

มูลค่าการกักเก็บคาร์บอน หมายถึง มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่ประเมินได้จากปริมาณคาร์บอนที่ต้นโกงกางสามารถกักเก็บไว้ได้ โดยอ้างอิงหลักเกณฑ์หรือราคาที่ใช้ในการคำนวณตามการศึกษาครั้งนี้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ทำให้ทราบปริมาณและมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของป่าชายเลนที่ศึกษา
- 1.5.2 เป็นแนวทางในการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ป่าชายเลนเพื่อเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนจากการปล่อยคาร์บอนในภาคกิจกรรมต่างๆ เพื่อลดสภาวะโลกร้อน



พื้นที่เก็บข้อมูลแปลงป่าโกงกาง

บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับป่าชายเลน

2.1.1 ความหมายของป่าชายเลน

ป่าชายเลนได้รับความสนใจภายหลังของการค้นพบโลกใหม่ โดยโคลัมบัส ซึ่งเดินทางแสวงหาแผ่นดินใหม่ราวปี ค.ศ. 1494 โคลัมบัสเดินทางมาถึงบริเวณอ่าวบาตาบันโน ซึ่งอยู่ทางชายฝั่งตะวันตกของประเทศคิวบา โคลัมบัสสังเกตเห็นว่ามีป่าไม้ที่อยู่ตามชายฝั่ง มีลำต้นสูงใหญ่ มีรากโด้ง ออกมาจากลำต้นลงสู่ดิน และมีผลเป็นฝักห้อยอยู่ตามปลายกิ่งต้นไม้ขึ้นหนาแน่นมาก จัดเป็นป่าที่สวยงาม และน่าสนใจมาก ต่อมาเมื่อนักเดินเรือชื่อ Sir Walter Releig ได้แล่นเรือเพื่อค้นหา เกาะเคอโดราโด และได้พบป่าชนิดเดียวกันนี้ บริเวณปากน้ำในตรินิแดด และทوباโก แต่ในขณะนั้นยังไม่มีการศึกษาเรื่องราวของป่าชายเลนอย่างจริงจัง จนกระทั่งปี ค.ศ. 1878 ในสมัยของ H.H.M Bowman ซึ่งเป็นนักชีววิทยาชื่อดังในสมัยนั้น เขาได้นำบันทึกของนักเดินเรือทั้งสองมาศึกษา เพื่อทำการสำรวจป่าชายเลนพร้อมกับตั้งชื่อป่าชายเลนเป็นภาษาอังกฤษว่า Mangrove Forest ซึ่งคำว่า Mangrove มาจากภาษาโปรตุเกส คำว่า Mangue ซึ่งหมายถึง กลุ่มสังคมพืชที่ขึ้นอยู่ตามชายฝั่งทะเลดินเลน และใช้กันแพร่หลายในประเทศแถบละตินอเมริกา ส่วนประเทศอื่น ๆ ก็ใช้เรียกตามภาษาของประเทศตน เช่นประเทศมาเลเซีย ใช้คำว่า Manggi - Manggi ประเทศที่ใช้ภาษาฝรั่งเศส เรียกป่าชายเลนว่า Manglier สำหรับประเทศไทยนิยมเรียก ป่าชนิดนี้ว่า ป่าชายเลน หรือ ป่าโกงกาง ป่าชายเลน หรือ ป่าโกงกาง หรือป่าพังกา (Mangrove Forest หรือ Intertidal Forest) หมายถึง สังคมพืชที่ประกอบด้วยพันธุ์ไม้ ซึ่งส่วนใหญ่ไม่ผลัดใบ และเป็น พันธุ์ไม้ที่มีการปรับตัวทางโครงสร้าง และมีถิ่นกำเนิดที่คล้ายกัน ปรับตัวได้ดี

2.2 ระบบนิเวศของป่าชายเลน

2.2.1 โครงสร้างของระบบนิเวศป่าชายเลน ที่มีองค์ประกอบของสิ่งที่มีชีวิต แบ่งออกเป็น

(1.) ผู้ผลิต (Producers) คือ พวกที่สร้างอินทรีย์สาร โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วยพรรณไม้นานาชนิด เช่น โกงกาง แสม ลำพู ลำแพน ตะบูน โปรง ฯลฯ

(2.) ผู้บริโภค (Consumers) มีหลากหลาย เช่น ปลาตีน กุ้งติดชัน ปูก้ามดาบ ปูเปี้ยว หอยเม็ดบัว หอยนางรม นกยางกรอก ค้างคาว ลิงกัง ฯลฯ

2.2.2 พันธุ์ไม้ที่สำคัญในป่าชายเลน

(1.) โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata* Bl.) เป็นไม้ไม่ผลัดใบขนาดกลาง-ใหญ่ สูง 20-40 เมตร เปลือกสีเทาดำ ผิวเปลือกเรียบแตกเป็นร่องเล็กตามยาวของลำต้น เติบโตกว่าร่องตามขวาง เมื่อทุบเปลือกทิ้งไว้สักครู่จะพบว่าด้านในของเปลือกเป็น สีแสดอมแดง เรือนยอดแคบรูปพุ่ม โค่นต้นมีรากค้ำจุนทำหน้าที่พยุงลำต้น และมักมีรากอากาศ ซึ่งเกิดจากกิ่งตอนบนเป็นจำนวนมาก

(2.) โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata* Polr) เป็นไม้ไม่ผลัดใบที่มีขนาดใหญ่สูง 30-40 เมตร เปลือกหยาบ สีเทาถึงดำแตกเป็นร่องทั้งตามยาวและขวาง หรือแตกเป็นร่องตาราง สีเหลือง หากทุบเปลือกทิ้งไว้สักครู่ ด้านในของเปลือกจะเป็นสีเหลืองถึงส้ม รอบๆ โคนต้นมีรากค้ำจุนทำหน้าที่พยุงลำต้น บางครั้งพบว่ารากอากาศที่งอกจากกิ่งอยู่บ้าง แต่ไม่มากนัก

(3.) แสมขาว (*Avicennia alba* BL.) เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง-ใหญ่ สูง 8-20 เมตร ไม่มีพุ่มพอน ลำต้นแตกกิ่งระดับต่ำ เรือนยอดค่อนข้างกลม แผ่กว้างหนาที่บ กิ่งห้อยลง เปลือกเรียบ สีเทาถึงดำ มักจะมี สีสนิมเกิดจากพวกเชื้อราติดตามกิ่งและผิวของลำต้น มีรากหายใจรูปคล้ายดินสอยาว 15-30 เซนติเมตร เหนือผิวดิน หนาแน่นบริเวณ โคนต้น

(4.) ตะบูนดำ (*Kylocapus moluccensis* Roem) เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ สูง 20-35 เมตร ผลัดใบ ลำต้นเปลาตรง โคนต้นมีพุ่มพอนเล็กน้อย เรือนยอดเป็นพุ่มกลม เปลือกขรุขระ สีน้ำตาลเข้ม แตกเป็นร่อง ตามยาว ต้นแก่เปลือกลอกเป็นแถบแคบ ๆ เปลือกหนาประมาณ 0.3-0.5 เซนติเมตร เนื้อไม้สีน้ำตาล มีรากหายใจรูปคล้ายกรวยคว่ำ กลม หรือแบน ปลายมน ยาว 20-40 เซนติเมตร จากผิวดิน (ชัยสิทธิ์ และ คณะ, 2562)

2.3 มวลชีวภาพของไม้ป่าชายเลน

มวลชีวภาพ (biomass) หมายถึง น้ำหนักของส่วนที่มีชีวิต ซึ่งมวลชีวภาพของไม้ในป่าชายเลน คือผลรวมของน้ำหนักลำต้น กิ่ง ใบ ดอก ผล และราก (ทั้งเหนือดินและใต้ดิน แต่ส่วนใหญ่ในการ ศึกษาวิจัย เฉพาะมวลชีวภาพเหนือดิน เนื่องจากมวลชีวภาพใต้ดินการศึกษาค่อนข้างจะทำยาก)

2.4 ก๊าซเรือนกระจก

โดยธรรมชาติแล้วก๊าซบางชนิดในบรรยากาศจะทำหน้าที่เป็นเสมือนกำแพงกันไม่ให้รังสีความร้อนของโลกแผ่ออกไปยังอวกาศ เพื่อสร้างความอบอุ่นให้กับโลก ทำให้โลกมีอุณหภูมิพอเหมาะ ต่อการ ดำรงชีวิตในสภาวะอบอุ่นไม่หนาวเกินไป ประกอบด้วยก๊าซต่าง ๆ ลอยอยู่เหนือผิวโลก ได้แก่ ก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) และสารคลอโรฟลูออโร คาร์บอน (CFC) โดยปกติแล้วก๊าซชนิดนี้มีปริมาณน้อย แต่มีผลต่อบรรยากาศโลก

ตารางแสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ

ก๊าซเรือนกระจก	ปริมาณก๊าซในบรรยากาศ (ต่อล้านส่วน)
ไอน้ำ	40,000 (ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ)
คาร์บอนไดออกไซด์	3.6
มีเทน	1.7
ไนตรัสออกไซด์	0.3
โอโซน	0.01

2.4.1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น จุดไฟไม่ติด เกิดจากการสันดาป เผาไหม้ เชื้อเพลิง ทุกชนิด รวมทั้งการหายใจของสิ่งมีชีวิต มีน้ำหนักมากกว่าอากาศประมาณ 1.5 เท่า อยู่ได้ทั้งใน สถานะก๊าซ ของแข็งและของเหลว สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ แหล่งที่มาของก๊าซคาร์บอน ปกตินั้นอยู่ในธรรมชาติซึ่งมีวัฏจักรของคาร์บอนอยู่แล้ว คือมีการหมุนเวียนคาร์บอนในลักษณะต่าง ๆ แหล่งของคาร์บอนมีทั้งใน อากาศ พื้นดิน และมหาสมุทร โดยประมาณว่ามหาสมุทร จะเป็นแหล่ง คาร์บอนที่มากที่สุดประมาณ $38,500 \times 10^9$ เมตริกตัน

2.5 สมการประมาณมวลชีวภาพ (Allometry)

2.5.1 สูตรทางแอลโลเมตริก ได้ถูกนำมาใช้ในการศึกษานิเวศวิทยาของป่าไม้เป็นครั้งแรกโดย Kittredge (1944) โดยอยู่ในรูปสมการ

$$\log W_l = b \log D - a$$

โดยที่ W_l = มวลชีวภาพของใบต่อต้น (กิโลกรัม : kg)

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก (เซนติเมตร : cm)

a, b = ค่าคงที่

ต่อมา Satoo and Senda (1958) ได้พัฒนาสมการแอลโลเมตริก เพื่อใช้หาปริมาณมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และราก ของต้นไม้ โดยมีรูปสมการ

$$Y = AX^h$$

หรือ $\log Y = \log A + h \log X$

โดยที่ Y = มวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และราก (kg)

X = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก (cm)

A, h = ค่าคงที่

และนิยมใช้จนถึงปัจจุบันโดยมีรูปสมการเช่นเดียวกันกับสมการ แต่ตัวแปรอิสระจะเป็น parabolic volume

$$Y = AX^B$$

โดยที่ Y = มวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และราก (kg)

ปริมาตรของลำต้น (m^3)

X = ตัวแปรอิสระ DBH^2 ($cm^2.m$)

A, B = ค่าคงที่

2.5.2 การวัดความเจริญเติบโตของต้นไม้

ในการวัดความเจริญเติบโตของต้นไม้ มิติที่ใช้วัดส่วนใหญ่จะวัดขนาด DBH และความสูงของต้นไม้ ซึ่งการวัดขนาด DBH ในป่าธรรมชาติ ถ้าเป็นพื้นที่ค่อนข้างเรียบหรือมีความลาดชันไม่มาก ต้นไม้มีลักษณะเป็นลำต้นเดี่ยว (Single stem) และไม่มีพุ่มพอน ก็จะทำให้การตรวจวัด DBH ได้ง่าย แต่ในทางปฏิบัติไม่ได้เป็นเช่นนั้น เนื่องจากต้นไม้อาจมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างกันออกไป และลักษณะ พื้นที่ที่มีความลาดชันเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการกำหนดการวัด DBH หรือที่ตำแหน่ง 1.30 เมตร จึงอาจมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้เหมาะสมและเป็นมาตรฐานเดียวกัน เครื่องมือที่ใช้วัดความสูงของต้นไม้ มักจะใช้ไม้วัดความสูง (Measuring Pole) ที่ทำจากพลาสติกหรืออลูมิเนียมสามารถชักขึ้นที่ละท่อนต่อกันไป วัดความสูงได้ไม่เกิน 15 เมตร ถ้าสูงมากกว่านี้จำเป็นต้องใช้ Hypsometer หรือ Suunto clinometer

2.6. คาร์บอนเครดิต (Carbon Credit)

คาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) คือ สิทธิในรูปแบบของสินทรัพย์ดิจิทัลที่สามารถตีราคาและซื้อขายได้ ซึ่งเกิดจากการดำเนินโครงการที่ช่วยลดการปล่อยหรือกักเก็บก๊าซเรือนกระจกออกจากชั้นบรรยากาศ ปริมาณก๊าซที่ลดได้จะถูกแปลงเป็นหน่วยวัดมาตรฐาน โดย 1 คาร์บอนเครดิต มีค่าเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1 ตัน (tCO_2e)

2.6.1 แหล่งที่มาของคาร์บอนเครดิต

โครงการปลูกป่าและอนุรักษ์พื้นที่ป่า: ต้นไม้ช่วยดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรง การเพิ่มพื้นที่สีเขียวจึงเป็นแหล่งสร้างเครดิตที่สำคัญ

โครงการพลังงานสะอาด: การเปลี่ยนมาใช้พลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ หรือพลังงานลม แทนเชื้อเพลิงฟอสซิล

การจัดการของเสีย: การนำขยะมาผลิตเป็นพลังงาน (Waste-to-Energy) หรือการทำปุ๋ยหมัก เพื่อลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบ

การผลิตแบบ Low-Carbon: การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักร และกระบวนการผลิต ในภาคอุตสาหกรรม เพื่อลดการใช้พลังงานและปล่อยคาร์บอนน้อยลง

2.6.2 กลไกการทำงานของคาร์บอนเครดิต

ตลาดคาร์บอนภาคบังคับ (Mandatory carbon market) คือ ตลาดคาร์บอนที่จัดตั้งขึ้นตามการบังคับใช้กฎหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมีรัฐบาลเป็นผู้ออกกฎหมายและกำกับดูแล ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นตลาดสำหรับหน่วยงานที่มีเป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่มีผลผูกพันตามกฎหมาย หากไม่สามารถดำเนินการได้ตามเป้าก็จะต้องถูกลงโทษ ส่วนผู้ที่ดำเนินการได้ตามเป้าหมายมีโอกาสได้รับสิทธิประโยชน์ หรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับกฎหมายกำหนด

ตลาดคาร์บอนแบบภาคสมัครใจ (Voluntary carbon market) คือ ตลาดคาร์บอนที่เกิดจากความร่วมมือกันของผู้ประกอบการหรือหน่วยงานต่าง ๆ ไม่ได้มีกฎหมายควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาบังคับจัดตั้ง แต่มีวัตถุประสงค์เพื่อร่วมซื้อขายคาร์บอนเครดิตด้วยความสมัครใจ ไม่มีผลผูกพันตามกฎหมายแต่อย่างใด

รายการต้นไม้ที่ใช้ทำคาร์บอนเครดิตได้ประจำปี 2569

ตารางการจำแนกประเภทไม้เพื่อใช้ในการคำนวณ คาร์บอนเครดิต ตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อ-กับผู้ขายในการซื้อ ขาย คาร์บอนเครดิต ประจำปี พ.ศ.2567 (2024) อัตราการซื้อ-ขาย กิโลตันคาร์บอน ตันละ 400 บาท จากค่าคำนวณค่าคาร์บอนเครดิตพื้นฐานแล้ว x ด้วยจำนวนเท่าของไม้แต่ละชนิด

ลำดับที่	ชื่อไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์	ค่ารับคาร์บอนเครดิต(เท่า)
กลุ่มที่1 ได้รับคาร์บอนเครดิตสูงสุด 5 เท่า			
1	กฤษณา	Aquilaria	5
2	กระถินเทพา,ไม้สกุลกระถิน	Acacia mangium	5
3	มะฮอกกานี	Swietenia macrophylla	5
4	ตะเคียน	Hopea odorata	5
5	โกงกาง	Rhizophora mucronata	5
6	กันเกรา,ตำเสา,มันปลา	Fagraea fragrans	5
7	ตะเคียนชันตาแมว	Neobalanocarpus heimii Ashton	5
8	ตะเคียนหิน	Hopea ferrea	5
9	เคี่ยม	Cotylelobium lanceolatum	5
10	พยอม	Shorea talura Roxb.	5
11	คะนอง ,พะนอง	Shorea henryana Pierre	5

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล

2.7.1 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ สัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด โดยที่การวิเคราะห์สหสัมพันธ์จะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. การวิเคราะห์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation Analysis)

เป็นการศึกษาระดับความสัมพันธ์ของ X กับ Y ว่า มีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด และมีทิศทางความสัมพันธ์อย่างไร เมื่อ X เป็นตัวแปรอิสระ และ Y เป็นตัวแปรตาม

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation Coefficient) เป็นค่าที่วัดความสัมพันธ์ของ X กับ Y ว่า มีขนาดและทิศทางของความสัมพันธ์อย่างไร กำหนดให้ ρ คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายของประชากร เมื่อ $-1 \leq \rho \leq 1$ เนื่องจากในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ไม่ได้เก็บข้อมูลจากประชากรแต่เป็นการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ จึงเป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายของตัวอย่าง โดยใช้สัญลักษณ์ ว่า r เมื่อ $-1 \leq r \leq 1$

$$\text{สูตรในการคำนวณหาค่า } r \text{ คือ } r = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sqrt{\sum(x^2 - n\bar{x}^2)} \sqrt{\sum(y^2 - n\bar{y}^2)}}$$

เมื่อ n = จำนวนตัวอย่าง

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของตัวแปร x

$\bar{y}$ = ค่าเฉลี่ยของตัวแปร

ความหมายของค่า r

1. ค่า r เป็น + แสดงว่า x กับ y มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน
2. ค่า r เป็น - แสดงว่า x กับ y มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม
3. ค่า r เป็น 0 แสดงว่า x กับ y ไม่มีความสัมพันธ์กันเลย
4. ค่า $|r|$ มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า x กับ y มีความสัมพันธ์กันมาก
5. ค่า $|r|$ มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่า x กับ y มีความสัมพันธ์กันน้อย

ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination) เป็นค่าที่แสดงว่าตัวแปร x มีอิทธิพลต่อตัวแปร y มากน้อยเพียงใด โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ มีค่าเท่ากับ กำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หรือ r^2 โดยที่

2. การวิเคราะห์สหสัมพันธ์เชิงซ้อน (Multiple Correlation Analysis)

** ซึ่งในที่นี้จะกล่าวเฉพาะการวิเคราะห์สหสัมพันธ์อย่างง่ายเท่านั้น **

2.7.2 การวิเคราะห์ถดถอย (Regression Analysis) เป็นวิธีการทางสถิติที่ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ทราบค่าเรียกว่าตัวแปรอิสระ (Independent variation) หรือเรียกว่าตัวพยากรณ์ (Prediction) นิยมใช้สัญลักษณ์ X ซึ่งสามารถนำมาพยากรณ์ค่าของตัวแปรอีกตัวหนึ่งได้ เรียกว่า ตัวแปรตาม (Dependent variation) ใช้สัญลักษณ์ Y

ข้อแตกต่างระหว่างการถดถอยกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ คือ การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ เพียงแต่ศึกษาว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์กันมากน้อยหรือไม่ มีขนาดและทิศทางเป็นอย่างไร แต่ไม่ได้ใช้พยากรณ์ ส่วนการวิเคราะห์การถดถอยสามารถใช้พยากรณ์ได้ด้วย

การวิเคราะห์ถดถอยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. การวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis)
2. การวิเคราะห์ถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression Analysis)

การศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ที่สามารถบอกได้ว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรอิสระ และตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ซึ่งความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองจะอยู่ในรูปแบบใดๆ เช่น เส้นตรง เส้นโค้ง ฯลฯ ในระดับนี้จะกล่าวถึงเฉพาะความสัมพันธ์ลักษณะเส้นตรงเท่านั้น ซึ่งเรียกว่าการวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis) ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ในรูปแบบสมการเชิงเส้นหรือเส้นตรง โดยมีรูปแบบของสมการเส้นตรง $y = a + bx$ เมื่อ a และ b เป็นค่าคงที่

รูปทั่วไปของสมการเส้นตรง

$$Y = a + bX$$

สมการปกติของสมการเส้นตรง

$$\sum_{i=1}^n Y_i = an + b \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\sum_{i=1}^n X_i Y_i = a \sum_{i=1}^n X_i + b \sum_{i=1}^n X_i^2$$

จากสมการปกติข้างต้น หาคำตอบของระบบสมการได้ดังนี้

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left[\sum_{i=1}^n x_i \right] \left[\sum_{i=1}^n y_i \right]}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left[\sum_{i=1}^n x_i \right]^2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

2.8 การวิเคราะห์ค่ากลางค่ากระจาย

2.8.1 ค่ากลางของข้อมูล (Measures of Central Tendency)

ค่ากลางของข้อมูล หมายถึง ค่าสถิติที่ใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมด เพื่อแสดงลักษณะโดยรวมของข้อมูล การศึกษาครั้งนี้ใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) ซึ่งคำนวณจากผลรวมของข้อมูลทั้งหมดหารด้วยจำนวนข้อมูลดังสมการ

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ $\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของตัวแปร x
 $\sum x$ = ผลรวมของตัวแปร x ทั้งหมด
 n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.8.2 ค่าการกระจายของข้อมูล (Measures of Dispersion)

ค่าการกระจายของข้อมูล หมายถึง ค่าสถิติที่ใช้แสดงระดับการกระจายของข้อมูลจากค่าเฉลี่ย หากค่าการกระจายน้อย แสดงว่าข้อมูลมีความใกล้เคียงกัน แต่หากค่าการกระจายมากแสดงว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันมาก

1) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็นค่าที่ใช้วัดการกระจายของข้อมูล เช่นเดียวกับความแปรปรวน แต่มีหน่วยเดียวกับข้อมูลเดิม จึงนิยมใช้ในการอธิบายผลการวิจัย โดยคำนวณจากรากที่สองของค่าความแปรปรวน

$$(s) = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

โดยที่ (S) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 X = ข้อมูลของตัวแปร x แต่ละตัว
 $\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ย
 n = จำนวนข้อมูล

2) ความแปรปรวน (Variance) เป็นค่าที่แสดงระดับการกระจายของข้อมูล โดยคำนวณจากผลต่างระหว่างข้อมูลแต่ละค่ากับค่าเฉลี่ย แล้วยกกำลังสอง จากนั้นนำมารวมกันและหารด้วย (n-1)

$$s^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

โดยที่ s^2 = ค่าความแปรปรวน
 X = ข้อมูลของตัวแปร x แต่ละตัว
 $\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของตัวแปร x
 n = จำนวนข้อมูล

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 3.1.1 กำหนดพื้นที่ศึกษา
- 3.1.2 สำรวจและเก็บข้อมูลต้นโกงกางใบเล็ก
- 3.1.3 วัดขนาดของต้นไม้
- 3.1.4 บันทึกและตรวจสอบข้อมูล
- 3.1.5 วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น
- 3.1.6 สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับความสูง
- 3.1.7 วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
- 3.1.8 สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับมวลชีวภาพ
- 3.1.9 คำนวณมวลชีวภาพและสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอน
- 3.1.10 แปลงปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเป็นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์
- 3.1.11 ประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอน
- 3.1.12 สรุปผลและวิเคราะห์แนวทางการต่อยอด

3.2 อุปกรณ์และวิธีการ

- 3.2.1 เทปวัดระยะ (measuring tape)
- 3.2.2 เครื่องมือวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter tape, Caliper)
- 3.2.3 เครื่องมือวัดความสูงต้นไม้ (Clinometer)
- 3.2.4 เครื่องคิดเลขและคอมพิวเตอร์สำหรับคำนวณและประมวลผล
- 3.2.5 อุปกรณ์เครื่องเขียน
- 3.2.6 เชือกไนลอน

3.3 วิธีการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการโดยเริ่มจากการสำรวจพื้นที่ป่าชายเลนของโรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ภูเก็ต จากนั้นเก็บข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโตของต้นโกงกางใบเล็ก เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอน ก่อนนำผลลัพธ์ไปประเมินมูลค่าคาร์บอนเครดิตตามหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

3.3.1 การกำหนดพื้นที่เก็บข้อมูล

กำหนดพื้นที่เก็บข้อมูลป่าชายเลนในโรงเรียน โดยการกำหนดจุดวางแปลงเก็บข้อมูลให้กระจายในพื้นที่ทั้ง 3 แปลง รวมพื้นที่ทั้งหมด 6 ไร่ 1 ตารางวา หรือเท่ากับ 10,000 ตารางเมตร นับจำนวนต้นโกงกางที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป ได้ทั้งหมด 1,943 ต้น

ข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมได้จะถูกตรวจสอบความถูกต้องก่อนนำเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อให้ผลการศึกษามีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม

3.3.2 การวางแผนตัวอย่าง

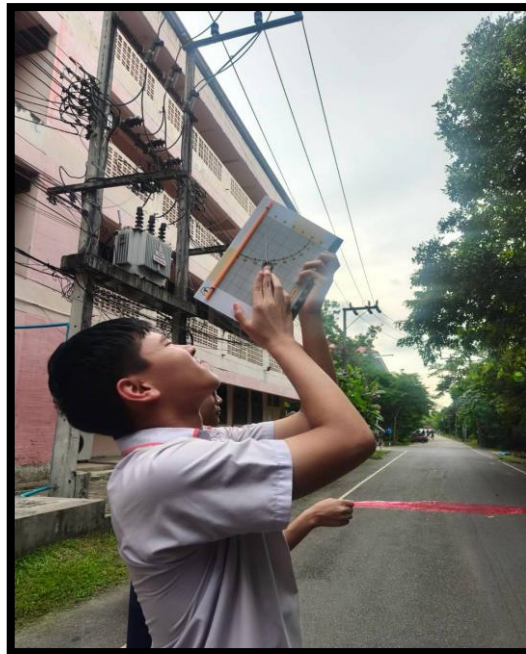
วางแผนตัวอย่างเก็บข้อมูล พื้นที่รวม 400 ตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 4.00 การเลือกพื้นที่ตัวอย่าง คำนึงถึงความสม่ำเสมอของการเจริญเติบโตของต้นไม้ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล ที่อาจส่งผล ต่อการสร้างสมการความสัมพันธ์ในขั้นตอนถัดไป

3.4 วิธีเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลความโตของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างทุกต้น โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ ความสูง 30 เซนติเมตร เหนือคอราก (Komiya et al., 2005) และ ความสูงของต้นไม้



การเก็บข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลาง



การหาส่วนสูงโดยใช้คลไลโนมิเตอร์

#	A	B	C	D	E	F	G
1	ลำดับ	แนวอาคาร (m)	จุดวัด (m)	ความสูง (m)	ความสูง (m)	ความสูง (m)	ความสูง (m)
35	34	8	38	1.6	1.90	21.90	16.30
36	35	8	35	1.43	1.90	19.92	10.48
37	36	10	30	1.19	1.90	20.94	13.80
38	37	8	39	1.66	1.90	19.23	15.18
39	38	7	41	1.8	1.90	19.41	14.50
40	39	8	49	1.11	1.90	9.96	11.10
41	40	8	31	1.23	1.90	11.14	11.74
42	41	9	33	1.33	1.90	14.26	13.87
43	42	9	49	1.15	1.90	8.81	12.25
44	43	10	39	1.66	1.90	16.20	18.50
45	44	10	35	1.43	1.90	14.38	16.20
46	45	8	36	1.48	1.90	14.67	13.74
47	46	8	34	1.38	1.90	8.31	12.94
48	47	8	39	1.66	1.90	14.64	15.18
49	48	9	33	1.33	1.90	13.84	13.87
50	49	10	41	0.87	1.90	7.48	10.60
51	50	10	34	1.38	1.90	12.03	15.70
52	51	8	37	1.54	1.90	12.41	14.22
53	52	9	47	1.07	1.90	12.44	11.53
54	53	9	44	0.97	1.90	11.93	10.63
55	54	8	37	1.54	1.90	16.58	14.22
56	55	9	36	1.48	1.90	14.00	15.22
57	56	9	35	1.43	1.90	16.90	14.77
58	57	9	38	1.6	1.90	14.54	16.30
59	58	11	49	1.15	1.90	16.51	14.55
60	59	10	45	1	1.90	12.19	11.90
61	60	10	53	1.33	1.90	19.73	15.20
62	61	10	39	1.66	1.90	34.87	18.50
63	62	11	49	1.15	1.90	16.51	14.55
64	63	10	45	1	1.90	12.19	11.90
65	64	10	53	1.33	1.90	19.73	15.20
66	65	10	39	1.66	1.90	34.87	18.50
67	66	10	39	1.66	1.90	16.20	18.50
68	67	10	35	1.43	1.90	14.38	16.20
69	68	8	36	1.48	1.90	14.67	13.74
70	69	8	34	1.38	1.90	8.31	12.94
71	70	8	39	1.66	1.90	14.64	15.18
72	71	9	33	1.33	1.90	13.84	13.87
73	72	10	41	0.87	1.90	7.48	10.60
74	73	10	65	2.14	1.60	24.44	23.00
75	74	10	60	1.73	1.60	19.98	18.90
76	75	10	60	1.73	1.60	24.98	18.90
77	76	15	55	1.43	1.60	25.36	23.05
78	77	10	60	1.73	1.60	16.51	18.90
79	เฉลี่ยรวม					16.17	16.12
80	ส่วนเกินบนอาคาร					5.37	3.49

ผลสำรวจ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแล้ว คณะผู้จัดทำได้นำข้อมูลเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยเริ่มจากการหาค่าสถิติพื้นฐานของข้อมูล จากนั้นจึงสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปร และ นำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการคำนวณมวลชีวภาพ ปริมาณคาร์บอน และมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนต่อไป

3.5.1 ศึกษาวิเคราะห์ลักษณะของต้นไม้

เพื่ออธิบายลักษณะโดยรวมของข้อมูล คณะผู้จัดทำได้วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของความสูง ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาแน่นของต้นโกงกาง ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ ประกอบการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

(1) ความสูงเฉลี่ย

$$\begin{aligned} H &= EH/n \\ \text{โดยที่ } H &= \text{ความสูงเฉลี่ยของต้นไม้ (เมตร)} \\ EH &= \text{ผลรวมของความสูงของต้นไม้ทุกต้น} \\ n &= \text{จำนวนต้นไม้ทั้งหมดในแปลง} \end{aligned}$$

จากการสำรวจ ผลรวมความสูงของต้นโกงกางทั้งหมด = 1241.57 เมตร

จำนวนต้นทั้งหมด = 77 ต้น

แทนค่าในสมการ $H = 1241.57/77$

$H = 16.12$ เมตร

ดังนั้น ความสูงเฉลี่ยของต้นโกงกางเท่ากับ 16.12 เมตร

(2) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย

การหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

$$\begin{aligned} 2\pi r &= \text{เส้นรอบวง} \\ 2r &= \text{เส้นผ่านศูนย์กลาง} \\ D &= ED/n \\ \text{โดยที่ } D &= \text{ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของต้นไม้(cm)} \\ ED &= \text{ผลรวมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ทุกต้น} \\ n &= \text{จำนวนต้นไม้ทั้งหมดในแปลง} \end{aligned}$$

จากการสำรวจ ผลรวมเส้นผ่านศูนย์กลางทั้งหมด = 1244.76 เซนติเมตร

จำนวนต้นทั้งหมด = 77 ต้น

แทนค่า $D = 1244.76/77$

$D = 16.17$

ดังนั้น เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของต้นโกงกางเท่ากับ 16.17 เซนติเมตร

(3) ความหนาแน่น = (จำนวนต้นโกงกาง/พื้นที่แปลงสำรวจ)

จากการสำรวจ จำนวนต้นโกงกางทั้งหมด = 309 ต้น

พื้นที่แปลงสำรวจ = 1 ไร่

แทนค่า

ความหนาแน่น = 309/1

= 309 ต้น/ไร่

ดังนั้น ความหนาแน่นของต้นโกงกางในพื้นที่ศึกษามีค่าเท่ากับ 309 ต้นต่อไร่

3.5.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและความสูงของต้นโกงกาง ใบเล็ก คณะผู้จัดทำเลือกใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) ซึ่งเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม

ในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดให้

X = เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)

Y = ความสูงของต้นไม้ (เมตร)

การหาค่าคงที่ของสมการใช้หลักกำลังสองน้อยที่สุด (Least Squares Method) ซึ่งเป็นวิธีที่ทำให้ผลรวมกำลังสองของค่าคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่สังเกตได้กับค่าที่ได้จากสมการมีค่าน้อยที่สุด ส่งผลให้สมการที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมสำหรับใช้ประมาณค่าความสัมพันธ์ของข้อมูล

1) รูปทั่วไปของสมการเส้นตรง $Y = a + bX$

สมการปกติของสมการเส้นตรง

$$\sum_{i=1}^n Y_i = an + b \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\sum_{i=1}^n X_i Y_i = a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n x_i^2$$

จากสมการปกติข้างต้น หาคำตอบของระบบสมการได้ดังนี้

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left[\sum_{i=1}^n x_i \right] \left[\sum_{i=1}^n y_i \right]}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left[\sum_{i=1}^n x_i \right]^2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

เมื่อกำหนดค่าคงที่ a และ b

จากข้อมูลทั้งหมดจะได้

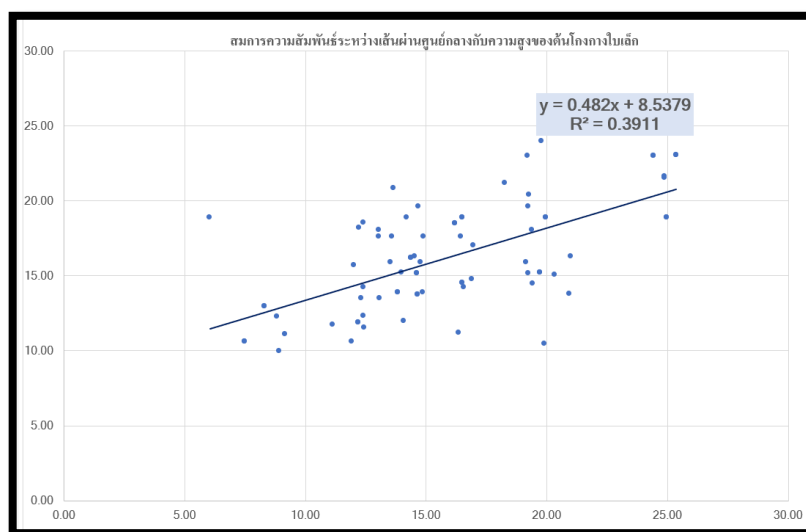
$$a = 8.5379$$

$$b = 0.482$$

ดังนั้น ได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของต้นโกงกาง คือ

$$Y = 0.482X + 8.5379$$

จากสมการดังกล่าว หมายความว่า เมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นโกงกางเพิ่มขึ้น 1 เซนติเมตร ความสูงของต้นไม้จะเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณ 0.482 เมตร ภายใต้ข้อมูลที่ศึกษา นำสมการที่ได้ไปเขียนกราฟสมการเส้นตรง



กราฟสมการเส้นตรง

3.5.3 หลังจากสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและความสูงของต้นโกงกางใบเล็กแล้ว คณะผู้จัดทำได้วิเคราะห์ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสอง โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation Coefficient) เพื่อพิจารณาว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด และมีทิศทางของความสัมพันธ์เป็นแบบบวกหรือแบบลบ ทั้งนี้ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 โดยค่าที่เข้าใกล้ 1 แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูง ส่วนค่าที่เข้าใกล้ -1 แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของต้นไม้ โดยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation Coefficient) เป็นค่าที่ใช้วัดความสัมพันธ์ของตัวแปร X และ Y ว่ามีขนาดและทิศทางของความสัมพันธ์อย่างไร กำหนดให้ ρ เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายของประชากร (Population Correlation Coefficient) เมื่อ $-1 \leq \rho \leq 1$ แต่เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ไม่ใช่ประชากรทั้งหมด จึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ r เมื่อ $-1 \leq r \leq 1$

$$\text{สูตรในการคำนวณหาค่า } r \text{ คือ } r = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sqrt{\sum(xi^2 - n\bar{x}^2)} \sqrt{\sum(yi^2 - n\bar{y}^2)}}$$

เมื่อ n = จำนวนตัวอย่าง
 $\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของตัวแปร x
 $\bar{y}$ = ค่าเฉลี่ยของตัวแปร y

ความหมายของค่า r

1. ค่า r เป็น + แสดงว่า x กับ y มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน
2. ค่า r เป็น - แสดงว่า x กับ y มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม
3. ค่า r เป็น 0 แสดงว่า x กับ y ไม่มีความสัมพันธ์กันเลย

4. ค่า $|r|$ มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า x กับ y มีความสัมพันธ์กันมาก

5. ค่า $|r|$ มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่า x กับ y มีความสัมพันธ์กันน้อย

ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย $r = 0.6254$ หมายความว่าความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของต้นโกงกาง มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน

ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination)

$r^2 = 0.3911$ หมายความว่าความสูงของต้นโกงกางสัมพันธ์โดยตรงกับเส้นผ่านศูนย์กลาง

3.5.4 การคำนวณหามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (above-ground) และมวลชีวภาพใต้พื้นดิน (under-ground) ของต้นโกงกาง

หลังจากได้ข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและความสูงของต้นโกงกางไปเล็กจากการสำรวจแล้ว คณะผู้จัดทำได้นำข้อมูลดังกล่าวมาประมาณค่ามวลชีวภาพของต้นโกงกางโดยใช้สมการแอลโลเมตริก (Allometric Equation) ซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของต้นไม้ กับมวลชีวภาพ โดยแบ่งการคำนวณออกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและมวลชีวภาพใต้พื้นดิน จากนั้น นำค่าที่ได้มาคำนวณหาผลรวมของต้นโกงกางในพื้นที่ศึกษา

1) มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ใช้สมการแอลโลเมตริกทั่วไปของพืชป่าชายเลนของ Komiyama et al. (1987) ดังนี้

$$W_s = 0.05466(D^2H)0.9455$$

$$W_b = 0.01579(D^2H)0.9124$$

$$W_l = 0.06780(D^2H)0.580$$

เมื่อ D = เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)

H = ความสูงของต้นไม้ (เมตร)

W_A = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (kg)

W_s = มวลชีวภาพของลำต้น(kg)

W_b = มวลชีวภาพของกิ่ง (kg)

W_l = มวลชีวภาพของใบ(kg)

$$W_A = W_s + W_b + W_l$$

จากการนำข้อมูลของต้นโกงกางในแต่ละแปลงมาแทนค่าในสมการแอลโลเมตริก สามารถคำนวณมวล ชีวภาพของลำต้น กิ่ง และใบ และนำมารวมเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินได้ผลดังตาราง

แปลงที่ 1				แปลงที่ 2		
ชนิดพันธุ์ไม้	มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน(กิโลกรัม/ไร่)					
	ลำต้น	กิ่ง	ใบ	ลำต้น	กิ่ง	ใบ
โกงกางใบเล็ก	605.56	132.20	33.65	827.39	177.89	39.48
รวม	908.09 กิโลกรัม/ไร่					
รวมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด 6 ไร่ 1 งาน			5,675.56 กิโลกรัม			

2) การศึกษามวลชีวภาพใต้พื้นดิน ใช้สมการของ IPCC(2006) ดังนี้

$$W_B = W_A (0.4715)$$

เมื่อ W_B = มวลชีวภาพใต้พื้นดิน

W_A = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } W_B &= 5,675.56 (0.4715) \\ &= 2,676.03 \text{ กิโลกรัม/ไร่} \end{aligned}$$

3) การศึกษามวลชีวภาพรวมของต้นโกงกาง เมื่อได้ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินและมวลชีวภาพใต้พื้นดินแล้ว จึงนำค่าทั้งสองมารวมกันเพื่อหามวลชีวภาพรวมของต้นโกงกางในพื้นที่ศึกษา โดยใช้สมการ ดังนี้

$$W_T = W_A + W_B$$

เมื่อ W_T = ผลรวมมวลชีวภาพ

W_A = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

W_B = มวลชีวภาพใต้พื้นดิน

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } W_T &= 5,675.56 + 2,676.03 \\ &= 8,351.59 \text{ กิโลกรัม/ไร่} \end{aligned}$$

จากจำนวน ต้นโกงกางทั้งหมด จำนวน 6 ไร่ 1 งาน หรือ 6.25 ไร่ สามารถคำนวณปริมาณมวลชีวภาพรวมของต้นโกงกางได้เท่ากับ 8351.59×6.25 เท่ากับ 52,197.44 กิโลกรัม หรือ 52.20 ตัน

ลำดับ	ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย WS	ค่าเฉลี่ย WB	ค่าเฉลี่ย WL	WA	WB	WT	C=0.4WT
1	13.59	17.60	3249.08	113.84	28.28	7.42	144.92	99.08	215.80	101.53
2	14.06	12.00	2373.88	84.61	18.97	6.18	109.76	51.79	161.51	75.91
3	16.45	17.60	4762.40	163.39	35.51	9.28	208.47	98.29	304.76	144.18
4	13.05	17.60	2995.48	105.42	23.46	7.07	135.96	64.10	200.06	94.03
5	14.76	15.90	3445.81	121.00	26.80	7.70	155.80	73.32	228.81	107.54
6	19.16	15.90	5533.93	197.93	43.10	10.42	251.44	118.55	369.99	173.90
7	6.05	18.90	690.87	26.36	6.15	3.02	35.53	16.73	52.28	24.57
8	12.22	18.20	2717.33	96.15	21.46	6.68	124.29	58.60	182.90	85.96
9	14.891	17.60	3902.66	135.36	29.66	8.25	173.48	81.79	255.27	119.98
10	13.523	15.90	2907.66	102.50	22.63	6.95	132.28	62.37	194.65	91.48
11	16.96	17.00	4889.91	167.82	36.69	9.40	219.61	100.71	314.32	147.73
12	12.31	13.50	2047.07	73.87	16.58	5.67	95.81	45.18	140.99	66.27
13	16.19	18.90	3906.17	132.20	29.19	8.13	169.92	79.93	249.45	117.24
14	19.79	24.00	9400.41	310.67	66.60	13.74	391.01	184.36	575.37	270.42
15	26.44	23.00	13734.84	444.84	94.13	17.13	555.80	262.06	817.86	384.39
16	19.98	18.90	7546.40	252.43	54.50	12.10	319.03	150.42	469.45	220.64
17	26.98	18.90	11791.72	384.87	81.90	15.67	482.44	227.47	709.91	333.66
18	25.36	23.05	14824.14	477.79	100.92	17.90	596.61	281.30	877.91	412.62
19	16.51	18.90	5154.26	176.06	38.49	9.69	224.25	105.73	329.98	155.09
20	19.22	23.00	8493.81	282.53	60.73	12.96	356.01	167.86	525.87	246.22
21	12.41	12.30	1894.50	68.57	15.44	5.42	89.23	42.07	131.31	61.71
22	13.05	18.04	3070.37	107.91	23.99	7.18	139.08	65.88	204.66	96.19
23	14.7	19.60	4235.36	146.25	32.18	8.45	187.07	88.20	278.28	129.38
24	13.65	20.86	3886.69	134.84	29.73	8.23	172.82	81.49	254.31	119.52
25	12.41	18.52	2852.23	100.65	22.45	6.88	129.96	61.28	191.24	89.88
26	18.26	21.20	7071.76	237.40	51.37	11.63	300.41	141.64	442.06	207.77
27	19.28	20.40	7584.63	233.63	54.76	12.13	320.52	151.13	471.65	221.67
28	19.25	19.60	7263.03	243.46	52.63	11.83	307.92	145.19	453.11	212.96
29	16.36	11.20	2995.84	105.43	23.46	7.07	135.97	64.11	200.08	94.04
30	19.38	18.05	6777.90	228.06	49.42	11.34	286.84	136.19	425.03	199.77
31	8.91	9.95	789.91	29.91	6.95	3.26	40.13	18.92	59.08	27.75
32	20.33	15.06	6225.66	210.46	45.73	10.82	267.01	125.90	392.90	184.67
33	13.08	13.52	2312.98	82.55	18.50	6.09	107.16	50.83	157.49	74.11
34	21.00	16.30	7188.30	241.09	52.14	11.76	304.99	143.80	448.79	210.93
35	19.92	10.48	4185.11	143.72	31.64	8.56	183.92	86.72	270.64	127.20
36	20.94	13.80	6049.34	204.83	44.55	10.64	260.01	122.89	382.61	179.82
37	19.25	15.18	5628.34	191.23	41.69	10.20	245.11	114.63	337.74	166.14
38	19.41	14.50	5442.83	186.01	40.99	10.03	236.62	111.57	348.19	163.65
39	9.164	11.10	932.17	34.98	8.09	3.39	46.66	22.00	68.66	32.27
40	11.14	11.74	1456.34	53.32	12.15	4.65	70.12	33.06	103.18	48.50
41	14.86	13.87	3042.77	107.66	23.94	7.17	138.76	65.43	204.19	95.97
42	8.81	12.25	951.66	35.67	8.24	3.64	47.55	22.42	69.97	32.88
43	16.20	18.50	4832.74	166.31	36.43	9.36	212.11	100.01	312.11	146.69
44	14.38	16.20	3330.84	117.20	25.99	7.55	150.74	71.07	221.81	104.25
45	14.67	13.74	2956.87	104.13	23.18	7.02	134.33	63.34	197.66	92.90
46	8.31	12.94	892.51	33.57	7.77	3.50	44.85	21.15	65.99	31.02
47	14.64	15.18	3252.19	113.94	25.29	7.42	146.65	69.14	218.79	101.42
48	13.84	13.87	2657.12	94.13	21.03	6.60	121.76	57.41	179.17	84.21
49	7.48	10.60	892.76	22.81	5.55	2.76	30.92	14.58	45.49	21.38
50	12.03	15.70	2271.36	81.16	18.22	6.02	105.41	49.70	155.11	72.90
51	12.41	14.22	2190.00	78.41	17.45	5.90	101.94	48.06	150.00	70.50
52	12.44	11.53	1784.60	64.62	14.42	5.24	84.48	39.83	124.32	58.43
53	11.93	10.63	1513.42	55.30	12.58	4.76	72.64	34.25	106.89	50.24
54	16.58	14.22	3928.08	135.54	29.90	8.26	173.70	81.90	255.60	120.13
55	16.00	15.22	2983.12	105.01	23.37	7.06	135.44	63.86	199.30	93.67
56	16.90	14.77	4216.46	145.63	32.08	8.45	186.30	87.84	274.14	128.85
57	14.54	16.30	3446.48	120.36	26.66	7.67	154.70	72.94	227.64	106.99
58	16.51	14.55	3947.96	137.50	30.32	8.33	176.15	83.06	259.21	121.83
59	12.19	11.90	1767.42	64.03	14.50	5.21	83.74	39.48	123.22	57.91
60	19.73	15.20	5915.75	200.55	43.65	10.50	254.70	120.09	374.79	176.18
61	26.87	18.50	11442.36	374.09	79.69	15.40	469.18	221.22	690.99	324.48
62	16.51	14.55	3947.96	137.50	30.32	8.33	176.15	83.06	259.21	121.83
63	12.19	11.90	1767.42	64.03	14.50	5.21	83.74	39.48	123.22	57.91
64	19.73	15.20	5915.75	200.55	43.65	10.50	254.70	120.09	374.79	176.18
65	26.87	18.50	11442.36	374.09	79.69	15.40	469.18	221.22	690.99	324.48
66	16.20	18.50	4832.74	166.31	36.43	9.36	212.11	100.01	312.11	146.69
67	14.38	16.20	3330.84	117.20	25.99	7.55	150.74	71.07	221.81	104.25
68	14.67	13.74	2956.87	104.13	23.18	7.02	134.33	63.34	197.66	92.90
69	8.31	12.94	892.51	33.57	7.77	3.50	44.85	21.15	65.99	31.02
70	14.64	15.18	3252.19	113.94	25.29	7.42	146.65	69.14	218.79	101.42
71	13.84	13.87	2657.12	94.13	21.03	6.60	121.76	57.41	179.17	84.21
72	7.48	10.60	892.76	22.81	5.55	2.76	30.92	14.58	45.49	21.38
73	26.44	23.00	13734.84	444.84	94.13	17.13	555.80	262.06	817.86	384.39
74	19.98	18.90	7546.40	252.43	54.50	12.10	319.03	150.42	469.45	220.64
75	26.98	18.90	11791.72	384.87	81.90	15.67	482.44	227.47	709.91	333.66
76	25.36	23.05	14824.14	477.79	100.92	17.90	596.61	281.30	877.91	412.62
77	16.51	18.90	5154.26	176.06	38.49	9.69	224.25	105.73	329.98	155.09
รวม	1,224.76	1,241.57	365,097.67	12,374.22	2,694.45	669.47	15,738.14	7,420.53	23,339.46	
ค่าเฉลี่ย	15.91	16.12	4,741.53	160.70	34.99	8.69	204.39	96.37	300.76	
ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ย	63.62	64.50	18,966.11	642.82	139.97	34.78	817.57	365.48	1,203.05	
ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ย	4.64	3.49	3,474.10	111.18	23.36	3.70	138.20	65.16	203.36	
ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ย	21.53	12.16								

การหามวลชีวภาพรวมและปริมาณคาร์บอน

3.5.5 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบเล็ก คณะผู้จัดทำเลือกใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบกำลัง (Power Regression Analysis) ซึ่งเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามในรูปแบบสมการกำลัง โดยเหมาะสำหรับข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ไม่เป็นเชิงเส้นในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดให้

- X = เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)
- Y = มวลชีวภาพของต้นโกงกางใบเล็ก (กิโลกรัม)

การหาค่าคงที่ของสมการใช้หลักกำลังสองน้อยที่สุด (Least Squares Method) ซึ่งเป็นวิธีที่ทำให้ผลรวมกำลังสองของค่าคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่สังเกตได้กับค่าที่ประมาณจากสมการมีค่าน้อยที่สุด ส่งผลให้สมการที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมสำหรับใช้ประมาณความสัมพันธ์ของข้อมูล เนื่องจากสมการถดถอยแบบกำลังอยู่ในรูป $Y=AX^B$ ซึ่งไม่อยู่ในรูปสมการเชิงเส้น จึงทำการแปลงสมการด้วยการหาลอการิทึมทั้งสองข้างของสมการให้อยู่ในรูป $\log Y = \log A + B \log X$ เพื่อให้สามารถประมาณ ค่าคงที่ $\log A$ และ B ด้วยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุดได้ เมื่อคำนวณได้ค่า $\log A$ แล้ว จึงแปลงกลับเป็นค่า A เพื่อสร้างสมการถดถอยแบบกำลังในรูป $Y=AX^B$ ซึ่งใช้ในการอธิบายและประมาณความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบเล็กได้อย่างเหมาะสม

1) รูปทั่วไปของสมการยกกำลัง $Y = AX^B$

สมการปกติของสมการยกกำลัง

$$\sum \log Y_i = n \log A + B \sum \log X_i$$

$$\sum (\log X_i \log Y_i) = (\log A) \sum \log X_i + B \sum (\log X_i)^2$$

จากสมการปกติข้างต้น หาคำตอบของระบบสมการได้ดังนี้

$$B = \frac{n \sum (\log X_i \log Y_i) - (\sum \log X_i) (\sum \log Y_i)}{n \sum (\log X_i)^2 - (\sum \log X_i)^2}$$

$$\log A = \frac{\sum \log Y_i - B \sum \log X_i}{n}$$

เมื่อกำหนดค่าคงที่ A และ B

จากข้อมูลทั้งหมดจะได้

$$A = 0.5507$$

$$B = 2.2342$$

ดังนั้น ได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลชีวภาพต้นโกงกาง คือ

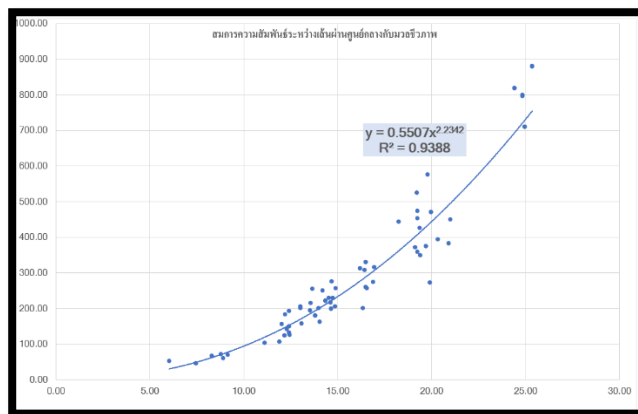
$$Y = 0.5507X^{2.2342}$$

หลังจากสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและมวลชีวภาพโกงกางใบเล็กแล้ว คณะผู้จัดทำได้วิเคราะห์ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสอง โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation Coefficient) ตามหลักเกณฑ์ที่ระบุไว้ใน 4.3 เพื่อพิจารณาว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ กันมากน้อยเพียงใด

ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย $r = 0.9689$ หมายความว่าความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางและมวลชีวภาพของต้นโกงกาง มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน

ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination)

$r^2 = 0.9388$ หมายความว่ามวลชีวภาพของต้นโกงกางสัมพันธ์โดยตรงกับเส้นผ่านศูนย์กลาง



ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลชีวภาพ

3.5.6 การคำนวณหาปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพ

เมื่อได้ค่ามวลชีวภาพรวมของต้นโกงกางใบเล็กแล้ว คณะผู้จัดทำได้นำค่าดังกล่าวมาคำนวณหาปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพ โดยใช้สมการตามแนวทางของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006) ซึ่งกำหนดให้คาร์บอนมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 47 ของน้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพ ดังสมการ

$$C_{\text{plant}} = W_T \times 0.47$$

เมื่อ C_{plant} = ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพของต้นโกงกาง (ตันคาร์บอน)

W_T = มวลชีวภาพรวมของต้นโกงกาง (ตัน)

0.47 = สัดส่วนคาร์บอนร้อยละ 47 โดยน้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพ

จะได้ $C_{\text{plant}} = 52.20(0.47) = 24.53$ ตันคาร์บอน

ดังนั้น ปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพของต้นโกงกางในพื้นที่ศึกษาเท่ากับ 24.53 ตันคาร์บอน

3.5.7 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและปริมาณคาร์บอนของต้นโกงกางใบเล็ก คณะผู้จัดทำเลือกใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบกำลัง (Power Regression Analysis) ซึ่งเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามในรูปแบบสมการกำลัง โดยเหมาะสำหรับข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ไม่เป็นเชิงเส้นในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดให้

- X = เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)
- Y = ปริมาณคาร์บอน (ตันคาร์บอน)

การหาค่าคงที่ของสมการใช้หลักกำลังสองน้อยที่สุด (Least Squares Method) ซึ่งเป็นวิธีที่ทำให้ผลรวมกำลังสองของค่าคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่สังเกตได้กับค่าที่ประมาณจากสมการมีค่าน้อยที่สุด ส่งผลให้สมการที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมสำหรับใช้ประมาณความสัมพันธ์ของข้อมูล เนื่องจากสมการถดถอยแบบกำลังอยู่ในรูป $Y = AX^B$ ซึ่งไม่อยู่ในรูปสมการเชิงเส้น จึงทำการแปลงสมการด้วยการหาลอการิทึมทั้งสอง

ข้างของสมการให้อยู่ในรูป $\log Y = \log A + B \log X$ เพื่อให้สามารถประมาณ ค่าคงที่ $\log A$ และ B ด้วยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุดได้ เมื่อคำนวณได้ค่า $\log A$ แล้ว จึงแปลงกลับเป็นค่า A เพื่อสร้างสมการถดถอยแบบกำลังในรูป $Y = AX^B$ ซึ่งใช้ในการอธิบายและประมาณความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและปริมาณคาร์บอนของต้นโกงกางใบเล็กได้อย่างเหมาะสม

1) รูปทั่วไปของสมการยกกำลัง $Y = AX^B$

สมการปกติของสมการยกกำลัง

$$\sum \log Y_i = n \log A + B \sum \log X_i$$

$$\sum (\log X_i \log Y_i) = (\log A) \sum \log X_i + B \sum (\log X_i)^2$$

จากสมการปกติข้างต้น หาคำตอบของระบบสมการได้ดังนี้

$$B = \frac{n \sum (\log X_i \log Y_i) - (\sum \log X_i) (\sum \log Y_i)}{n \sum (\log X_i)^2 - (\sum \log X_i)^2}$$

$$\log A = \frac{\sum \log Y_i - B \sum \log X_i}{n}$$

เมื่อคำนวณค่าคงที่ A และ B

จากข้อมูลทั้งหมดจะได้

$$A = 0.2717$$

$$B = 2.215$$

ดังนั้น ได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลชีวภาพต้นโกงกาง คือ

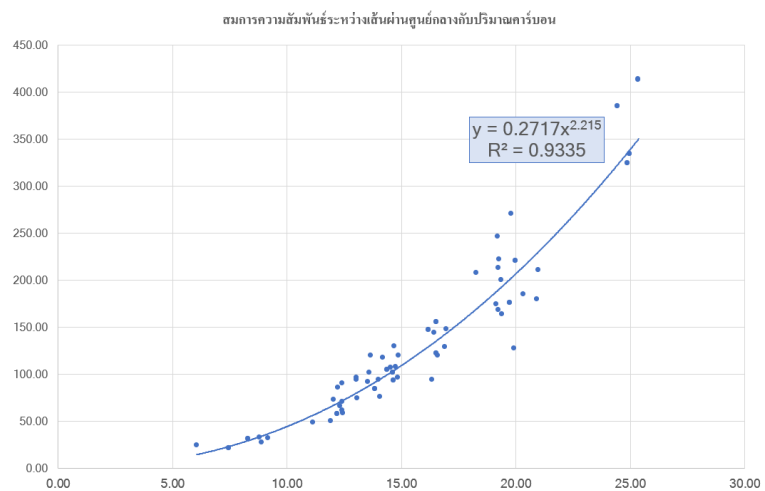
$$Y = 0.2717X^{2.215}$$

หลังจากสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและปริมาณคาร์บอนโกงกางใบเล็กแล้ว คณะผู้จัดทำได้วิเคราะห์ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสอง โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation Coefficient) ตามหลักเกณฑ์ที่ระบุไว้ใน 4.3 เพื่อพิจารณาว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ กันมากน้อยเพียงใด

ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย $r = 0.9661$ หมายความว่าความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและปริมาณคาร์บอนของต้นโกงกาง มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน

ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination)

$r^2 = 0.9335$ หมายความว่าปริมาณคาร์บอนของต้นโกงกางสัมพันธ์โดยตรงกับเส้นผ่านศูนย์กลาง



ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและปริมาณคาร์บอน

3.5.8 การแปลงค่าการกักเก็บคาร์บอนเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เทียบเท่า

เมื่อคำนวณปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบเล็กได้แล้ว คณะผู้จัดทำได้นำค่าการกักเก็บคาร์บอนดังกล่าวมาแปลงเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เทียบเท่า (Carbon Dioxide Equivalent: CO₂e) เพื่อแสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สอดคล้องกับปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพ โดยอาศัยอัตราส่วนระหว่างมวลโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กับมวลอะตอมของคาร์บอน การแปลงปริมาณคาร์บอนเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เทียบเท่า สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{CO}_2\text{e} &= C_{\text{plant}} \times 3.66 \\ \text{เมื่อ } \text{CO}_2\text{e} &= \text{ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เทียบเท่า (ตัน CO}_2\text{e)} \\ C_{\text{plant}} &= \text{ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพ (ตันคาร์บอน)} \\ 3.66 &= \text{อัตราส่วนระหว่างมวลโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อมวลอะตอมของคาร์บอน} \\ \text{CO}_2\text{e} &= 24.53(3.66) = 89.78 \text{ ตัน CO}_2\text{e} \end{aligned}$$

ดังนั้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เทียบเท่ากับปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพของต้นโกงกางในพื้นที่ศึกษา มีค่าเท่ากับ 89.78 ตัน CO₂e

ค่าคงที่ 3.66 ได้จากอัตราส่วนระหว่างมวลโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂)กับมวลอะตอมของคาร์บอน (C) โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประกอบด้วยคาร์บอน 1 อะตอม และออกซิเจน 2 อะตอม ซึ่งคาร์บอนมีมวลอะตอมเท่ากับ 12 กรัมอะตอม และออกซิเจนมีมวลอะตอมเท่ากับ 16 กรัมอะตอม ดังนั้นมวลโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 12+(2(16)) = 44 จึงได้อัตราส่วนระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคาร์บอนเป็น

$$44/12 \approx 3.6667$$

$$= 3.66$$

ดังนั้น ในการแปลงปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เทียบเท่า จึงนำปริมาณคาร์บอนคูณด้วย 3.66 ตามแนวทางที่ใช้ในการศึกษา (วิจารณ์, 2553)

3.5.9 ประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอน

จากการคำนวณในหัวข้อ 4.6 พบว่าต้นโกงกางในพื้นที่ศึกษามีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เทียบเท่า กับคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพเท่ากับ 89.78 ตัน CO₂e คณะผู้จัดทำจึงนำค่าดังกล่าวมาใช้ในการ ประเมินจำนวนคาร์บอนเครดิตและประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอน โดยอ้างอิงตามประกาศของ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ใช้ข้อตกลงระหว่าง ผู้ซื้อ-กับผู้ขายในการซื้อ ขาย คาร์บอนเครดิต ประจำปี พ.ศ.2567 (2024) อัตราการซื้อ-ขาย กิโลตันคาร์บอน ตันละ 400 บาท จากค่าคำนวณค่าคาร์บอนเครดิตพื้นฐาน x ด้วยจำนวนเท่าของไม้แต่ละชนิด (ไม้โกงกาง 5 เท่าของค่าคาร์บอนเครดิตพื้นฐาน)

โดยกำหนดให้คาร์บอนเครดิต 1 หน่วย = ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1 ตัน หรือ 1 ตัน CO₂e ดังนั้น สามารถคำนวณจำนวนคาร์บอนเครดิตจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เทียบเท่า ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{จากข้อมูล CO}_2\text{e} &= 24.53(3.66) \\ &= 89.78 \text{ ตันคาร์บอนไดออกไซด์}\end{aligned}$$

จะได้ 89.78 คาร์บอนเครดิต

การคำนวณค่าคาร์บอนเครดิตตามชนิดพันธุ์ไม้สำหรับการศึกษาครั้งนี้ กำหนดให้ต้นโกงกางมีค่าตัวคูณ เท่ากับ 5 เท่าของค่าคาร์บอนเครดิตพื้นฐาน ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในการศึกษา ดังนั้น จึงนำจำนวน คาร์บอนเครดิตพื้นฐานมาคูณด้วยตัวคูณของต้นโกงกาง เพื่อหาจำนวนคาร์บอนเครดิตที่ใช้ในการ ประเมินมูลค่า

จะได้ ค่าคาร์บอนเครดิตพื้นฐาน x จำนวนเท่าของไม้โกงกาง (5)

$$89.78 \times 5 = 448.90$$

ดังนั้น จำนวนคาร์บอนเครดิตหลังใช้ตัวคูณสำหรับต้นโกงกางเท่ากับ 448.90 คาร์บอนเครดิต

การประเมินมูลค่าคาร์บอนเครดิตจากอัตราการซื้อขายคาร์บอนเครดิตที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดราคาคาร์บอนเครดิตเท่ากับ 400 บาทต่อตัน CO₂e จึงสามารถประเมินมูลค่าคาร์บอนเครดิต ได้ดังนี้

$$448.90 \times 400 = 179,560$$

ดังนั้น มูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของต้นโกงกางในพื้นที่ศึกษาครั้งนี้ มีค่าประมาณ 179,560 บาท

บทที่ 4

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ในการศึกษามูลค่าการกักเก็บคาร์บอนป่าชายเลน โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ภูเก็ต ได้ทำการศึกษาปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และการกักเก็บคาร์บอนป่าชายเลน โดยให้ความสำคัญกับต้นต้นโกงกางใบเล็ก ซึ่งมีจำนวนมากที่สุดในโรงเรียน ผู้ศึกษาได้ดำเนินการโดยวัดการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง มวลชีวภาพ และวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ได้แก่ กิ่ง ใบ ลำต้น และรากบนดิน มีผลการศึกษาดังนี้

4.1 การประมาณขนาดและการเจริญเติบโตของต้นโกงกางใบเล็ก

จากการศึกษาต้นโกงกางใบเล็กที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป พบว่าต้นโกงกางใบเล็กในพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 แปลง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงแตกต่างกันตามลักษณะของพื้นที่ โดยเมื่อพิจารณาข้อมูลรวม พบว่าต้นโกงกางใบเล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 16.17 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย 16.12 เมตร จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับความสูงของต้นโกงกางใบเล็กโดยใช้การถดถอยเชิงเส้น ได้สมการดังนี้

$$Y = 0.482X + 0.85379$$

$$R^2 = 0.3911$$

โดย x คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นโกงกางใบเล็ก (เซนติเมตร) และ y คือ ความสูงของต้นโกงกางใบเล็ก (เมตร) สมการดังกล่าวสามารถใช้ประมาณความสูงของต้นโกงกางจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และใช้เป็นข้อมูลประกอบการประมาณมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบเล็ก

4.2 ปริมาณพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่พบในแปลงศึกษา

พื้นที่ศึกษา แบ่งออกเป็น 2 แปลง ได้แก่ แปลงที่ 1 อาคารชินศรีนครินทร์ แปลงที่ 2 อาคารศรีสิรินธร ลักษณะพื้นที่มีต้นไม้หนาแน่น โดยเฉพาะไม้ใหญ่ แต่ชนิดพันธุ์มีความหลากหลายน้อย

ตารางแสดง ชนิดพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่พบในแปลงศึกษา อาคารชินศรีนครินทร์ และอาคารศรีสิรินธร

ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์
โกงกางใบเล็ก	<i>Rhizophora apiculata</i> Blume	Rhizophoraceae
พังกาหัวส้มดอกแดง	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	Rhizophoraceae
ตะบูนขาว	<i>Xylocarpus granatum</i> Koenig	Meliaceae
ถั่วขาว	<i>Bruguiera cylindrica</i> (L.) Bl	Rhizophoraceae
โปรงขาว	<i>Ceriops decandra</i>	Rhizophoraceae

ตารางแสดง ความหนาแน่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย ของพรรณไม้
แปลงที่ 1 อาคารชินศรีนครินทร์

ชนิดพันธุ์ไม้	จำนวนต้น (ต้น)	ความหนาแน่น (ต้น/ไร่)	DBH เฉลี่ย (ซม.)	ความสูงเฉลี่ย (ม.)
โกก้างใบเล็ก	1463	308	15.45	16.28
พังกาหัวสุมดอกแดง	124	26	10.13	14.32
ตะบูนขาว	76	16	11.34	8.75
ถั่วขาว	48	10	7.24	8.81
โปรงขาว	17	4	7.12	7.64
รวม	1728	364	52.00	55.64
เฉลี่ย	345.60	72.80	10.40	11.13

จากการศึกษาพบว่าพื้นที่ศึกษาแปลงที่ 1 อาคารชินศรีนครินทร์ โกก้างใบเล็กมีความหนาแน่นมากที่สุด

ตารางแสดง ความหนาแน่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย ของพรรณไม้
แปลงที่ 2 อาคารศรีสิรินธร

ชนิดพันธุ์ไม้	จำนวนต้น (ต้น)	ความหนาแน่น (ต้น/ไร่)	DBH เฉลี่ย (ซม.)	ความสูงเฉลี่ย (ม.)
ถั่วขาว	3	2	11.34	13.37
พังกาหัวสุมดอกแดง	8	5	15.12	17.25
ตะบูนขาว	4	3	12.78	13.12
โปรงขาว	5	3	9.25	11.34
โกก้างใบเล็ก	472	315	17.65	15.81
รวม	493	328	64.83	73.45
เฉลี่ย	98.60	65.60	12.97	14.69

จากการศึกษาพบว่าพื้นที่ศึกษาแปลงที่ 2 อาคารศรีสิรินธร โกก้างใบเล็กมีความหนาแน่นมากที่สุด

4.3 ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

การประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นโกก้างใบเล็ก พิจารณาจากมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง และใบ โดยใช้สมการแอลโลเมตรี ผลการคำนวณพบว่า แปลงที่ 1 บริเวณอาคารชินศรีนครินทร์ มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินประมาณ 771.41 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนแปลงที่ 2 บริเวณอาคารศรีสิรินธร มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินประมาณ 1,044.76 กิโลกรัม/ไร่

จากผลการศึกษาพบว่าแปลงที่ 2 มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสูงกว่าแปลงที่ 1 ซึ่งสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกับมวลชีวภาพในลำดับต่อไป

4.4 ปริมาณมวลชีวภาพใต้พื้นดินและมวลชีวภาพรวม

จากการประมาณมวลชีวภาพใต้พื้นดินโดยใช้สัดส่วนของมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน พบว่า แปลงที่ 1 มีมวลชีวภาพใต้พื้นดินประมาณ 363.72 กิโลกรัม/ไร่ และแปลงที่ 2 มีมวลชีวภาพใต้พื้นดินประมาณ 492.60 กิโลกรัม/ไร่

เมื่อนำมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้พื้นดินมารวมกัน พบว่าพื้นที่ศึกษามีมวลชีวภาพรวมประมาณ 52.20 ตัน ซึ่งนำไปใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพ

4.5 การสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับมวลชีวภาพ

ขณะผู้จัดทำได้นำข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบเล็กมาวิเคราะห์ด้วยการถดถอยแบบกำลัง (Power Regression) โดยใช้สมการรูปแบบ

$$Y = AX^B$$

โดย x คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นโกงกางใบเล็ก และ y คือ มวลชีวภาพของต้นโกงกางใบเล็ก จากการวิเคราะห์ข้อมูลและประมาณค่าพารามิเตอร์ a และ b ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Squares Method) ได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับมวลชีวภาพเป็น

$$Y = 0.5507X^{2.2342}$$

$$R^2 = 0.9388$$

สมการดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประมาณมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบเล็กจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยไม่จำเป็นต้องคำนวณมวลชีวภาพของต้นไม้ทุกต้นโดยตรง และเป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ด้านการถดถอยและการสร้างแบบจำลองกับข้อมูลจริง

4.6 การคำนวณปริมาณคาร์บอนและการสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับปริมาณคาร์บอน

จากมวลชีวภาพรวมของต้นโกงกางใบเล็ก สามารถประมาณปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพ โดยกำหนดให้คาร์บอนคิดเป็นร้อยละ 47 ของมวลชีวภาพแห้ง จากการคำนวณพบว่าพื้นที่ศึกษามีปริมาณคาร์บอนสะสมประมาณ 24.53 ตันคาร์บอน

จากนั้นนำข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางและปริมาณคาร์บอนมาวิเคราะห์ด้วยการถดถอยแบบกำลัง (Power Regression) โดยใช้รูปแบบสมการ

$$Y = AX^B$$

โดย x คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นโกงกางใบเล็ก และ y คือ ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพ จากการคำนวณค่าพารามิเตอร์ a และ b ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับปริมาณคาร์บอนเป็น

$$Y = 0.2717X^{2.215}$$

$$R^2 = 0.9335$$

สมการดังกล่าวสามารถใช้เป็นสมการพยากรณ์ปริมาณคาร์บอนจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นโกงกางใบเล็ก และแสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประมาณปริมาณการกักเก็บคาร์บอน

4.7 การแปลงปริมาณคาร์บอนเป็นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

เมื่อนำปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพมาคำนวณเป็นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยใช้ตัวคูณ 3.66 พบว่า $24.53(3.66)=89.78$

ดังนั้น พื้นที่ศึกษามีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 89.78 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO₂e)

4.8 การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอน

จากผลการคำนวณปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 89.78 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เมื่อนำมาคำนวณตามตัวคูณของไม้โกงกางและอัตราการซื้อขายคาร์บอนเครดิตที่กำหนดไว้ในการศึกษา ได้ดังนี้

$$89.78(5) = 448.90$$

และ $448.90(400) = 179,560$

ดังนั้น พื้นที่ศึกษามีมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนประมาณ 179,560 บาท

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

โครงการคณิตศาสตร์เรื่อง การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของป่าโกงกางโดยใช้สมการความสัมพันธ์และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลของป่าโกงกาง และ 2) ประเมินมูลค่าคาดการณ์ปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนของป่าโกงกาง โดยนำข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของต้นโกงกางในพื้นที่ศึกษามาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์และสถิติ จากนั้นนำผลที่ได้ไปคำนวณมวลชีวภาพ ปริมาณคาร์บอน ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เทียบเท่า และประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในการศึกษา

5.1.1 ผลการสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของต้นโกงกาง พบว่าสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) ได้สมการ

$$Y = 0.482X + 0.85379$$

โดย x คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นโกงกาง และ y คือ ความสูงของต้นโกงกาง จากสมการพบว่าเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นโกงกางเพิ่มขึ้น 1 เซนติเมตร ค่าความสูงที่สมการคาดการณ์จะเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณ 0.3566 เมตร ภายใต้ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อพิจารณาทิศทางและระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง ซึ่งช่วยสนับสนุนการนำสมการไปใช้ในการประมาณค่าความสูงของต้นโกงกางจากเส้นผ่านศูนย์กลาง

5.1.2 ผลการสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลชีวภาพ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบเล็ก พบว่าสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบกำลัง (Power Regression) ได้สมการ

$$Y = 0.5507X^{2.2342}$$

โดย x คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นโกงกางใบเล็ก และ y คือ มวลชีวภาพของต้นโกงกางใบเล็ก ส่วน a และ b เป็นค่าคงที่ของสมการที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Squares Method) ผลการวิเคราะห์ทำให้ได้สมการที่สามารถนำมาใช้ประมาณมวลชีวภาพของต้นโกงกางใบเล็กจากข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางได้ โดยไม่จำเป็นต้องคำนวณมวลชีวภาพของต้นไม้แต่ละต้นโดยตรง ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลจริง

5.1.3 ผลการสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและปริมาณการกักเก็บคาร์บอน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นโกงกางใบเล็ก พบว่าสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบกำลัง (Power Regression) ในรูปแบบ

$$Y = 0.2717X^{2.215}$$

โดย x คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นโกงกางใบเล็ก และ y คือ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นโกงกางใบเล็ก ส่วน a และ b เป็นค่าคงที่ของสมการที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีกำลังสอง

น้อยที่สุด (Least Squares Method) สมการดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประมาณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นโกงกางใบเล็ก และสามารถนำผลการพยากรณ์ไปใช้ประกอบการประเมินศักยภาพในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์และมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของพื้นที่ศึกษาได้

5.1.4 ผลการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอน

จากการนำข้อมูลขนาดของต้นโกงกางมาคำนวณด้วยสมการแอลโลเมตรี สามารถประมาณมวลชีวภาพ ของต้นโกงกางทั้งส่วนเหนือพื้นดินและใต้พื้นดิน และนำมาคำนวณเป็นมวลชีวภาพรวมได้เท่ากับ 52.20 ตัน จากนั้นนำมวลชีวภาพรวมมาคำนวณหาปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพ โดยใช้สัดส่วน คาร์บอนร้อยละ 47 ได้ปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 24.53 ตันคาร์บอน และเมื่อแปลงเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เทียบเท่า ได้เท่ากับ 89.78 ตัน CO₂e

5.1.5 ผลการประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอน

จากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เทียบเท่าที่คำนวณได้ เมื่อนำมาประเมินตามตัวคูณของต้นโกงกาง และอัตราการซื้อขายคาร์บอนเครดิตที่กำหนดไว้ในการศึกษา พบว่าสามารถประเมินมูลค่าการกักเก็บ คาร์บอนของพื้นที่ศึกษาได้เท่ากับ 179,560 บาท ทั้งนี้ มูลค่าดังกล่าวขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ตัวคูณ และ ราคาคาร์บอนเครดิตที่นำมาใช้ในการคำนวณ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การศึกษามวลชีวภาพของสวนป่าชายเลนควรสร้างสมการความสัมพันธ์ในรูป Allometric relation เฉพาะในแต่ละพื้นที่เพื่อหาปริมาณของมวลชีวภาพ และยังสามารถนำสมการแอลโลเมตรี ไปใช้ศึกษามวลชีวภาพที่ชนิดพรรณไม้เดียวกันภายในพื้นที่ใกล้เคียงได้

5.2.2 หน่วยงานราชการควรร่วมมือกับประชาชนในพื้นที่และมีการทำกิจกรรมพัฒนาชุมชนอย่างจริงจังและต่อเนื่อง พร้อมทั้งติดตามและประเมินผล เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและส่งผลให้ประชากรมีผลที่เพียงพอพร้อมทั้งภาครัฐควรมีนโยบายที่ชัดเจนในการจัดการการใช้ประโยชน์ในพื้นที่เพื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องกับราษฎร

5.2.3. ชนิดพันธุ์ไม้ที่ควรปลูกเพิ่มนอกจากโกงกางใบเล็ก ได้แก่ ตะบูนขาว ถั่วดำ และโปรงแดง เนื่องจากการวิเคราะห์พบว่าชนิดพันธุ์ดังกล่าวมีมวลชีวภาพ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศค่อนข้างสูง สามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ป่าชายเลนแห่งนี้ ซึ่งในอนาคตหมู่ไม้เหล่านี้จะกลายเป็นป่าที่สมบูรณ์และเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำต่อไป

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมและแนวทางการต่อยอด

1. การเพิ่มจำนวนข้อมูล

ควรเพิ่มจำนวนต้นโกงกางและจำนวนแปลงตัวอย่างในการเก็บข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและมีความหลากหลายมากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้การสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับความสูง มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอน มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น และสามารถนำสมการไปใช้ในการประมาณค่ากับพื้นที่อื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้

2. การพัฒนาและเปรียบเทียบสมการทางคณิตศาสตร์

ในการศึกษาครั้งต่อไป อาจพัฒนาและเปรียบเทียบสมการความสัมพันธ์หลายรูปแบบ เช่น สมการเชิงเส้นและสมการถดถอยแบบกำลัง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับความสูง

มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอน โดยสามารถใช้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจและค่าความคลาดเคลื่อนเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาความเหมาะสมของแต่ละสมการ เพื่อเลือกแบบจำลองที่สามารถอธิบายข้อมูลและนำไปใช้ในการพยากรณ์ได้อย่างเหมาะสมที่สุด

3. การเพิ่มตัวแปรในการศึกษา

สามารถต่อยอดโดยเพิ่มตัวแปรอื่นที่อาจมีความสัมพันธ์กับความสูง มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอน เช่น อายุของต้นไม้ ความหนาแน่นของต้นไม้ ขนาดพื้นที่ และชนิดพันธุ์ไม้ เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น และสามารถอธิบายปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนได้ครอบคลุมยิ่งขึ้น

4. การนำแบบจำลองไปใช้คาดการณ์ในอนาคต

สามารถนำสมการความสัมพันธ์ทั้ง 3 รูปแบบที่ได้จากการศึกษา ได้แก่ สมการระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับความสูง สมการระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับมวลชีวภาพ และสมการระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอน ไปพัฒนาเป็นแบบจำลองสำหรับคาดการณ์การเจริญเติบโต มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นโกงกางในอนาคต โดยเก็บข้อมูลซ้ำในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน แล้วนำผลมาเปรียบเทียบเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลตามช่วงเวลา

5. การพัฒนาแบบจำลองเพื่อประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอน

สามารถนำสมการที่ได้จากการศึกษา โดยเฉพาะสมการที่ใช้ประมาณมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอน มาพัฒนาต่อเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับประมาณปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้นโกงกางสามารถดูดซับได้ และนำผลที่ได้ไปคำนวณเป็นมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ศึกษา ซึ่งจะช่วยให้สามารถประเมินศักยภาพของพื้นที่ป่าชายเลนในเชิงปริมาณและมูลค่าได้อย่างเป็นระบบ

เอกสารอ้างอิง

- คณะวนศาสตร์.(2550). การประเมินมูลค่าและการพึ่งพิงทรัพยากรป่าชายเลน, รายงานฉบับสมบูรณ์ กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง.กรุงเทพฯ.
- คณะวนศาสตร์.(2553). การศึกษาลักษณะของพรรณไม้ ปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจก และขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับโครงการ CDM ภาคป่าไม้, รายงานฉบับสมบูรณ์. องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). กรุงเทพฯ.
- คณะวนศาสตร์. (2553). การศึกษาลักษณะของพรรณไม้ ปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คณะวนศาสตร์.(2554). คู่มือศักยภาพของพรรณไม้สำหรับส่งเสริมภายใต้โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ: 88 หน้า.
- จิรนนท์ ชีระกุลพิสุทธิ์.(2547). ศักยภาพการสะสมธาตุคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของระบบนิเวศป่าทองผาภูมิ, เอกสารประกอบการประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้. กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช.
- จุฑามาศ สุนทรชีวะวุฒิ.(2546). การวิเคราะห์ความยั่งยืนทางเศรษฐศาสตร์ของการปลูกสร้างสวนป่าโกงกาง และการเผาถ่านของภาคเอกชนในตำบลยี่สาร อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม.
- เจษฎา เหลืองแจ่ม.(2547). "การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการป่าไม้การประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้าน ป่าไม้". การประชุมป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, 16-17 สิงหาคม 2547 ณ โรงแรมมารวยการ์เด็น กรุงเทพฯ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.
- ชลิตา ศรีลัดดา และ ลดาวัลย์ พวงจิตร.(2550). การเก็บกักคาร์บอนของสวนป่าชายเลน อำเภอบางแพ จังหวัดนครศรีธรรมราช, ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพาณิชย์ และคณะ.(2552). พันธุ์ไม้ในป่าชายเลนในประเทศไทย, ฉบับปรับปรุงใหม่ :167 หน้า.
- ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพาณิชย์ และคณะ.(2553). ความหลากหลายทางชีวภาพในป่าชายเลนฝั่งอ่าวไทย และ อันดามันตอนล่าง. พิมพ์ครั้งที่ 1: 310 หน้า.
- ชิงชัย วิริยะบัญชา, 2546, คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหมู่ไม้, ฝ่ายวนวัฒนวิจัยและพฤกษศาสตร์ , กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช : 109 หน้า.

ดร.ณิ เจียมจำรัสศิลป์ และกฤษฎา สุทธิบุญ.(2554). "ระบบนิเวศป่าชายเลนแม่น้ำตาปี จังหวัดสุราษฎร์ธานี", ในรายงานการสัมมนาป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 14. ชุมชนเข้มแข็ง ป้องกันภัยพิบัติ ขจัดโลกร้อน 7-8 กันยายน 2554 ณ โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น กรุงเทพฯ.

ปฐมาพร ผ่องสุขสวัสดิ์.(2545).การประมาณมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นในสวนศึกษาธรรมชาติวิทยาป่าชายเลน จังหวัดพังงา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิเชษฐ์ เดชผิว.(2546). ป่าชายเลนและชุมชนป่าชายเลนที่บ้านยี่สาร, กรุงเทพฯ:152 หน้า.

เพลินพิศ พงษ์ประยูร.(2541). การศึกษาแหล่งปล่อยและดูดกลับของก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และภาคป่าไม้ของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ลดาวลย์ พวงจิตร.(2547).การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยและเก็บกักก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและป่าไม้. เอกสารประกอบการประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ 2547 กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช.

อำนาจ ชิดไธสง, พงษ์เทพ หาญพัฒน์กิจ, สาวิตรี การิเวทย์ และเอกพล จันทร์เพ็ญ, การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในส่วนภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้. รายงานฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

IPCC.(2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Agriculture Forestry and Other Land Use. Volume 4.

Komiyama A., Pongparn S. and Kato S.(2005). Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. Journal of Tropical Ecology, 21: 471-477.

บรรณานุกรม

ความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันระหว่างข้อมูล

https://drive.google.com/file/d/1ysyEnYvK3DrjTlQVPZ2aQ7w4cU1FBloN/view?usp=drive_link

สหสัมพันธ์และการถดถอย

https://drive.google.com/file/d/1EjTltFbdc68nMvcl2AozvUZXuDOApZFG/view?usp=drive_link

ch 14 Regression Analysis.docx_20260729_181635_0000

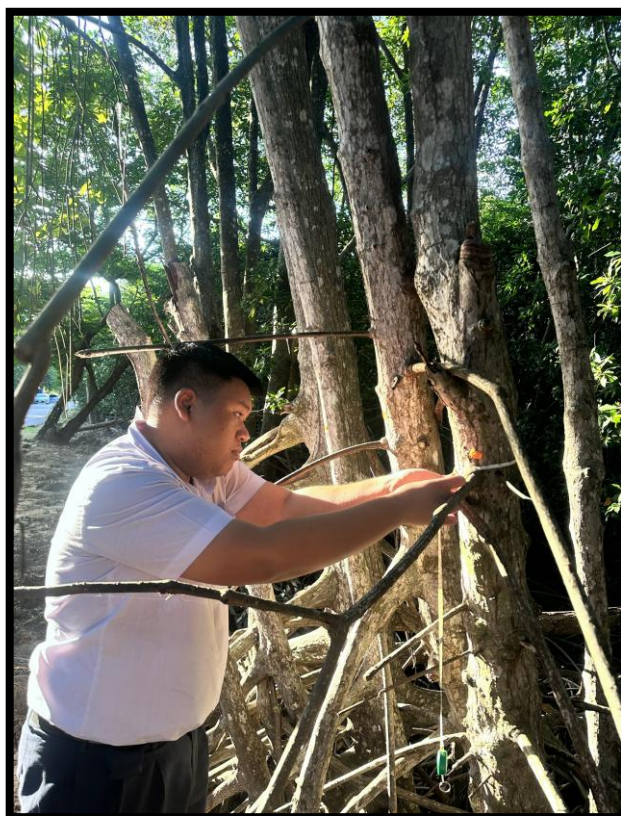
https://drive.google.com/file/d/10ghs9uJdwoO8hOzd4ALfj_kvN5BU_9Lc/view?usp=drive_link

ภาคผนวก ก

ภาพที่ 1 พื้นที่เก็บข้อมูลแปลงป่าโกงกาง



ภาพที่ 2 การเก็บข้อมูลเส้นผ่าศูนย์กลาง



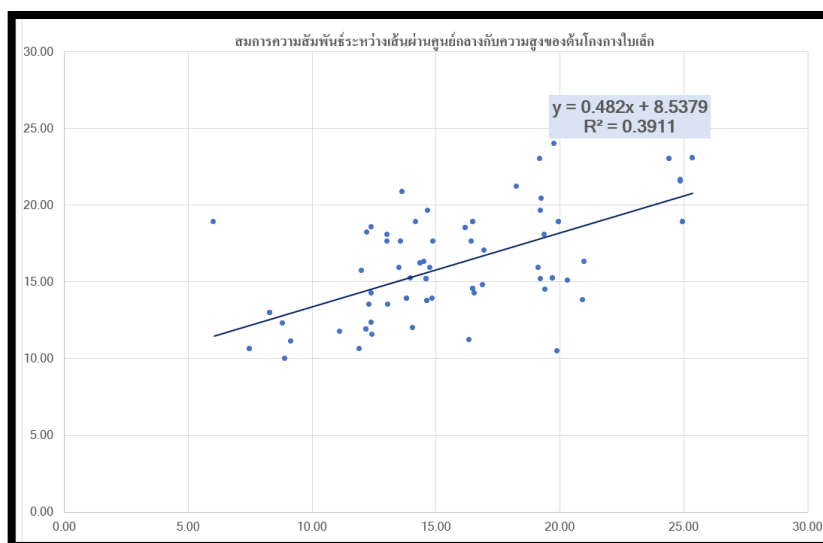
ภาพที่ 3 การหาส่วนสูงโดยใช้ไคลโนมิเตอร์



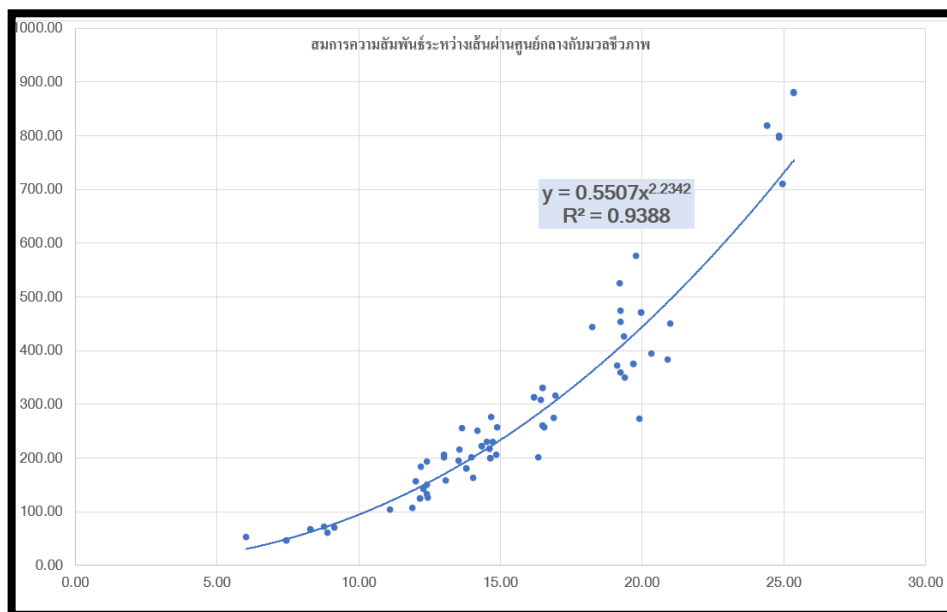
ภาพที่ 4 ผลสำรวจ

#	A	B	C	D	E	F	G
1	ตัวที่	ระยะทางระดับ (m)	มุมองศา (องศา)	Tan	ความสูงอาคาร (m)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (m)	ค่ารอบอาคารสูงถึง (m)
35	34	9	58	1.6	1.90	21.00	16.30
36	35	6	55	1.43	1.90	19.92	10.48
37	36	10	50	1.19	1.90	20.94	13.80
38	37	8	59	1.66	1.90	19.25	15.18
39	38	7	61	1.8	1.90	19.41	14.50
40	39	8	49	1.15	1.90	9.164	11.10
41	40	8	51	1.23	1.90	11.14	11.74
42	41	9	53	1.33	1.90	14.86	13.87
43	42	9	49	1.15	1.90	8.81	12.25
44	43	10	59	1.66	1.90	16.20	18.50
45	44	10	55	1.43	1.90	14.38	16.20
46	45	8	56	1.48	1.90	14.67	13.74
47	46	8	54	1.38	1.90	8.31	12.94
48	47	8	59	1.66	1.90	14.64	15.18
49	48	9	53	1.33	1.90	13.84	13.87
50	49	10	41	0.87	1.90	7.48	10.60
51	50	10	54	1.38	1.90	12.03	15.70
52	51	8	57	1.54	1.90	12.41	14.22
53	52	9	47	1.07	1.90	12.44	11.53
54	53	9	44	0.97	1.90	11.93	10.63
55	54	8	57	1.54	1.90	16.58	14.22
56	55	9	56	1.48	1.90	14.00	15.22
57	56	9	55	1.43	1.90	16.90	14.77
58	57	9	58	1.6	1.90	14.54	16.30
59	58	11	49	1.15	1.90	16.51	14.55
60	59	10	45	1	1.90	12.19	11.90
61	60	10	53	1.33	1.90	19.73	15.20
62	61	10	59	1.66	1.90	34.87	18.50
63	62	11	49	1.15	1.90	16.51	14.55
64	63	10	45	1	1.90	12.19	11.90
65	64	10	53	1.33	1.90	19.73	15.20
66	65	10	59	1.66	1.90	34.87	18.50
67	66	10	59	1.66	1.90	16.20	18.50
68	67	10	55	1.43	1.90	14.38	16.20
69	68	8	56	1.48	1.90	14.67	13.74
70	69	8	54	1.38	1.90	8.31	12.94
71	70	8	59	1.66	1.90	14.64	15.18
72	71	9	53	1.33	1.90	13.84	13.87
73	72	10	41	0.87	1.90	7.48	10.60
74	73	10	65	2.14	1.60	26.44	23.00
75	74	10	60	1.73	1.60	19.98	18.90
76	75	10	60	1.73	1.60	24.98	18.90
77	76	15	55	1.43	1.60	25.36	23.05
78	77	10	60	1.73	1.60	16.51	18.90
79	เฉลี่ยรวม					16.17	16.12
80	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน					5.37	3.49

ภาพที่ 6 นำสมการที่ได้ไปเขียนกราฟสมการเส้นตรง



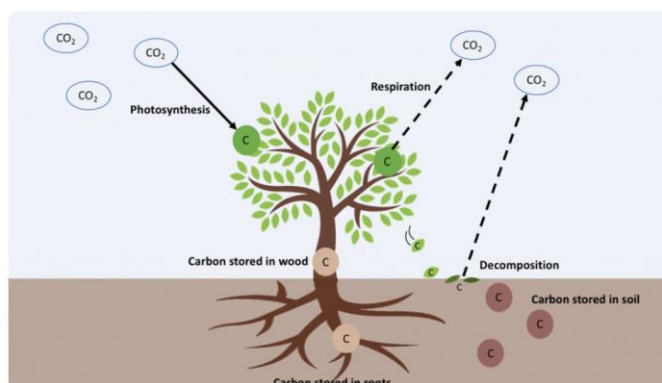
ภาพที่ 7 นำสมการที่ได้ไปเขียนกราฟสมการยกกำลัง



ภาพที่ 8 วิธีการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้โกงกางใบเล็ก

แล้วต้นไม้ดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ได้อย่างไรกันแน่?

ต้นไม้ดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งเป็นกระบวนการที่ให้พลังงานและช่วยให้ต้นไม้เจริญเติบโต ในระหว่างการสังเคราะห์แสง ต้นไม้จะดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และแสงแดด จากนั้นจะผลิตออกซิเจนและกลูโคส กลูโคสให้พลังงานที่ต้นไม้ต้องการในการเจริญเติบโต ในขณะที่คาร์บอนจะกลายเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างของต้นไม้ เช่น ลำต้น กิ่ง และราก ซึ่งจะถูกละลายไว้ในระหว่างการเจริญเติบโตของต้นไม้ กระบวนการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์จากชั้นบรรยากาศและเก็บสะสมไว้ในวัสดุที่เป็นของแข็ง เช่น เนื้อไม้ เรียกว่า การกักเก็บคาร์บอน



ที่มา: บิลล์ มังเกอร์, มหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด, 'ป่าไม้มีส่วนช่วยในการต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือไม่'