

ประเมินการกักเก็บคาร์บอนของในพื้นที่ป่าเต็งรัง มหาวิทยาลัยพะเยา



กฤษณะ วังสอง

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ตุลาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

ประเพณีการกักเก็บคาร์บอนของในพื้นที่ป่าเต็งรัง มหาวิทยาลัยพะเยา



กฤษณะ วังสอง

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ตุลาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

ASSESSMENT OF CARBON STOCK IN A DECIDUOUS DIPTEROCARP FOREST OF
UNIVERSITY OF PHAYAO



A Thesis Submitted to University of Phayao
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Master of Engineering Degree in Environmental Engineering
October 2024
Copyright 2024 by University of Phayao

วิทยานิพนธ์
เรื่อง
ประเมินการกักเก็บคาร์บอนของในพื้นที่ป่าเต็งรัง มหาวิทยาลัยพะเยา

ของ กฤษณะ วังสอง

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(ดร. มนต์รี แสนวังลี)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ดร. วณวัชย์ ปรากู)

..... อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุปรีดา หอมกลิ่น)

..... คณบดีคณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม
(รองศาสตราจารย์ ดร. ต่อพงศ์ กรีธาชาติ)



เรื่อง: ประเมินการกักเก็บคาร์บอนของในพื้นที่ป่าเต็งรัง มหาวิทยาลัยพะเยา

ผู้วิจัย: กฤษณะ วังสอง, วิทยานิพนธ์: วศ.ม. (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2567

อาจารย์ที่ปรึกษา: ดร. วนาวัลย์ ปรากฏ

คำสำคัญ: การกักเก็บคาร์บอน, คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า, ป่าไม้, ป่าเต็งรัง, ไม้ตาย, ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนในดิน

บทคัดย่อ

จากสถานการณ์ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศถือเป็นปัญหาที่สำคัญระดับโลกก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยมีสาเหตุมาจากหลายๆ ด้านทั้งการใช้ทรัพยากรที่มากเกินไปส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยเป็นตัวการที่สำคัญในการก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ จากรายงานข้อมูลบัญชีก๊าซเรือนกระจกปี พ.ศ. 2562 โดยมีการรายงานแนวโน้มการปล่อยและกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในประเทศจะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 372,716.86 tCO₂eq ซึ่งภาวะโลกร้อนที่ส่งผลเสียรุนแรงในหลายๆ ด้านอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ งานวิจัยนี้โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อควมหลากหลายทางชีวภาพและตรวจวัดการสะสมคาร์บอนของป่าไม้และของป่าไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยพะเยา โดยการวางแผนศึกษาขนาด 40 x 40 เมตร ในพื้นที่ 1,997 ไร่ จำนวน 8 แปลง เพื่อเก็บข้อมูลจำนวน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) และความสูง (H) ป่าไม้และไม้ตาย รวมถึงปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนของดิน (%OM) ในแปลงศึกษาผลการศึกษาพบพรรณไม้ทั้งหมด 1,582 ต้น สามารถจำแนกพันธุ์ได้เป็น 17 วงศ์ 29 ชนิด โดยมีปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของต้นไม้เฉลี่ยเท่ากับ 49.22±6.53 tCO₂eq/rai ในส่วนของปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของไม้ตายค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.85±2.63 tCO₂eq/rai และในส่วนของปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในดิน 5.94 ±3.10 tCO₂eq/rai ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดได้มีค่า 497.49 tCO₂eq/year จะเห็นได้ว่าป่าไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยพะเยาเป็นแนวทางหนึ่งในการลดการเกิดก๊าซเรือนกระจกและสามารถนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการพื้นที่พัฒนาของป่าไม้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยพะเยาต่อไป

Title: ASSESSMENT OF CARBON STOCK IN A DECIDUOUS DIPTEROCARP FOREST OF UNIVERSITY OF PHAYAO

Author: Kitsana Wangsong, Thesis: M.Eng. (Environmental Engineering), University of Phayao, 2024

Advisor: Dr. Wanawan Pragot

Keywords: Carbon Stock, Carbon Dioxide Equivalent, Forest, Deciduous Dipterocarp Forest, Dead Wood, Soil Organic Carbon

ABSTRACT

Given the current situation, climate change is recognized as a significant global issue contributing to global warming. This is caused by various factors, including excessive resource usage, which impacts climate change and plays a major role in the generation of greenhouse gases. The increase in carbon dioxide levels results from various activities. According to the 2019 greenhouse gas inventory report, the greenhouse gas emissions in Thailand amounted to 372,716.86 tCO₂eq, which has severe and unavoidable consequences in many areas. This research aims to assess biodiversity and carbon accumulation in the forests of Phayao University by establishing study plots measuring 40 x 40 meters in a total area of 1,997 rai, with 8 plots to collect data on the diameter (D) and height (H) of living and dead trees, as well as the organic carbon content in the soil (%OM). The study found a total of 1,582 trees, classified into 17 families and 29 species, with an average carbon dioxide equivalent storage of 49.22 ± 6.53 tCO₂eq/rai from living trees, 1.85 ± 2.63 tCO₂eq/rai from dead trees, and 5.94 ± 3.10 tCO₂eq/rai from the soil. Additionally, it is estimated that the potential reduction of greenhouse gases is 497.49 tCO₂eq/year. This indicates that the forests in the area of Phayao University are one approach to reducing greenhouse gas emissions, and the results of this study can be used as a guideline for managing forest development areas within Phayao University in the future.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ดร.วนาวลัย ปราภฏ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ชี้แนะแนวทางแก้ไขปัญหา รวมถึงการให้ความรู้ วางแผนงานวิจัย ตลอดจนหาทุนสนับสนุนงานวิจัย และผลักดันให้มีโอกาสไปนำเสนอผลงานวิจัยในระดับชาติ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยเป็นอย่างมาก

ขอขอบพระคุณ ดร.มนตรี แสนวังลี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุปรีดา หอมกลิ่น อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัย ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำและแนวทางตลอดการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความรู้ และคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ดร.ตฤณ เสรมะธากุล ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยที่ดีมาโดยตลอด ตลอดจนขอขอบคุณ สมาชิกในกลุ่มวิจัยทุกคนที่ได้ช่วยเหลือด้านข้อมูลในการดำเนินงานวิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และคนในครอบครัวทุกคน ที่สนับสนุนและเป็นที่กำลังใจที่มีค่า จนเป็นแรงผลักดันให้งานวิจัยในครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กฤษณะ วังสอง

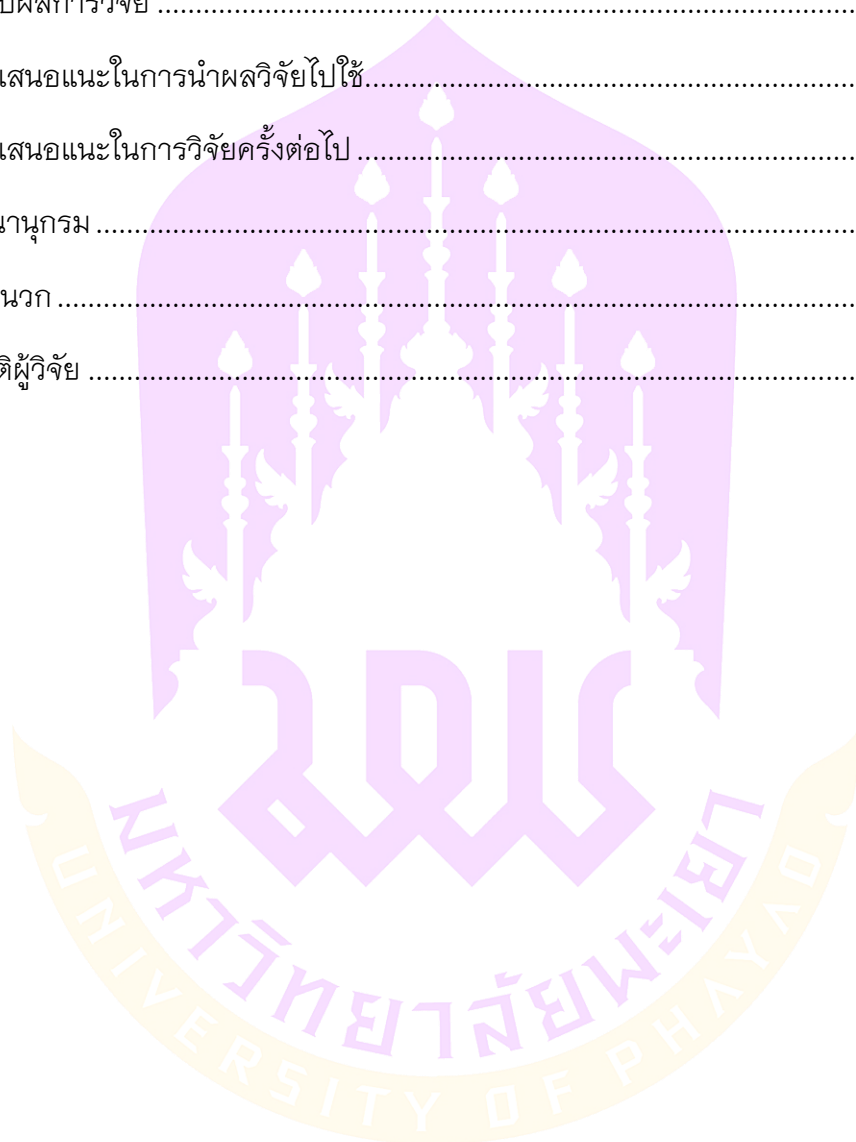


สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
นิยามศัพท์	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
สถานการณ์และความสำคัญของป่าไม้ในประเทศ.....	8
ลักษณะทั่วไปของป่าเต็งรัง (Deciduous dipterocarp forest หรือ Dry dipterocarp).....	11
ปรากฏการณ์ภาวะเรือนกระจก.....	14
การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing).....	18
สำรวจทรัพยากรข้อมูลจากดาวเทียม	18
การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณด้วย (NDVI) และ (FCD)	19
หลักการสำคัญของ ISO 14064 ต่อการลดก๊าซเรือนกระจก (มาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อม 2018) ..	21
การลดก๊าซเรือนกระจกภายในประเทศ	22

การลดก๊าซเรือนกระจกภาคป่าไม้ (T-VER-S-METH-13-02)	26
การวางแผนและการคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้.....	29
การกักเก็บคาร์บอนในไม้ตายและซากพืช	42
การกักเก็บคาร์บอนในดิน (Soil Carbon Sequestration).....	43
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	53
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	57
กรอบแนวคิดของการศึกษาวิจัย	57
พื้นที่ศึกษา	58
การจำแนกประเภทป่าการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (NDVI) และ (FCD).....	61
การกำหนดจำนวนแปลง	63
การวางแผนสำรวจและการเก็บข้อมูล	64
การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ (Calculation for Carbon Sequestration)	65
การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของไม้ตายและเศษซากพืช (Calculation for Carbon Sequestration in Dead Wood and Litter).....	68
การคำนวณการสะสมคาร์บอนในดิน (Calculation for Soil Carbon).....	69
ปริมาณก๊าซเรือนกระจก(รวม)ที่กักเก็บได้	72
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	73
การจำแนกชั้นภูมิพื้นที่ป่า	73
แปลงเก็บตัวอย่าง	74
จำนวนชนิดพรรณพืช	77
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของต้นไม้.....	79
ปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในต้นไม้.....	84
ปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไม้ตาย	86
ปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดิน.....	88

ปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา	92
อัตราการเพิ่มพูนปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	94
บทที่ 5 บทสรุป	99
สรุปผลการวิจัย	99
ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้.....	100
ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป	100
บรรณานุกรม	101
ภาคผนวก	105
ประวัติผู้วิจัย	116



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 พันธุ์ไม้ที่ทำการศึกษา.....	4
ตาราง 2 ข้อมูลการบันทึกช่วงคลื่นของดาวเทียม Landsat 8 OLI.....	19
ตาราง 3 ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน.....	24
ตาราง 4 โครงการป่าไม้ที่ขึ้นทะเบียน T-VER	25
ตาราง 6 สมการแอลโลเมตรีประเมินมวลชีวภาพจำแนกตามกลุ่มพรรณไม้ที่ อบก.ให้การยอมรับ	38
ตาราง 7 สมการแอลโลเมตรีของต้นไม้รายต้นแยกตามชนิดป่าของประเทศไทย.....	39
ตาราง 8 สัดส่วนคาร์บอนในเนื้อไม้ของชนิด/พรรณไม้ต่างๆ	41
ตาราง 9 ความสูงจากระดับน้ำทะเลและปริมาณน้ำฝน	43
ตาราง 10 ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามประเภทการใช้ที่ดิน (F _{LU})	50
ตาราง 11 ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามวิธีการจัดการดิน (F _{MG}).....	51
ตาราง 12 ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามระดับอินทรีย์วัตถุที่ใส่ลงในดิน (F _I).....	52
ตาราง 13 ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI	74
ตาราง 14 ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน	75
ตาราง 15 ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน	75
ตาราง 16 ความหลากหลายชนิดพันธุ์ไม้ในป่าเต็งรัง	77
ตาราง 17 อัตราการเพิ่มพูนปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	95
ตาราง 18 เทียบผลโครงการที่ขึ้นทะเบียน T-VER	98
ตาราง 19 พารามิเตอร์ที่ต้องมีการติดตามผล	106
ตาราง 20 เครื่องมือ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการวางแผน.....	107

ตาราง 21 เครื่องมือ/อุปกรณ์ที่ใช้การกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้	109
ตาราง 22 เครื่องมือ/อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน.....	111



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา	2
ภาพ 2 พื้นที่ป่าไม้ประเทศไทย 2565	9
ภาพ 3 สถิติพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย ปี พ.ศ.2516 – 2565	10
ภาพ 4 การเกิดก๊าซเรือนกระจก	16
ภาพ 5 กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	23
ภาพ 6 กิจกรรมการปล่อยและกักเก็บคาร์บอนในภาคป่าไม้	24
ภาพ 7 การดูดซับคาร์บอนของเนื้อไม้	27
ภาพ 8 การเลือกกระเปาะวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ สาขาป่าไม้	28
ภาพ 9 ตัวอย่างการจำแนกชั้นภูมิเพื่อหาจำนวนแปลงที่เหมาะสมตามแนวทางเลือกที่ 3	31
ภาพ 10 การวางแผนตัวอย่างขนาด 1 ไร่ และการแบ่งแปลงย่อยขนาด 10 x 10 เมตร	32
ภาพ 11 การวัดเส้นรอบวงต้นไม้	34
ภาพ 12 การวัดเส้นรอบวงต้นไม้	35
ภาพ 13 ค่า Tangents คำนวณหาความสูงของต้นไม้และรูปแบบของโคไซน์มิเตอร์	36
ภาพ 14 อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างดิน	44
ภาพ 15 การเก็บตัวอย่างแบบสุ่มและการเก็บแบบมีรูปแบบ รูปแบบที่ 1 – 4	45
ภาพ 16 การเก็บตัวอย่างแบบสุ่มและการเก็บแบบมีรูปแบบ รูปแบบที่ 5 – 7	46
ภาพ 17 วิธีการเก็บตัวอย่างดิน	47
ภาพ 18 กรอบแนวคิดการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าเต็งรังของมหาวิทยาลัยพะเยา	57
ภาพ 19 ขอบเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 7,500 ไร่	59
ภาพ 20 ขอบเขตพื้นที่ป่าไม้รวม (สีแดง) จำนวน 2,285 ไร่	59

ภาพ 21 ขอบเขตพื้นที่พื้นที่ในการศึกษา จำนวน 1,997 ไร่ โดยตัดพื้นที่ที่ไม่ใช่ป่าไม้ (พื้นที่ สิ่งก่อสร้าง แหล่งน้ำ พื้นที่เปิดโล่ง)	60
ภาพ 22 ภาพถ่ายทางดาวเทียม Landsat 8 วันที่ 6 มีนาคม 2565.....	61
ภาพ 23 การวางแผนตัวอย่าง แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสและการเก็บข้อมูล	65
ภาพ 24 ตัวอย่างเครื่องมือวัดความสูงของต้นไม้	66
ภาพ 25 การหาความสูงของต้นไม้ด้วยโดสโนมิเตอร์	66
ภาพ 26 รายละเอียดจุดเก็บดินในแปลงศึกษา	70
ภาพ 27 พื้นที่ความเขียวของแปลงศึกษา	76
ภาพ 28 กราฟแสดงการกระจายของเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้	80
ภาพ 29 กราฟแสดงการกระจายของความสูงของต้นไม้	81
ภาพ 30 ต้นไม้เกิดใหม่หลังจากเกิดไฟป่า.....	81
ภาพ 31 กราฟแสดงการกระจายของเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้ตาย	82
ภาพ 32 กราฟแสดงการกระจายของความสูงของไม้ตาย	83
ภาพ 33 ปริมาณการกักเก็บมวลชีวภาพในต้นไม้	84
ภาพ 34 ปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในต้นไม้	85
ภาพ 35 ปริมาณการกักเก็บมวลชีวภาพในไม้ตาย.....	86
ภาพ 36 ปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในไม้ตาย	87
ภาพ 37 ชนิดและลักษณะทางการยภาพของดิน.....	89
ภาพ 38 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน.....	90
ภาพ 39 ปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในดิน	91
ภาพ 40 กราฟแสดงค่าสัดส่วนของแต่ละแปลงศึกษา.....	92
ภาพ 41 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าทั้ง 3 ส่วน.....	93

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศถือเป็นปัญหาสำคัญระดับโลกที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกในปี 2021 สูงขึ้นถึง 1.11 ± 0.13 องศาเซลเซียส (World Meteorological Organization (WMO), 2022) เมื่อเทียบกับช่วงปี 1850–1900 ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ สุขภาพของมนุษย์ เศรษฐกิจและสังคม เช่น ความร้อนสุดขั้ว ปริมาณน้ำฝนที่ตกหนักในบางพื้นที่และความแห้งแล้งในบางภูมิภาค ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่ได้รับผลกระทบและมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 372,716.86 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (IPCC, 2019) ในปี พ.ศ. 2562 มีมาตรการการลดก๊าซเรือนกระจกในสาขาป่าไม้หลายแนวทางที่สามารถนำมาใช้ได้เพื่อเพิ่มการดูดซับคาร์บอน อาทิ เช่น การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน การปลูกป่าใหม่และการฟื้นฟูป่า

มหาวิทยาลัยพะเยาตั้งอยู่ในพื้นที่ป่าเต็งรัง (Deciduous dipterocarp forest) ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 1,997 ไร่ ป่าเต็งรังเป็นป่าโปร่งในพื้นที่แห้งแล้งที่มีดินร่วนปนทรายหรือลูกรัง โดยมีความสูงเฉลี่ยจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่ 512 เมตร มีปริมาณฝนเฉลี่ยปีละ 1,000 – 1,300 มิลลิเมตร (สำนักงานกลุ่มวิจัยจุลอุณหภูมิมหาวิทยาลัย, 2562) ป่าเต็งรังมีบทบาทสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยพะเยาและชุมชนใกล้เคียง โดยช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ รักษาสมดุลธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (เกษราภรณ์ อุ้นเกิด, 2558) เพื่อสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศไทย (Thailand's SDG Progress Report) (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2564) มหาวิทยาลัยพะเยามุ่งมั่นลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยลดการใช้เชื้อเพลิง เพิ่มการดูดซับก๊าซเรือนกระจกผ่านการปลูกป่าและเพิ่มจำนวนต้นไม้ ใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อลดการใช้ทรัพยากรอื่น ๆ และชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการซื้อ Carbon Credit

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการตรวจวัดคาร์บอนที่และความหลากหลายทางชีวภาพที่บ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของป่าไม้และความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนของในพื้นที่ป่าเต็งรัง ทำฐานข้อมูลจำนวนและชนิดพันธุ์ไม้ของในพื้นที่ป่าเต็งรังในมหาวิทยาลัยพะเยา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังในพื้นที่มหาวิทยาลัยพะเยา
2. เพื่อทำฐานข้อมูลชนิดพันธุ์ไม้ของป่าเต็งรังในพื้นที่ มหาวิทยาลัยพะเยา

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในป่าเต็งรังในพื้นที่มหาวิทยาลัยพะเยา ซึ่งที่ทำการสำรวจเป็นพื้นที่ป่าธรรมชาติเป็นหลัก



ภาพ 1 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา

ที่มา: ภาพถ่ายทางดาวเทียม Google Earth, 2565

1. ขอบเขตพื้นที่

พื้นที่ป่าเต็งรังในมหาวิทยาลัยพะเยา ที่ครอบคลุมพื้นที่ 1,997 ไร่ การศึกษาเฉพาะพื้นที่สีเขียว 1,652 ไร่ สูงจากระดับน้ำทะเล 512 เมตร (สำนักงานกลุ่มวิจัยจุลอุณหภูมิมหาวิทยาลัย, 2562) เป็นดินต้นถึงลึกปานกลางถึงชั้นลูกรังหนาแน่นตั้งแต่ประมาณ 30–60 ซม. จากผิวดิน ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายสีน้ำตาล (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน, 2566) ปริมาณฝนเฉลี่ยประมาณ

1,000 – 1,300 มิลลิเมตร โดยที่บริเวณอำเภอเมืองมีปริมาณฝนตลอดปีประมาณ 1,151.4 มิลลิเมตร (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2566)

2. ขอบเขตระยะเวลาการเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลในช่วงฤดูร้อน ในวันที่ 4 เดือนเมษายน พ.ศ. 2566 – วันที่ 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2566

3. ขอบเขตวิธีการประเมินที่เลือกใช้

ประเมินการกักเก็บคาร์บอนของพื้นที่ป่าเต็งรัง มหาวิทยาลัยพะเยา โดยใช้วิธีตามระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ (T-VER-S-METH-13-02) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(อบก.), 2566) เริ่มใช้ 1 มีนาคม 2566 การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่าและการเพิ่มพูนการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าในระดับโครงการ

4. ขอบเขตข้อมูล

4.1 ประเมินพรรณไม้ที่แสดงคุณลักษณะของป่าเต็งรังอย่างชัดที่สุดคือไม้ผลัดใบในวงศ์ยาง (ภาคิวิชานวัฒนาวิทยา, 2550) ได้แก่ เต็ง (*Shorea obtusa* Wall.) รัง (*Shorea siamensis* Miq.) พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.)

4.2 คำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ โดยใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร ความสูงทั้งหมดของต้นไม้และใช้การคำนวณตามระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ (T-VER-TOOL-FOR/AGR-01)

4.3 การคำนวณการสะสมคาร์บอนในดิน โดยใช้ข้อมูลจากการการสุ่มเก็บของตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของอินทรีย์วัตถุในดิน ใช้การคำนวณตามระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ (T-VER-TOOL-FOR/AGR-02)

4.4 การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของไม้ตายและเศษซากพืช โดยใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร ความสูงทั้งหมดของต้นไม้และใช้การคำนวณตามระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ (T-VER-TOOL-FOR/AGR-03)

5. ขอบเขตพืช

ทำการศึกษาไม้ยืนต้นในป่าเต็งรัง ประเภทป่าผลัดใบที่สูงมากกว่า 1.30 เซนติเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร มีขนาดมากกว่า 4.5 เซนติเมตรและมีรายชื่อ 34 พันธุ์ไม้ (ตาราง 1)

ตาราง 1 พันธุ์ไม้ที่ทำการศึกษา

ลำดับ	ชื่อทั่วไป	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อวงศ์
1	ก่อ	<i>Quercus oideocarpa</i> Korth.	FAGACEAE
2	ก่อแพะ	<i>Quercus kerrii</i> Craib.	FAGACEAE
3	ก่อหยุ่ม	<i>Castanopsis argyrophylla</i> King ex Hook. f.	FAGACEAE
4	กางขี้มอด	<i>Albizia odoratissima</i> (L.f.) Benth.	FABACEAE (LEGUMINOSAE– MIMOSOIDEAE)
5	กางหลวง	<i>Albizia chinensis</i> (Osbeck) Merr.	FABACEAE (LEGUMINOSAE– MIMOSOIDEAE)
6	เก็ดแดง	<i>Dalbergia assamica</i> Benth.	FABACEAE LEGUMINOSAE– PAPILIONOIDEAE
7	เก็ดดำ	<i>Dalbergia cultrata</i> Graham ex Benth.	FABACEAE LEGUMINOSAE– PAPILIONOIDEAE
8	ชิงช้าง	<i>Dalbergia oliveri</i> Gamble ex Prain.	FABACEAE (LEGUMINOSAE– PAPILIONOIDEAE)
9	แข่งกวาว	<i>Wendlandia tinctoria</i> (Roxb.) DC.	RUBIACEAE
10	แคหางค่าง	<i>Markhamia stipulata</i> Seem.ex K. Schum. Var. <i>kerrii</i> Sprague	BIGNONIACEAE
11	ค้ำมอกน้อย	<i>Gardenia obtusifolia</i> Roxb.	RUBIACEAE
12	ค้ำมอกหลวง	<i>Gardenia sootepensis</i> Hutch.	RUBIACEAE
13	ดาวราย	<i>Craibiodendron stellatum</i> W.W. Smith.	ERICACEAE
14	ตับเต่าตัน	<i>Diospyros ehretioides</i> Wall. ex G.Don	EBENACEAE
15	ตีนนก	<i>Vitex limonifolia</i> Wall. Ex Walp.	VERBENACEAE

ตาราง 1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อทั่วไป	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อวงศ์
16	เต็ง	<i>Shorea obtusa</i> Wall.	DIPTEROCARPACEAE
17	กระพี้จั่น	<i>Millettia brandisiana</i> Kurz.	FABACEAE
18	กระพี้เขาควาย	<i>Dalbergia cultrata</i> Graham ex Benth.	FABACEAE
19	ประดู่	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz.	FABACEAE (LEGUMINOSAE– PAPILIONOIDEAE)
20	ปอຍາບ	<i>Colona fragrocarpa</i> (C.B. Clarke) Craib.	TILIACEAE
21	พลวง	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	DIPTEROCARPACEAE
22	มะกอกเกลี้อ่อน	<i>Canarium subulatum</i> Guillaumin.	BURSERACEAE
23	มะม่วงหาวมะงว้น	<i>Buchanania lanzan</i> Spreng.	ANACARDIACEAE
24	รกฟ้า	<i>Terminalia alata</i> B. Heyne ex Roth.	COMBRETACEAE
25	รัก	<i>Calotropis gigantea</i> (Linn.) R.Br.	ASCLEPIADACEAE
26	รักขาว	<i>Semecarpus cochinchinensis</i> Engl.	ANACARDIACEAE
27	รักน้อย	<i>Gluta obovata</i> Craib.	ANACARDIACEAE
28	รักใหญ่	<i>Gluta usitata</i> (Wall.) Ding Hou.	ANACARDIACEAE
29	รัง	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	DIPTEROCARPACEAE
30	ส้าน	<i>Dillenia obovata</i> (Blume) Hoogland.	MORACEAE (T)
31	แสลงใจ	<i>Strychnos nux-vomica</i> L.	STRYCHNACEAE
32	หว่า	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels.	MYRTACEAE
33	เหมือดโสด	<i>Aporosa villosa</i> (Wall. ex Lindl.) Baill.	SYMPLOCACEAE (ST) (NULL)
34	เหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	DIPTEROCARPACEAE

นิยามศัพท์

ไม้ยืนต้น หมายถึง เป็นพืชที่มีเนื้อไม้ขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่มีลำต้นเดี่ยว ๆ เห็นลำต้นชัดเจนและแตกกิ่งก้านสาขาตอนบนของลำต้นและลำต้นแตกนางหรือมีหลายลำต้น

ป่าเต็งรัง (Deciduous Dipterocarp Forest หรือ Dry Dipterocarp Forest) หมายถึง พืชป่าผลัดใบ (deciduous forest) ปกติจะขึ้นในพื้นที่แห้งแล้งที่มีระยะ 5 – 6 เดือนต่อปี ได้รับปริมาณน้ำฝน 900 – 1,200 มิลลิเมตรต่อปี ในภาคเหนือป่าเต็งรัง มักจะขึ้นตามภูเขาที่มีโขดหินดินตื้นและมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีหินลูกรังปะปน ต้นไม้ที่พบกระแจะ แกรน คดอง ขึ้นกระจายอยู่ห่าง ๆ ในพื้นที่ค่อนข้างราบจะเป็นดินทราย

การกักเก็บคาร์บอน (Carbon Stock หรือ Carbon Storage) หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนแปลงรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศมากักเก็บไว้ในมวลชีวภาพ เพื่อลดการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ โดยอาศัยกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมากักเก็บสะสมไว้ในมวลชีวภาพ

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas; GHG) หมายถึง เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อน หรือรังสีอินฟราเรดได้ดี ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มีเทน (CH₄) ไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) ก๊าซไนโตรเจนไตร-ฟลูออไรด์ (NF₃) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆) เป็นต้น ก๊าซเหล่านี้มีความจำเป็นต่อการรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศของโลกให้คงที่ เนื่องจากสามารถดูดซับรังสีความร้อนไว้ในเวลากลางวัน แล้วค่อย ๆ คายหรือแผ่รังสีความร้อนออกมาในเวลากลางคืน ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศโลกไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553)

เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (Diameter at breast height; DBH) หมายถึง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้วัดที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน

สมการแอลโลเมตรี หมายถึง สมการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งและขนาดของต้นไม้โดยทั่วไปนิยมใช้เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (ความสูง 1.30 เมตร จากพื้นดิน) และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ในกรณีเป็นกล้าไม้มักจะใช้ขนาดความโตที่โคนต้นแทนขนาดความโตที่เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก

อินทรีย์คาร์บอนในดิน (Soil Organic Carbon) หมายถึง การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ (Organic matter) ที่สะสมในดินที่อยู่ในรูปของอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon) ในแร่ธาตุหรืออินทรีย์วัตถุตามความลึกที่กำหนด (โดยทั่วไปที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร แต่บางครั้งวัดถึงความลึกระดับ 1 เมตร)

มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above Ground Biomass: AGB) หมายถึง น้ำหนักแห้งทุกส่วนของต้นไม้ที่อยู่เหนือพื้นดิน ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ ดอก และผล โดยใช้สมการแอลโลเมตรี แหล่งกักเก็บคาร์บอนของโครงการประเภทป่าไม้

มวลชีวภาพใต้ดิน (Below Ground Biomass: BLG) หมายถึง น้ำหนักแห้งส่วนของต้นไม้ที่อยู่ใต้ดิน

ไม้ตาย หมายถึง ต้นไม้ที่ล้มหรือยืนต้นตาย

(Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER) หมายถึง โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย

METH (Methodology) หมายถึง ระเบียบวิธีการในการลดก๊าซเรือนกระจก

TOOL หมายถึง เครื่องมือการคำนวณมวลชีวภาพจนกระทั่งประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1. ได้ฐานข้อมูลพันธุ์พืชและเป็นข้อมูลพื้นฐานสนับสนุนชนิดพันธุ์ไม้ในพื้นที่ป่าเต็งรัง มหาวิทยาลัยพะเยา
2. ทราบปริมาณคาร์บอนที่สามารถกักเก็บได้ของในพื้นที่ป่าเต็งรัง มหาวิทยาลัยพะเยา ซึ่งสามารถนำเสนอเป็นแนวทางการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของมหาวิทยาลัยพะเยา

บทที่ 2

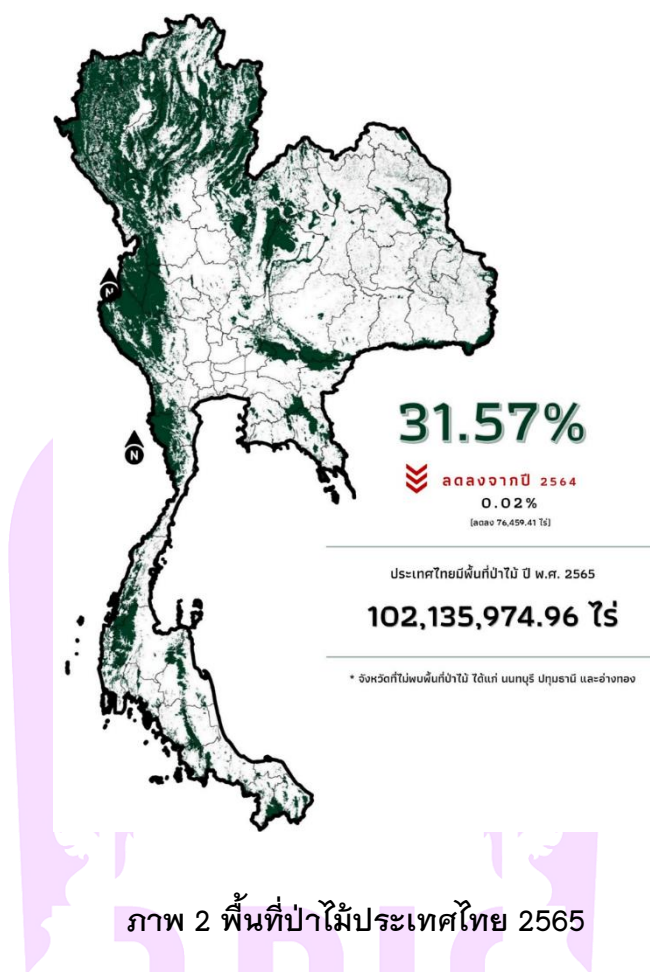
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่องประเมินการกักเก็บคาร์บอนของพื้นที่ในป่าเต็งรัง มหาวิทยาลัยพะเยา ได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยสรุปเนื้อหาตามลำดับดังต่อไปนี้

สถานการณ์และความสำคัญของป่าไม้ในประเทศ

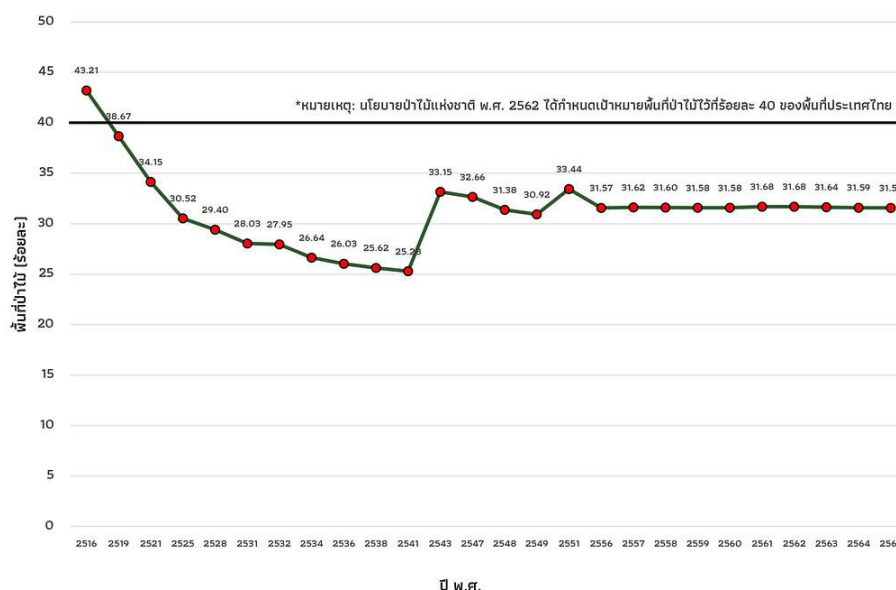
ข้อมูลพื้นที่ประเทศไทยในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้สำหรับการคำนวณร้อยละพื้นที่ป่าไม้รายจังหวัดเท่ากับ 517,645.92 ตารางกิโลเมตร หรือ 323,528,699.65 ไร่ (กรมป่าไม้, 2565)

จากสถานการณ์การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน โดยเมื่อ ปี พ.ศ. 2516 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด 138,566,875 ไร่ หรือร้อยละ 43.21 ของพื้นที่ประเทศ ล่าสุดใน ปี 2565 ประเทศไทยมีพื้นที่ที่มีสภาพป่าไม้เพียงร้อยละ 31.57 ของพื้นที่ประเทศไทยหรือคิดเป็น 102,135,974.96 ไร่ ซึ่งลดลงจากปี 2564 ประมาณร้อยละ 0.02 คิดเป็น 76,459.41 ไร่ อย่างไรก็ตามจากรายงานสถานการณ์ป่าไม้ของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 – 2565 พบว่ามีอัตราการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ค่อนข้างจะคงที่และในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันพื้นที่ป่าไม้ของไทยมีการลดลงต่อเนื่อง สาเหตุสำคัญที่ทำให้พื้นที่ป่าไม้ลดลง ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Change) การเกิดจากปัญหาไฟป่า (Forest Fire) หรือการบุกรุกทำลายป่า เป็นต้น (กรมป่าไม้, 2565)



ที่มา: สำนักงานจัดการที่ดินป่าไม้ กรมป่าไม้, 2565

ทั้งนี้ตามประกาศนโยบายป่าไม้แห่งชาติเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ทั้งป่าเพื่อการอนุรักษ์และเพื่อเศรษฐกิจ กำหนดให้ประเทศไทยควรมีพื้นที่ป่าอย่างน้อยร้อยละ 40 ของพื้นที่ประเทศหรือเท่ากับ 129,411,479.86 ไร่ ดังนั้นทุกภาคส่วนทั้งภาครัฐและเอกชนจึงมีหน้าที่ที่จะต้องเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ให้ได้ตามเป้าหมายดังกล่าวอย่างน้อย 27,057,995.10 ไร่ พื้นที่ป่าไม้เปรียบเสมือนเป็นสถานที่เก็บรวบรวมความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตนานาชนิดเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนจากชั้นบรรยากาศไว้ในรูปแบบของเนื้อไม้ซึ่งเป็นกลไกหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่มีอยู่ในชั้นบรรยากาศของโลก ดังนั้นการจัดทำข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้รายปีอย่างต่อเนื่องจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากที่จะทำให้ทราบถึงขอบเขตของพื้นที่ป่าไม้ที่ชัดเจนและถูกต้องสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้ในทุกมิติได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพ 3 สถิติพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย ปี พ.ศ.2516 – 2565

ที่มา: สำนักจัดการที่ดินป่าไม้ กรมป่าไม้, 2565

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2516 ถึง พ.ศ. 2565 สามารถพิจารณาเป็นสองช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2516 ถึง พ.ศ. 2541 และช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543 ถึง พ.ศ. 2565 เนื่องจากมาตราส่วนที่ใช้ในการปฏิบัติงานมีความแตกต่างกัน กล่าวคือก่อนปี พ.ศ. 2543 ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยกรมป่าไม้จัดทำขึ้นจากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายเทียมที่มาตราส่วน 1:250,000 ภายหลังจากปี พ.ศ. 2543 มีการเปลี่ยนแปลงมาตราส่วนที่ใช้สำหรับการจัดทำข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้เป็น 1:50,000 (กรมป่าไม้, 2565) และมีการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (geographic information system : GIS) มาใช้ในการจัดทำข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย ดังนั้นผลจากการกำหนดมาตราส่วนของภาพถ่ายเทียมที่แตกต่างกันดังกล่าว ทำให้ตัวเลขพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน

ทั้งนี้การที่จะรักษาพื้นที่ป่าไทยให้ได้ครบตามเป้าหมาย 40% อาจจะต้องมุ่งไปที่ป่าเศรษฐกิจและป่าชุมชนโดยการปลดล็อกกฎหมายเพื่อให้คนหันมาสนใจในการปลูกป่าเศรษฐกิจมากขึ้นในพื้นที่ของตนหรือพื้นที่ที่ได้รับอนุญาต หากสถานการณ์ป่าไม้ไทยลดลงไปกว่านี้ก็จะถูกทำลายโดยนโยบายของรัฐ เช่น การเพิ่มพื้นที่เขื่อน การตัดถนนผ่านป่า เป็นต้น

สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ป่าไม้ ข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกจัดทำขึ้นจากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายเทียมในแต่ละปีสามารถนำมาใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลง

สภาพพื้นที่ป่าไม้รายปีโดยใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (geographic information system: GIS) ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นมีได้ 3 รูปแบบ คือ พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น พื้นที่ป่าไม้ลดลงและพื้นที่ป่าไม้ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นมีสาเหตุสำคัญ ได้แก่ การขยายตัวของพื้นที่ป่าไม้ตามธรรมชาติ (natural forest expansion) การปลูกป่าเพื่อประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจ เช่น สวนป่า (plantation) หรือการปลูกป่าเพื่อการอนุรักษ์ความหลากหลายของต้นไม้และสิ่งมีชีวิต

พื้นที่ป่าไม้ลดลงมีสาเหตุที่สำคัญ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use change) จากพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่ที่ไม่ใช่ป่าไม้เช่น พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูกสร้างหรือเกิดจากปัญหาไฟป่า (forest fire)

ลักษณะทั่วไปของป่าเต็งรัง (Deciduous dipterocarp forest หรือ Dry dipterocarp)

ป่าเต็งรัง เป็นพบมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณร้อยละ 80 ของป่าชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่ในภาคนี้ทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบทั่วไปในภาคเหนือและค่อนข้างกระจัดกระจายลงมาทางภาคกลาง พบทั้งในที่ราบและเขาที่ต่ำกว่า 1,000 เมตรลงมาขึ้นได้ในที่ดินดินค่อนข้างแห้งแล้งเป็นดินทรายหรือดินลูกรัง ถ้าเป็นดินทรายก็มีความร่วนสึกระบายน้ำได้ดี ฤดูกาลแบ่งแยกค่อนข้างชัดเจนระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้งปกติต้องมีช่วงแห้งแล้งจัดเกินกว่า 4 เดือนต่อปี ปริมาณน้ำฝนอยู่ในช่วง 900–1,200 มิลลิเมตรต่อปี แต่ไม่สามารถจะเก็บรักษาความชุ่มชื้นไว้ได้เพียงพอในฤดูแล้ง ถ้าเป็นดินลูกรังดินจะตื้นมีสีค่อนข้างแดงคล้ำบางแห่งจึงเรียกป่าชนิดนี้ว่า “ป่าแดง”

ลักษณะของป่าเต็งรังเป็นป่าโปร่งประกอบด้วยต้นไม้ผลัดใบขนาดกลางและขนาดเล็ก ขึ้นห่าง ๆ กระจัดกระจายไม่ค่อยแน่นทึบพื้นป่ามีหญ้าและไผ่กระจุกพวกไผ่เพ็ก ไผ่จืด *Vietnamosasa* spp. ขึ้นทั่วไป มีลูกไม้ค่อนข้างหนาแน่นทุกปีจะมีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นประจำทำให้ลูกไม้บางส่วนถูกไฟไหม้ตายทุกปีปกติไฟป่ามักเกิดขึ้นช่วงเดือนธันวาคมไปจนถึงเดือนมีนาคม ไฟเป็นปัจจัยสำคัญต่อการจัดโครงสร้างการคงชนิดพันธุ์ในสังคมและการสืบพันธุ์ของไม้ในพื้นที่จนกว่าลูกไม้นั้น ๆ จะสะสมอาหารไว้ในรากได้เพียงพอจึงจะเติบโตขึ้นสูงพ้นอันตรายจากไฟป่าได้ บางพื้นที่ที่เป็นที่ราบมีดินทรายค่อนข้างลึกดินไม้มักจะมีขนาดสูงและใหญ่ขึ้นเป็นกลุ่ม ๆ แน่นคล้ายป่าเบญจพรรณ เช่น ป่าเต็งรังบนที่ราบทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือบางแห่งมักจะพบกลุ่มไม้ที่มีลักษณะสมบูรณ์ ได้แก่ ยางกราด *Dipterocarpus intricatus*, เพียง *D. obtusifolius* และพลวง *D. tuberculatus* ป่าเต็งรังที่ค่อนข้างแคระแกร็นพบบนภูเขาภาคเหนือที่มีดินดินตามไหล่เขาและสันเขาบริเวณที่แห้งแล้งมากที่สุดจะพบรัง *Shorea siamensis* ขึ้นเกือบเป็นกลุ่ม

เดียวกันล้วน ๆ ส่วนเต็งจะพบขึ้นปะปนกับพรรณไม้ ทั้ง 4 ชนิดดังกล่าว พรรณไม้ทั้ง 5 ชนิดเป็นกลุ่มไม้อย่าง-เต็ง-รัง ที่ผลัดใบ (deciduous dipterocarp) พบเฉพาะในป่าเต็งรังเท่านั้น และไม้ในชั้นเรือนยอดจะประกอบด้วยพรรณไม้กลุ่มนี้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ส่วนยางกราด *D. intricatus* พบเฉพาะในป่าเต็งรังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ป่าชนิดนี้อาจแบ่งโดยกว้าง ๆ ตามลักษณะโครงสร้างทางด้านตั้งออกได้เป็น 2 สังคมย่อย คือ ป่าเต็งรังสมบูรณ์ลักษณะโครงสร้างของป่าเต็งรังสมบูรณ์โดยทั่วไปมีเรือนยอด 3 ชั้น เรือนยอดไม้บนพืชในชั้นพื้นป่า (forest floor) ปรากฏในพื้นที่ที่มีดินลึกและอุดมสมบูรณ์เรือนยอดชั้นบน มีความสูงประมาณ 25-30 เมตร และป่าเต็งรังแคระเป็นสังคมป่าเต็งรังที่ขึ้นอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างเลวมาก ๆ โดยทั่วไปเรือนยอดทางด้านตั้ง แบ่งได้เป็น 2 ชั้นเรือนยอด ไม้รวมชั้นปกคลุม ผิวดิน เรือนยอดชั้นบนสุดสูงไม่เกิน 15 เมตร ประกอบด้วยไม้ที่ลักษณะคงแสดงถึงความแคระ แก่ยืนเด่นชัดสังคมย่อยของป่าเต็งรังนี้ปรากฏอยู่ในบริเวณสันเขาที่มีความแห้งแล้งจัดหรือพื้นที่ดินตื้นหินโผล่คลุมผิวดินกว้างขวางหรือบนยอดเขาที่มีสภาพจัดถ้าอยู่ในที่ราบมักเป็นพื้นที่ที่เป็นทรายฝนตกน้อย โดยเฉพาะในพื้นที่อัปบนปัจจุบันอาจพบสังคมป่าเต็งรังแคระที่อยู่ในขั้นการทดแทนได้ทั่วไป

เนื่องจากมหาวิทยาลัยพะเยาตั้งอยู่บนพื้นที่ของเทศบาลตำบลแม่กาซึ่งมีความเสี่ยงต่อการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ เนื่องจากชุมชนกึ่งชนบทเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเป็นชุมชนกึ่งเมืองมากยิ่งขึ้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นตัวเร่งให้มีความต้องการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่าไม้ให้กลายเป็นพื้นที่ทางการเกษตร ที่อยู่อาศัยและโครงสร้างพื้นฐานมากขึ้นในปี พ.ศ. 2560 ได้มีการดำเนินโครงการจัดตั้งอุทยานการเรียนรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมเพื่อการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีมหาวิทยาลัยพะเยาขึ้น เพื่อปกป้องพื้นที่ป่าให้เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอน พื้นที่นี้จัดเป็นระบบนิเวศป่าต้นน้ำ ที่ตั้งอยู่ทางทิศเหนือของมหาวิทยาลัยพะเยา โดยส่วนใหญ่แล้ว ป่าเต็งรังมักพบในพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศค่อนข้างแห้งแล้ง ดินมีความสมบูรณ์ต่ำและเก็บกักน้ำได้ไม่ดีแต่เมื่อมีปริมาณความชื้นในดินมากพอก็กลับมีการหมุนเวียนของธาตุอาหารและการไหลของพลังงานได้รวดเร็ว (บุญวงศ์ ไทยอุตสาหะ, 2547) จึงทำให้มีการตอบสนองทางกายภาพต่อการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลที่ชัดเจนแบบสุดขีด (Extreme) ซึ่งความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงนี้ อาจยังคงตอบสนองได้ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (สาโรจน์ วัฒนสุขสกุลและคณะ, 2555)

1. การใช้ประโยชน์จากป่าเต็งรัง (อัณฺชน พิมพ์สุวรรณค์, 2561)

ป่าเต็งรังมีความสัมพันธ์กับวิถีชีวิตของชาวชนบทมาช้านานลักษณะของการใช้ประโยชน์ มีความคล้ายคลึงกับป่าชนิดอื่น ๆ โดยสามารถแยกออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ คือ

1.1 ประโยชน์ทางตรง

1.1.1 สร้างที่อยู่อาศัย เครื่องเรือน รั้ว เครื่องมือทางการเกษตรต่าง ๆ เช่น ด้าม จอบ ด้ามมีด ด้ามเสียม ชนิดของไม้ที่มีการนำมาใช้ เช่น ยางเหียง ยางกราด พลอง เต็งรัง ประดู่ เป็นต้น ในอดีตมีการใช้ใบของยางเหียง พลอง และหญ้าคาทำหลังคาบ้าน

1.1.2 เป็นแหล่งอาหาร ผลผลิตจากป่าเต็งรังเป็นแหล่งรวมอาหารอันอุดมสมบูรณ์มีการเก็บหาทั้งพืชอาหารและสัตว์เพื่อใช้ปรุงเป็นอาหารประจำวัน เช่น เห็ด ผักผลไม้ และเมล็ดพืชหัวอาหารจากสัตว์และแมลงต่าง ๆ

1.1.3 ยารักษาโรค พืชในป่าเต็งรังหลายชนิดมีสรรพคุณเป็นสมุนไพรบางชนิดสามารถนำมาใช้โดยตรง เช่น สدابเลื้อยหรือตงร้าง สามารถนำใบสดมาขยี้ใส่แผลสดเพื่อห้ามเลือดและบางชนิดต้องผสมกับสมุนไพรชนิดอื่น โดยการต้มดื่มฝนยาเพื่อทาภายนอกหรือทำเป็นลูกประคบเพื่อประคบตามผิวหนังซึ่งเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่มีการสืบทอดในสายเครือญาติ

1.1.4 เชื้อเพลิง เศษไม้ กิ่งไม้แห้ง สามารถนำมาทำฟืนและถ่านในอดีตเคยมีการใช้ชัน (ยางไม้) เพื่ออุดรอยรั่วของเรือและเครื่องจักสานเพื่อทำภาชนะใส่น้ำและยางจากต้นยางเพียงสามารถนำมาทำได้เพื่อใช้จุดไฟให้แสงสว่างในเวลากลางคืน

1.1.5 สีย้อม พืชหลายชนิดถูกนำมาสกัดด้วยวิธีอย่างง่ายเพื่อใช้สีสำหรับย้อมผ้าและเครื่องมือจับปลาต่าง ๆ เช่น คราม หว้า ตะโก มะเกลือ เป็นต้น

1.1.6 อาหารสัตว์ หญ้า ใบไม้และผลสุกของพืชบางชนิดสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้

2. ประโยชน์ทางอ้อม

ประโยชน์ทางอ้อมของป่าเต็งรัง มีประโยชน์ทางอ้อมคล้ายคลึงกับป่าไม้ลักษณะอื่น ๆ คือ มีความสำคัญต่อสภาพแวดล้อมการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ เช่น เป็นแหล่งผลิตอากาศบริสุทธิ์ให้กับมนุษย์และสัตว์ใช้ในการหายใจ เป็นแหล่งอาหารและที่อยู่อาศัยของสัตว์ ช่วยดูดซับน้ำให้ความชุ่มชื้นในดินเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร ช่วยลดการกัดเซาะของหน้าดิน ช่วยบรรเทาความรุนแรงของภัยธรรมชาติความสวยงามตามธรรมชาติของระบบนิเวศป่าไม้สามารถใช้เป็นแหล่งท่องเที่ยวและพักผ่อนหย่อนใจรวมถึงเป็นแหล่งศึกษาทางธรรมชาติสำหรับเยาวชนและป่าไม้ยังมีบทบาทสำคัญในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากชั้นบรรยากาศช่วยลดก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุหลักในการเกิดภาวะโลกร้อนอีกด้วย

ปรากฏการณ์ภาวะเรือนกระจก

ชั้นบรรยากาศทำหน้าที่เช่นเดียวกับเรือนกระจกในการเก็บกักความร้อนไว้ภายในและตัวการสำคัญที่ช่วยเก็บกักความร้อนเรียกว่า “ก๊าซเรือนกระจก (Green House Gas)” แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก โดยมีก๊าซสำคัญ 7 ชนิดในกลุ่มก๊าซเรือนกระจก (green house gas) ก๊าซเหล่านี้เกิดทั้งตามธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ส่วนใหญ่ได้มาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิลในภาคพลังงาน การทำอุตสาหกรรม การตัดไม้ทำลายป่าหรือแม้กระทั่งการทำฟาร์ม ปศุสัตว์และการเพาะปลูกคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมัน ถ่านหิน การเผาไม้ต่าง ๆ หรือแม้กระทั่งการตัดไม้ทำลายป่า มีเทน (CH_4) เกิดจากกระบวนการหมักในธรรมชาติ เช่น บริเวณพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขัง เช่น การทำนา การทำเกษตรกรรมหรือแม้กระทั่งการทำปศุสัตว์และจากการขุดเจาะก๊าซธรรมชาติและเหมืองต่าง ๆ ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) เกิดจากการเผาไหม้ในธรรมชาติคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) ไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นภายในช่วงระยะเวลาไม่นานเมื่อเทียบกับก๊าซ 3 ชนิดแรกที่มีการเกิดในธรรมชาติอยู่แล้ว ก๊าซพวกนี้เกิดขึ้นหลังจากที่มีการทำอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น สารให้ความเย็นตัวทำลายบางอย่างสารดับเพลิงชั้นบรรยากาศทำหน้าที่เก็บกักความร้อนบางส่วน ชั้นบรรยากาศที่ทำให้ก๊าซต่าง ๆ ที่อยู่ในชั้นบรรยากาศและทำให้เกิดเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า “ปรากฏการณ์เรือนกระจก”

สาเหตุของการเกิดภาวะเรือนกระจกการเกิดปรากฏการณ์ภาวะเรือนกระจก (greenhouse effects) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้น เกิดจากความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศที่เพิ่มสูงขึ้นก๊าซเรือนกระจกบางชนิดมีอายุในชั้นบรรยากาศสั้นเมื่อเราหยุดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังกล่าวจะสามารถทำให้ความเข้มข้นในชั้นบรรยากาศของก๊าซนั้น ๆ ลดลงได้แต่ก๊าซเรือนกระจกบางชนิด เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีอายุในชั้นบรรยากาศยาวนาน ทำให้ถึงแม้จะลดปริมาณการปล่อยก๊าซนั้น ๆ ลงแล้วความเข้มข้นในชั้นบรรยากาศจะยังคงไม่ลดลงในทันทีประกอบกับความเฉื่อย (inertia) ของระบบภูมิอากาศการส่งผ่านความร้อนผ่านมวลอันมหาศาลของมหาสมุทรการเปลี่ยนแปลงอย่างเชื่องช้าของแผ่นน้ำแข็งทำให้อุณหภูมิและระดับน้ำทะเลยังคงสามารถเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องถึงแม้ว่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศจะคงที่แล้วก็ตามโดยคาดว่าจะใช้ระยะเวลานานหลายศตวรรษกว่า (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2556)

จากรายงานของ World Resource Institute ในปี 2020 ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ในอันดับที่ 21 ของโลกมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ 417.24 MtCO_2eq หรือคิดเป็น

0.85% ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้งโลก ข้อมูลจาก World Resource Institute (CAIT, 2020) การจัดทำรายงานแห่งชาติเสนอต่อที่ประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาฯ เพื่อเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารของประเทศไทยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมทั้งข้อมูลด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศโดยประเทศไทยได้ทำรายงานแห่งชาติไปแล้ว 2 ครั้ง ฉบับที่ 1 เป็นรายงานแห่งชาติข้อมูลในปี ค.ศ. 1994 โดยส่งในปี ค.ศ. 2000 และฉบับที่ 2 เป็นข้อมูลในปี ค.ศ.2000 โดยส่งในปี ค.ศ.2011 (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2556)

ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทวีความรุนแรงส่งผลให้เกิดความร่วมมือของประชาคมโลกเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ได้แก่ ความตกลงปารีส (Paris Agreement) ซึ่งอยู่ภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) กำหนดให้ทุกประเทศเสนอเป้าหมายและความก้าวหน้าของการดำเนินงานภายในประเทศเพื่อแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นระยะ ทั้งนี้ ความตกลงดังกล่าวมีผลดีในการสร้างกลไกให้เกิดการดำเนินงานเพื่อแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยเฉพาะจากประเทศที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายใหญ่ เช่น สาธารณรัฐประชาชนจีน สหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป 28 ประเทศ และอินเดีย เป็นต้น ทั้งนี้ การลดความรุนแรงของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาวต้องอาศัยความร่วมมือกันของประชาคมโลกไม่สามารถดำเนินการโดยประเทศหนึ่งประเทศใดได้ ซึ่งสอดคล้องกับพระราชดำรัสของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช เนื่องในโอกาสวันเฉลิมพระชนมพรรษา ณ ศาลาดุสิดาลัย สวนจิตรลดา พระราชวังดุสิต เมื่อวันที่ 4 ธันวาคม พ.ศ. 2532 กล่าวถึงความสำคัญของปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศว่าเป็นปัญหาระดับโลกที่ประเทศไทยต้องมีความรับผิดชอบต่อการแก้ไขปัญหาทั้งในระดับประเทศและระดับโลกเพื่อให้ประเทศไทยเติบโตขึ้นอย่างภาคภูมิใจในเวทีโลก ดังนั้น การมีส่วนร่วมของประเทศไทยภายใต้ความตกลงปารีสจึงมีผลผูกพันให้ประเทศไทยต้องเร่งเตรียมความพร้อมในการดำเนินการสร้างศักยภาพในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้วยเช่นกัน (Thailand's Nationally Determined Contribution Roadmap on Mitigation 2021–2030)

ประเทศไทยโดยกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จึงได้มีการจัดตั้งกลไกและกำหนดแผนดำเนินการเพื่อให้ประเทศบรรลุเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกตามที่ได้กำหนดไว้โดยได้จัดตั้งคณะทำงานจัดทำแผนการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศภายใต้คณะอนุกรรมการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านการบูรณาการนโยบายและแผนเพื่อพิจารณาและจัดทำร่างแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564–2573 (Thailand's Nationally

Determined Contribution Roadmap on Mitigation 2021–2030 หรือ NDC Roadmap on Mitigation 2021–2030)



ภาพ 4 การเกิดก๊าซเรือนกระจก

ที่มา: คู่มือการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจก ภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย, 2566

1. ผลกระทบจากก๊าซเรือนกระจก

ผลกระทบจากภาวะโลกร้อนการเกิดภาวะโลกร้อนในปัจจุบันได้ส่งผลกระทบอย่างชัดเจนจนไม่อาจปฏิเสธได้ทำให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในหลายประเทศทั่วโลกให้ความสำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบจากภาวะโลกร้อนในด้านต่าง ๆ จากข้อมูลการรายงานของ IPCC ได้สรุปผลโดยพอสรุปได้ดังต่อไปนี้

2. ผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศ

อุณหภูมิของประเทศไทยได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญโดยในรอบ 40–50 ปีที่ผ่านมาอุณหภูมิในภาพรวมเพิ่มขึ้นประมาณ 1 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) และมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 1–2 $^{\circ}\text{C}$ ในช่วงประมาณปี พ.ศ. 2593 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะส่งผลให้เหตุการณ์สภาวะสุดขั้วของอุณหภูมิ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2559) การศึกษาของ (Limsakul, 2020) พบว่า หากอุณหภูมิโลกเพิ่มขึ้น 1.5 $^{\circ}\text{C}$ ซึ่ง

คาดว่าจะเกิดขึ้นประมาณปี พ.ศ. 2583 อุณหภูมิในภาพรวมของประเทศไทยจะเพิ่มขึ้นประมาณ 1.67°C นอกจากนั้น ศูนย์วิจัยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและพลังงานทดแทนมหาวิทยาลัยรามคำแหง ยังได้คาดการณ์ว่าภายใต้ภาพฉายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตแบบวิถีความเข้มข้นตัวอย่างระดับ 8.5 (Representative Concentration Pathway 8.5: RCP8.5) อุณหภูมิอากาศของไทยในช่วง พ.ศ. 2563–2593 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องประมาณ 2°C เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศช่วงก่อนปฏิวัติอุตสาหกรรม

3. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ

3.1 ระบบนิเวศวิทยาชายฝั่งและพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำอาจถูกน้ำท่วมบริเวณชายฝั่งถูกกัดเซาะและเกิดการสูญเสียที่ดิน

3.2 ความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศวิทยาทางทะเลแปรเปลี่ยนไปกระแสน้ำในมหาสมุทรแปรปรวน ปริมาณคาร์บอนส่วนเกินในมหาสมุทรทำให้น้ำทะเลมีความเป็นกรดมากขึ้นส่งผลให้สิ่งมีชีวิตทางทะเลตกอยู่ในภาวะอันตราย เกิดการย้ายถิ่นที่อยู่ระยะเวลาในการเกิดกิจกรรมตามฤดูกาลเปลี่ยนไปขนาดของสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนไปส่งผลต่อสายพันธุ์และการแข่งขันในการดำรงชีวิตพืชและสัตว์ทะเลชนิดที่ไม่สามารถปรับตัวได้ อาจเกิดการสูญพันธุ์หรือบางชนิดอาจมีการขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วจนก่อให้เกิดมลภาวะทางทะเล

3.3 ระบบนิเวศวิทยาป่าไม้ยังไม่มีข้อมูลแน่ชัดในด้านผลกระทบทางตรงต่อระบบนิเวศวิทยาป่าไม้แต่จากผลกระทบในด้านอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นทำให้พืชจำเป็นต้องมีการปรับตัวเพื่อการมีชีวิตรอดพืชบางชนิดมีความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไป

4. ผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์

ความมั่นคงทางด้านอาหารจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศส่งผลทางลบต่อการเพาะปลูกเนื่องจากการเจริญเติบโตของพืชมีความเกี่ยวข้องกับปริมาณแสง อุณหภูมิ ความร้อน ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศและปริมาณน้ำฝน เมื่อสภาพอากาศและฤดูกาลเปลี่ยนไป จึงส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรรวมทั้งเกิดความเสียหายจากภัยธรรมชาติจึงทำให้อาหารขาดแคลนและมีราคาสูงขึ้น

5. ปัญหาด้านสุขภาพและการใช้ชีวิตประจำวัน

จากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกการเพิ่มของปริมาณน้ำฝนการเกิดสภาพแห้งแล้งหนักความถี่ของการเกิดพายุและความรุนแรงของภัยธรรมชาติส่งผลต่อปัญหาทางสุขภาพร่างกายและการดำรงชีวิตทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคระบาดมากขึ้นเนื่องจากสัตว์ แมลงก่อโรคและเชื้อโรคต่าง ๆ มีการแพร่ระบาดอย่างรวดเร็วจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนและระดับน้ำทะเลทำให้เกิดน้ำท่วมบริเวณพื้นที่ปากแม่น้ำและพื้นที่ราบลุ่มอาจต้องมีการ

อพยพย้ายถิ่นที่อยู่และพื้นที่ทำการเกษตรอาจก่อให้เกิดการแก่งแย่งพื้นที่เพื่อการสร้างที่พักอาศัยและพื้นที่ใช้ประโยชน์

การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing)

การสำรวจจากระยะไกล โดยความหมายรวม Remote Sensing จึงจัดเป็นวิทยาศาสตร์และเป็นการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุพื้นผิวหรือปรากฏการณ์จากเครื่องมือบันทึกข้อมูลโดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้ (สุรภี อิงคากุล, 2548) อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ คลื่นรังสี (Spectral) รูปทรงลักษณะของวัตถุบนพื้นผิวโลก (Spatial) (นวลปราง นวลอุไร, 2548) การเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal) ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลในที่นี้จะหมายถึง ข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพทางเครื่องบินในระดับต่ำที่เรียกว่า ภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Photo) และข้อมูลที่ได้จากการบันทึกภาพจากดาวเทียมในระดับสูงกว่า เรียกว่า ภาพถ่ายจากดาวเทียม (Satellite Image) ซึ่งมีความหมายรวมถึง การทำแผนที่ การแปลภาพถ่าย ธรณีวิทยาเชิงภาพถ่าย เป็นต้น

องค์ประกอบที่สำคัญของการสำรวจข้อมูลระยะไกล คือ คลื่นแสง ซึ่งเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติไม่ว่าเป็นพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์หรือเป็นพลังงานจากตัวเอง ซึ่งระบบการสำรวจข้อมูลระยะไกลโดยอาศัยพลังงานแสงธรรมชาติเรียกว่า Passive Remote Sensing ส่วนระบบบันทึกที่มีแหล่งพลังงานที่สร้างขึ้นและส่งไปยังวัตถุเป้าหมาย เรียกว่า Active Remote Sensing เช่น ระบบเรดาร์ เป็นต้น

สำรวจทรัพยากรข้อมูลจากดาวเทียม

ดาวเทียม Landsat 8 เป็นหนึ่งในดาวเทียมในโครงการ Landsat ที่ดำเนินการโดย NASA และ USGS (United States Geological Survey) ซึ่งปล่อยขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2556 Landsat 8 มีเซ็นเซอร์สองตัวหลักที่ใช้ในการเก็บข้อมูล: Operational Land Imager (OLI) และ Thermal Infrared Sensor (TIRS) ที่ระดับความสูงจากพื้นโลกประมาณ 705 กิโลเมตร ถ่ายภาพในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสะท้อนเชิงสเปกตรัม (Spectrum signature) ของแต่ละช่วงคลื่น ในภาพถ่ายดาวเทียม กับปริมาณมวลชีวภาพของพืชพรรณไม้ในแปลงตัวอย่าง โดยใช้แนวทางการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นเรือนยอด (Forest Canopy Density : FCD) และความเปลี่ยนแปลงของสังคมพืช

1. ความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) : ภาพถ่ายจาก OLI มีความละเอียดเชิงพื้นที่อยู่ที่ 30 เมตรสำหรับแถบสี Multi-Spectral (ยกเว้นแถบ Panchromatic ที่มีความละเอียด

15 เมตร) ส่วน TIRS มีความละเอียดเชิงพื้นที่อยู่ที่ 100 เมตร (ข้อมูลจะถูกนำไป resample ให้เป็น 30 เมตรเพื่อให้ตรงกับข้อมูลจาก OLI)

2. ความละเอียดเชิงเวลา (Temporal Resolution) : Landsat 8 จะทำการถ่ายภาพพื้นที่ตำแหน่งเดิมทุก ๆ 16 วัน ซึ่งหมายความว่าเราจะได้ภาพใหม่ทุก ๆ 16 วันสำหรับพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง

3. ความละเอียดเชิงสเปกตรัม (Spectral Resolution) : Landsat 8 มี 11 แถบสเปกตรัมที่ครอบคลุมช่วงแสงที่มองเห็นได้, ใกล้อินฟราเรด, ลึกลับอินฟราเรดและอินฟราเรดความยาวคลื่นกลาง แสดงใน (ตาราง 2)

ตาราง 2 ข้อมูลการบันทึกช่วงคลื่นของดาวเทียม Landsat 8 OLI

แบนด์	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	ช่วงคลื่น	ความละเอียดเชิงพื้นที่ (เมตร)
1	0.43 – 0.45	Coastal Aerosol	30
2	0.45 – 0.51	Blue	30
3	0.53 – 0.59	Green	30
4	0.64 – 0.67	Red	30
5	0.85 – 0.88	Near Infrared (NIR)	30
6	1.57 – 1.65	SWIR 1	30
7	2.11 – 2.29	SWIR 2	30
8	0.50 – 0.68	Panchromatic	15
9	1.36 – 1.38	Cirrus	30
10	10.60 – 11.19	Thermal IR (TIRS 1)	100
11	11.50 – 12.51	Thermal IR (TIRS 2)	100

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2559

การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณด้วย (NDVI) และ (FCD)

ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index) คือค่าที่บอกถึงสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นผิวโดยคำนวณจากการนำช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องข้องกับพืชพรรณมาทำสัดส่วนต่อกัน วิธีการที่นิยมใช้มากอย่างหนึ่งเรียกว่า Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) เป็นการนำค่าสะท้อนของพื้นผิวระหว่างช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรดกับช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดงมาทำสัดส่วนกับค่าผลบวกของทั้งสองช่วงคลื่นเพื่อปรับให้เป็นลักษณะการกระจายแบบปกติ ทำให้ค่า NDVI มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งจะช่วยในการแปลผลได้ง่ายขึ้น โดยที่ค่าน้อยกว่า 0 เป็นพื้นที่ที่ไม่มีพืชปกคลุมอยู่เลย เช่น ทะเล หนอง คลอง บึง และค่าเท่ากับ 0 เป็นพื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุม

อยู่น้อยหรือไม่มีพืชปกคลุม ในขณะที่ค่าเท่ากับ 0.8 หรือ 0.9 หมายถึงพืชพรรณใบเขียวหนาแน่นมาก เช่น พื้นที่ป่า ซึ่งในพื้นที่ดังกล่าว กรณีที่พื้นผิวมีพืชพรรณปกคลุมจะมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่น

อินฟราเรดสูงกว่าช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดงทำให้ NDVI มีค่าเป็นบวก ในขณะที่พื้นผิวดินจะมีค่าการสะท้อนระหว่างสองช่วงคลื่นใกล้เคียงกันทำให้ NDVI มีค่าใกล้เคียง 0 ส่วนกรณีที่พื้นผิวเป็นน้ำจะมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรดต่ำกว่าช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง ทำให้ NDVI มีค่าติดลบทั้งนี้โดยปกติค่านี้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 0.7 เท่านั้นโดยมีสมการ

NDVI คือ $(NIR - Red) / (NIR + Red)$

NDVI คือ ดัชนีพืชพรรณโดยวิธี Normalized Difference Vegetation Index

NIR คือ ช่วงคลื่นได้แดงใกล้หรืออินฟราเรดใกล้

RED คือ ช่วงคลื่นที่ตามองเห็นแสงสีแดง

การวิเคราะห์ความหนาแน่นของเรือนยอด (Forest Canopy Density: FCD) ซึ่งเป็นหนึ่งในพารามิเตอร์ที่สำคัญที่สุดสำหรับการประเมินสภาพป่าไม้ เพื่อการวางแผนการดำเนินการฟื้นฟูและแนวทางการจัดการโดยรวมของป่าไม้ (A. Rikimaru, 1999) โดยได้อาศัยการใช้ข้อมูลที่ได้จากการบูรณาการของดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index: VI) ดัชนีความเป็นดิน (Bare Soil Index: BI) ดัชนีความเป็นเงา (Shadow Index: SI) และดัชนีความร้อน (Thermal Index: TI) ซึ่งประสบความสำเร็จเป็นอย่างมากในพื้นที่เขตร้อน (A. Rikimaru, 2002) นอกจากนี้ (J. Kumar, 2017) ยังได้มีการใช้ FCD ในการทำแผนที่ป่าไม้ปกคลุมและประเมินความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ ซึ่งมีความถูกต้องทั้งหมดสูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ รวมไปถึงการประเมินการเปลี่ยนแปลงและการแตกกระจายของผืนป่า มีค่าความถูกต้องทั้งหมด 85 เปอร์เซ็นต์ ถูกแบ่งออกเป็นสี่ประเภทของความหนาแน่นของทรงพุ่มป่า ความหนาแน่นของป่าหนาแน่น 85 ถึง 100% ความหนาแน่นของป่าปานกลาง 50 – 85% ความหนาแน่นของป่าต่ำ 15 – 50% และไม่ใช้ป่า 15% จากข้อมูลข้างต้น เห็นได้ถึงความสำคัญของการนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ อันได้แก่ ภาพถ่ายจากดาวเทียม ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และระบบการกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก มาใช้ในการจำแนกและติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการปกคลุมเรือนยอดของพืชพรรณ นำไปสู่การประเมินการปกคลุมของป่าไม้ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสมบูรณ์ของป่า อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ในการจัดการและวางแผนอนุรักษ์ป่าไม้ ทำให้ทราบตำแหน่งพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกทำลาย นำไปสู่การดำเนินการเฝ้าระวังและรักษาพื้นที่ป่าอนุรักษ์ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

หลักการสำคัญของ ISO 14064 ต่อการลดก๊าซเรือนกระจก (มาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อม 2018)

1. รายละเอียดของมาตรฐาน ISO 14064 มาตรฐานสากลว่าด้วยการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นมาตรฐานการจัดการก๊าซเรือนกระจกซึ่งทำให้ภาคธุรกิจสามารถวัดและรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของพวกเขาสอดคล้องกับระดับที่ทั่วโลกยอมรับ องค์การสามารถเตรียมความพร้อมในการดำเนินการแบบสากลโดยใช้กฎเกณฑ์และขั้นตอนเดียวกันทั้งหมดได้ พัฒนาแนวทางการจำกัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผ่านข้อบังคับอันหลากหลายและโปรแกรมที่เป็นแรงจูงใจ แนวทางการค้าภาษีโปรแกรมความสมัครใจสนธิสัญญาระดับนานาชาติและโครงการปล่อยคาร์บอน เช่น California Climate Action Registry, EU GHG, EU GHG Emissions Trading Scheme, US EPA Climate Leaders, Climate Neutral Network, Australia GHG Challenge, UK Emissions Trading Scheme และอื่น ๆ โครงการที่ริเริ่มขึ้นเหล่านี้ต่างมุ่งเน้นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก องค์การไอเอสโอจึงออกมาตรฐาน ISO 14064 เพื่อช่วยให้เกิดความชัดเจนและสอดคล้องกับข้อมูลเฉพาะด้านปริมาณการควบคุม การรายงานและการยืนยันความถูกต้องเกี่ยวกับก๊าซเรือนกระจก ISO 14064 แบ่งออกเป็น 3 ส่วน

1.1 มาตรฐาน ISO 14064-1 : 2018 เป็นมาตรฐานว่าด้วยเรื่องหลักการและข้อกำหนดระดับองค์กรสำหรับการวัดปริมาณและการรายงานผลการปลดปล่อยและลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก รวมถึงข้อกำหนดสำหรับการออกแบบการพัฒนา การจัดการ การรายงานและการทวนสอบบัญชีรายการปลดปล่อยและการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กร

1.2 มาตรฐาน ISO 14064-2 : 2019 เป็นมาตรฐานว่าด้วยเรื่องข้อกำหนดและข้อแนะนำสำหรับการวัดปริมาณก๊าซเรือนกระจกการติดตามตรวจสอบและการรายงานกิจกรรมมีวัตถุประสงค์ในการลดการปล่อยหรือเพิ่มการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในระดับโครงการ ข้อกำหนดครอบคลุมถึงการวางแผนโครงการ การระบุและเลือกแหล่งกำเนิด แหล่งดูดซับและแหล่งกักเก็บที่เหมาะสมกับโครงการ การติดตามตรวจสอบ การวัดปริมาณ การจัดทำเอกสาร การรายงานผลการดำเนินโครงการ และการจัดการคุณภาพข้อมูล

1.3 มาตรฐาน ISO 14064-3 : 2019 เป็นมาตรฐานว่าด้วยเรื่องข้อกำหนดและข้อแนะนำสำหรับการทวนสอบและการยืนยันความถูกต้องของรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจก สามารถประยุกต์ใช้ได้กับการแสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กรโครงการและผลิตภัณฑ์ กลุ่มมาตรฐาน ISO 14060

นอกจากนี้ ISO 14064-3 ยังระบุถึงข้อกำหนดสำหรับการเลือกผู้ตรวจสอบหรือผู้ยืนยัน โดยมีการตั้งระดับของการรับรองจุดประสงค์ บรรทัดฐานและขอบเขตการตัดสินใจเกี่ยวกับผู้

ตรวจสอบหรือผู้ยืนยันการประเมินข้อมูลก๊าซเรือนกระจก ความรู้การควบคุมและระบบข้อมูล วิธีการประเมินการตรวจสอบการเตรียมตัวเพื่อการตรวจสอบและการยืนยันความถูกต้อง

2. ประโยชน์จากระบบการจัดการและการตรวจสอบความถูกต้องของแก๊สเรือนกระจก ISO 14064 การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีผลกระทบต่อทั้งมนุษย์และระบบธรรมชาติ และสามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในการใช้ทรัพยากรการผลิตและกิจกรรมทางเศรษฐกิจในทางตรงกันข้ามการริเริ่มระดับนานาชาติระดับภูมิภาคระดับประเทศและระดับท้องถิ่นเพื่อจำกัดความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศโลกกำลังได้รับการพัฒนาและนำไปปฏิบัติ มาตรการดังกล่าวสำหรับก๊าซเรือนกระจกขึ้นอยู่กับการคำนวณการตรวจสอบการรายงานและการตรวจสอบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและหรือการกำหนดเป็นมาตรฐานที่กำหนดโดย ISO และมีข้อกำหนดสำหรับการลดหรือจำกัดก๊าซเรือนกระจกเป็นมาตรฐานในการวัดตรวจสอบและรายงานก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

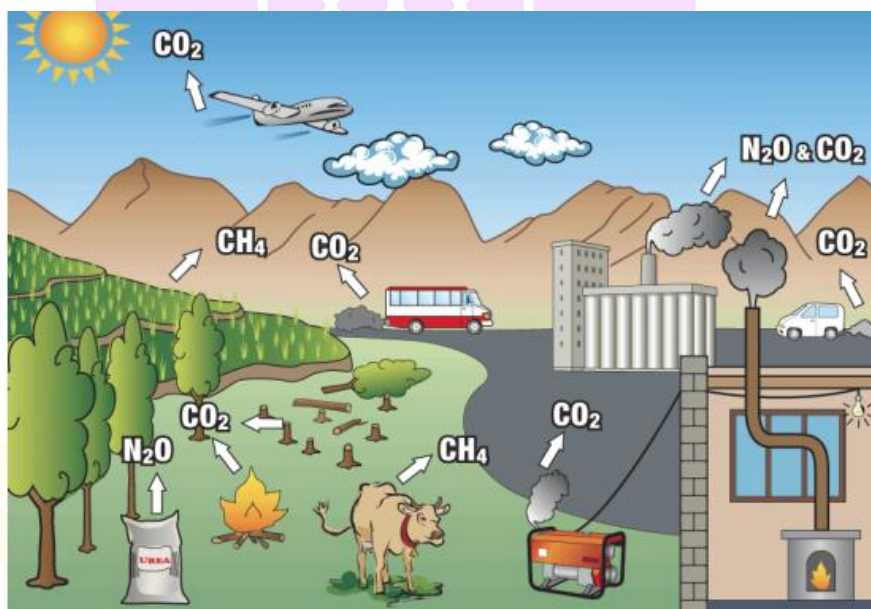
การลดก๊าซเรือนกระจกภายในประเทศ

T-VER คือ โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program : T-VER) เป็นกลไกที่ อบก. ได้พัฒนาขึ้นมาตามแนวทางมาตรฐานสากล (ISO 14064-2) และเหมาะสมกับบริบทของประเทศไทยเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ทุกภาคส่วนมีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจกภายในประเทศโดยความสมัครใจ และสามารถนำปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกหรือคาร์บอนเครดิตที่เกิดขึ้นภายใต้โครงการ T-VER นี้ ซึ่งเรียกว่า “TVERs (Thailand Verified Emission Reductions)” ไปจำหน่ายในตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจ เช่น บริษัทเคยใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้าแล้วเปลี่ยนมาเป็นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์แทน เป็นการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ถ่านหินลง บริษัทได้จัดทำเอกสารประกอบการพัฒนาโครงการและผ่านการพิสูจน์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้ อบก. พิจารณาแล้วเป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ก็จะรับรองปริมาณคาร์บอนเครดิตดังกล่าว ยังมีความสำคัญต่อการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม เช่น ลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อนเพิ่มแหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจกก่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อประเทศและสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้นสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อองค์กรมีรายได้เพิ่มจากการ ซื้อ-ขาย คาร์บอนเครดิต

ก๊าซเรือนกระจกสำหรับโครงการ T-VER จะพิจารณาก๊าซเรือนกระจก เพียง 3 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O)

ตัวอย่างแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1. คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิล การสังเคราะห์แสง
2. ก๊าซมีเทน (CH_4) จากการกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยไม่ใช้ออกภาคการสลายตัว โดยการออกซิเดชันกับอนุมูลไฮดรอกซิล (OH) ในบรรยากาศ
3. ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของเสียที่เกิดขึ้นจากภาคปศุสัตว์ (ส่วนใหญ่คือ โค กระบือ ไก่ และสุกร) การผลิตไนลอน และกรดไนตริก โดยก๊าซดังกล่าวมีศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ดังนี้



ภาพ 5 กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

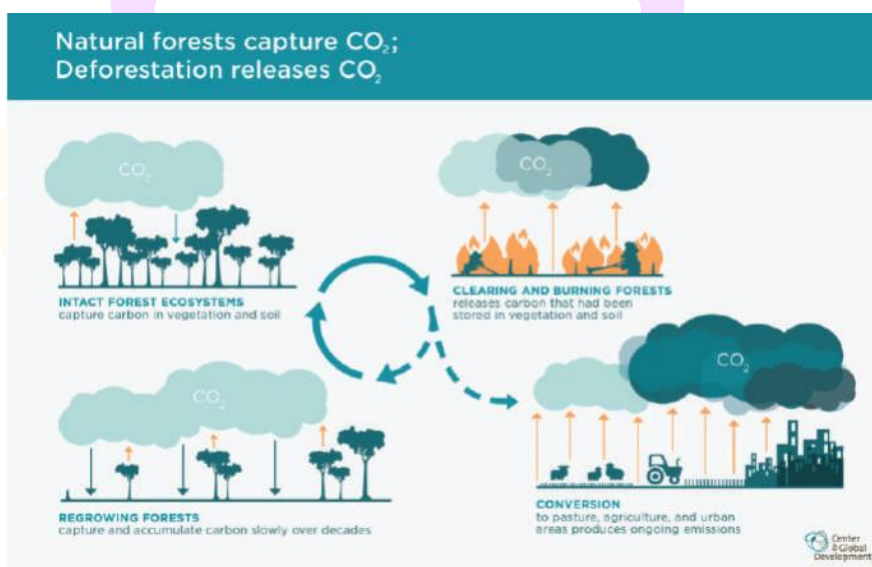
ที่มา: คู่มือการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย,

ตาราง 3 ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

ก๊าซเรือนกระจก	ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) ในช่วง ระยะเวลา 100 ปี
	IPCC Fifth Assessment (AR5) 2014*
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	1
ก๊าซมีเทน (CH ₄)	28
ก๊าซ ไนตรัสออกไซด์ (N ₂ O)	265

ที่มา: (IPCC 2014)

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน) หรือ อบก. ในฐานะหน่วยงานหลักที่มีหน้าที่ในการส่งเสริมและสนับสนุนการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ไปจำหน่ายในตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจในประเทศได้โดยโครงการที่สามารถเข้าร่วมจะแบ่งเป็น 6 ประเภท ได้แก่ การพัฒนาพลังงานทดแทน, การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน, การจัดการในภาคขนส่ง, การจัดการของเสีย, การปลูกป่า/ต้นไม้และการอนุรักษ์/ฟื้นฟูป่า, การเกษตร เป็นต้น



ภาพ 6 กิจกรรมการปล่อยและกักเก็บคาร์บอนในภาคป่าไม้

ที่มา: <http://www.cgdev.org/publication/ft/why-forests-why-now-preview-science-economics-politics-tropical-forests-climate-change>

ประโยชน์ที่จะได้รับการเข้าร่วมโครงการ T-VER นอกจากจะเป็นการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและคาร์บอนเครดิต (TVERs) ที่เกิดจากกิจกรรมของโครงการจำหน่ายเพื่อสร้างรายได้แล้วการดำเนินโครงการ T-VER ยังก่อให้เกิดประโยชน์ร่วมกับสังคมและชุมชน เช่น ลดต้นทุนการใช้พลังงานทำให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้น การสร้างงานในท้องถิ่นและช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อองค์กร

จากการศึกษามุ่งเน้นการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสาขาป่าไม้และพื้นที่สีเขียว ต้นไม้สามารถดูดกลืนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกโดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชและถูกกักเก็บในรูปเนื้อไม้ การปลูกดูแลและจัดการป่าอย่างถูกวิธีรวมทั้งกิจกรรมการป้องกันการบุกรุกทำลายป่าลดความเสี่ยงของพื้นที่ป่า นอกจากนี้ช่วยให้ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าเพิ่มมากขึ้นแล้วยังเป็นการเพิ่มพูนการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่า เช่น การปลูกป่าอย่างยั่งยืน การอนุรักษ์ป่า ป่าชุมชน สวนป่า (Nitanan Koshy Matthew, 2018) โดยมีโครงการที่ได้รับการขึ้นทะเบียนแสดงดัง (ตาราง 4)

ตาราง 4 โครงการป่าไม้ที่ขึ้นทะเบียน T-VER

ลำดับ	โครงการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ที่คาดว่าจะลดได้ (tCO ₂ eq/year)
1	โครงการป่าชุมชนอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่	3,909
2	โครงการป่าชุมชนอำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่	17,905
4	โครงการป่าชุมชนอำเภอแม่อรม จังหวัดเชียงใหม่	3,019
5	ป่าชุมชนตำบลป่าป้อง อำเภอต๋อยสะแก จังหวัดเชียงใหม่	1,052
6	โครงการป่าชุมชนบ้านห้วยหมากเอี้ยกเหนือและป่าชุมชนบ้านนาเจริญ ตำบลป่าซาง อำเภอเวียงเชียงรุ้ง จังหวัดเชียงราย	957
7	การลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (T-VER) ประเภทป่าไม้และพื้นที่สีเขียวจังหวัดเชียงรายและพะเยา โดย บริษัท ปตท. น้ำมันและการค้าปลีก จำกัด (มหาชน) และกรมป่าไม้	266
8	โครงการปลูกป่าอย่างยั่งยืนพื้นที่สวนป่าสักของบริษัท คาร์บอนทีก จำกัดอำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์	955
9	โครงการปลูกป่าอย่างยั่งยืนพื้นที่สวนป่าสักของบริษัท คาร์บอนทีก จำกัด ตำบลหงส์หิน อำเภอจุน จังหวัดพะเยา	51

ตาราง 4 (ต่อ)

ลำดับ	โครงการ	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ที่คาดว่าจะลดได้ (tCO ₂ eq/year)
10	ป่าชุมชนอำเภอลานสัก จังหวัดอุทัยธานี ป่าชุมชนอำเภอดง ลานและ อำเภอบางศิลาทอง จังหวัดกำแพงเพชร	3,031
11	โครงการปลูกป่าอย่างยั่งยืนในพื้นที่สวนป่าสักของบริษัท คาร์บอน ที่ค จำกัด อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์	3,454
12	โครงการการกักเก็บและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในสวน สัก อำเภอปัว จังหวัดน่าน	1,189
13	ป่าชุมชนบ้านปี่ อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา	453
14	ป่าชุมชนบ้านแม่ฮ่องไคร้ตำบลแม่โป่ง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัด เชียงใหม่	364
15	โครงการนำร่องการประเมินปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจก ภายใต้โครงการปลูกป่าเพื่ออนุรักษ์ พันธุ์ ป่าต้นน้ำ ป่าชายเลน และป้องกันไฟป่า กรมป่าไม้	460

หมายเหตุ : (tCO₂eq/year) ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

การลดก๊าซเรือนกระจกภาคป่าไม้ (T-VER-S-METH-13-02)

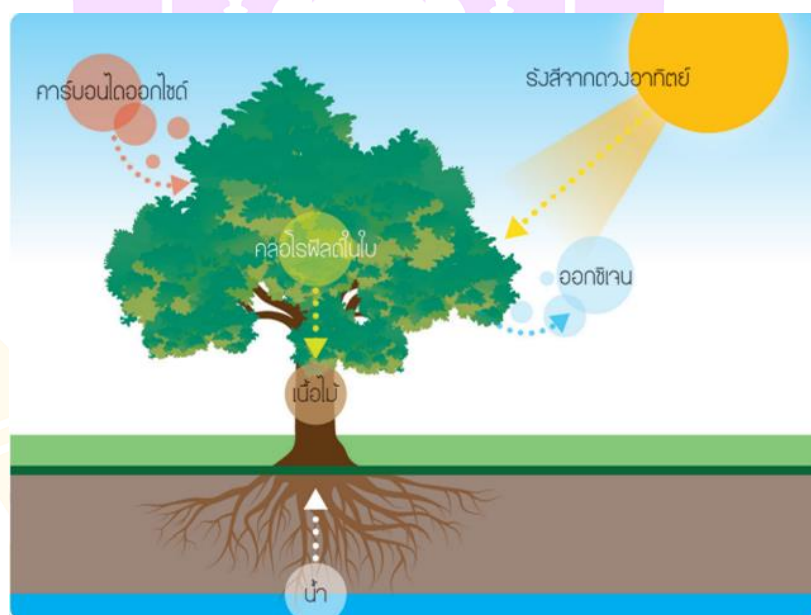
การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของ
ป่าและการเพิ่มพูนการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าในระดับโครงการ (T-VER-S-METH-13-02)
ลักษณะการดำเนินงานในการดำเนินโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่ป่าที่มี
กิจกรรมซึ่งมีส่วนสำคัญต่อการลดก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน
จากป่าไม้ไปเป็นรูปแบบอื่น โดยโครงการต้องมีกิจกรรมที่ป้องกันการตัดไม้ทำลายป่ากิจกรรม
ป้องกันความเสื่อมโทรมของป่าและกิจกรรมเพิ่มพูนการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าอย่างใด
อย่างหนึ่ง

การดำเนินกิจกรรมโครงการประกอบด้วยการดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจก
จากพื้นที่ป่าทำได้โดยการรวบรวมข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินการลดลงของพื้นที่ป่าในอดีตทั้ง
จากภาพถ่ายดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศหรือแบบสอบถามทางสังคมพร้อมทั้งรายงาน
มาตรการในการป้องกันการบุกรุกทำลายป่า ความเสื่อมโทรมของป่าและกิจกรรมเพิ่มพูนการ
กักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าจากการปลูก ดูแลและการจัดการอย่างถูกวิธี

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากพื้นที่ป่าประกอบด้วยการกำหนดมาตรการในการป้องกันการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่นการลดความเสื่อมโทรมและการเพิ่มพูนคาร์บอนในพื้นที่ป่า

ขอบเขตของโครงการผู้พัฒนาโครงการต้องระบุที่ตั้งโครงการโดยต้องระบุพิกัดตำแหน่งและรายละเอียดของพื้นที่ที่จะดำเนินโครงการอย่างละเอียดพร้อมทั้งแสดงหนังสือแสดงสิทธิการใช้ประโยชน์ที่ดินตามกฎหมาย

โครงการลดก๊าซเรือนกระจกสาขาป่าไม้เป็นโครงการที่มีลักษณะพิเศษที่แตกต่างไปจากโครงการลดก๊าซเรือนกระจกประเภทอื่น ๆ คือเป็นโครงการที่มีการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกโดยกระบวนการดูดกลืนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของต้นไม้จากบรรยากาศผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงได้เป็นสารประกอบกลุ่มคาร์โบไฮเดรตและถูกนำไปใช้สร้างเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ รวมถึงที่สะสมในรูปของเนื้อไม้ด้วย

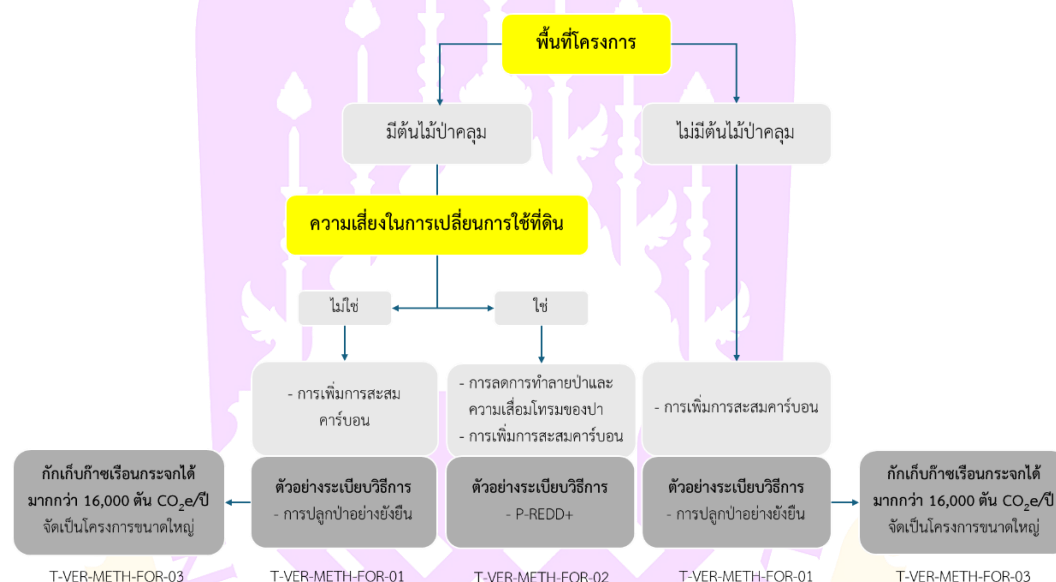


ภาพ 7 การดูดซับคาร์บอนของเนื้อไม้

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2559

การประเมินปริมาณคาร์บอนที่สะสมได้ของต้นไม้ในองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ได้พัฒนาระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจขึ้นตามหลักวิชาการเพื่อเป็นการกำหนดกิจกรรมของโครงการให้สอดคล้องกับวิธีการคำนวณปริมาณก๊าซ

เรือนกระจกที่กักเก็บได้ซึ่งจะประกอบไปด้วยหัวข้อหลัก ๆ เช่น ลักษณะกิจกรรมที่เข้าข่ายโครงการเงื่อนไขการดำเนินโครงการและการคำนวณการกักเก็บในกรณีฐานและการดำเนินโครงการเป็นต้น โดยระเบียบวิธีการที่ประกาศใช้ต้องผ่านความเห็นชอบของคณะทำงานระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสาขาป่าไม้และการเกษตรคณะอนุกรรมการระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจและคณะกรรมการบริหารองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกกิจกรรมการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกป่าประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การปลูกป่า การดูแลรักษาและการจัดการที่ถูกต้องให้เกิดการเพิ่มการสะสมคาร์บอนและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่า



ภาพ 8 การเลือกระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ สาขาป่าไม้

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

การคำนวณปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจก สาขาป่าไม้ภายใต้ระเบียบวิธีการที่ออกแบบกำหนดจำเป็นต้องมีวิธีการในการคำนวณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นที่ยอมรับและถูกต้องตามหลักการทางวิชาการ ดังนั้น อกบ.จึงได้ทำการรวบรวมเนื้อหาที่เกี่ยวข้องและสำคัญต่อการพัฒนาโครงการ T-VER ในสาขาป่าไม้ซึ่งประกอบไปด้วยเนื้อหาต่าง ๆ ได้แก่ แนวทางการวางแผนสำรวจและการเก็บข้อมูลสมการแอลโลเมตรีที่สำคัญในการประเมินมวล

ชีวภาพของต้นไม้ค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องรวมถึงการป้องกันความเสี่ยงของการดำเนินการและความไม่ถาวรของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ

การวางแผนและการคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้

1. การวางแผนสำรวจและเก็บข้อมูลสำหรับโครงการประเภทป่าไม้

1.1 การกำหนดชั้นภูมิ (Stratification) แบ่งพื้นที่โครงการเป็นชั้นภูมิก่อน (Stratification) ตามสภาพที่ปรากฏโดยในชั้นภูมิเดียวกันควรมีลักษณะความคล้ายคลึงกันมากที่สุดแต่มีความแตกต่างกันระหว่างชั้นภูมิมากที่สุดลักษณะที่สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกชั้นภูมิ เช่น ประเภทป่า ชนิดพืชพรรณ ระดับความสูงจากน้ำทะเลระดับความลาดชัน ความอุดมสมบูรณ์ ชั้นอายุของพืชพรรณ เป็นต้น แต่ต้องไม่น้อยกว่า 2 ชั้นภูมิ การจำแนกชั้นภูมิสามารถจำแนกโดยใช้ภาพถ่ายระยะไกล (เช่น ภาพถ่ายดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายจาก Google Earth) กรณีที่เป็นสวนป่าเชิงเดี่ยวที่มีการจัดการอย่างประณีตรวมถึงมีลักษณะทางกายภาพที่มีความคล้ายคลึงกันจนไม่สามารถแบ่งชั้นภูมิได้อาจไม่ต้องทำการแบ่งชั้นภูมิ

1.2 การกำหนดจำนวนแปลงตัวอย่างในการวางแผนตัวอย่างเพื่อสำรวจทรัพยากรป่าไม้มักจะมีการตั้งคำถามถึงความเหมาะสมของจำนวนแปลงตัวอย่างซึ่งโดยทั่วไปแล้วการวางแผนจำนวนแปลงน้อยเกินไปผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาอาจไม่ครอบคลุมหรือเกิดความคลาดเคลื่อนในการนำไปใช้ในการพยากรณ์ถึงประชากรต้นไม้และในทางกลับกันหากวางแผนจำนวนมากเกินไปก็จะทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณและระยะเวลาในการดำเนินการเกินความจำเป็น ดังนั้น ภายใต้โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจจึงได้กำหนดแนวทางที่เหมาะสมไว้ 3 ทางเลือก ดังนี้

1.2.1 ทางเลือกที่ 1 การคำนวณขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ในการประเมินการกักเก็บคาร์บอน กำหนดให้ขนาดพื้นที่สำหรับวางแผนตัวอย่างเก็บข้อมูลเพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนอย่างน้อยร้อยละ 1 ของพื้นที่ดำเนินโครงการทั้งหมดและวางแผนตัวอย่างให้กระจายในแต่ละชั้นภูมิอย่างเหมาะสมโดยหากพื้นที่โครงการน้อยกว่า 300 ไร่ ให้วางแผนตัวอย่างในชั้นภูมิกลาง

1.2.2 ทางเลือกที่ 2 การคำนวณหาจำนวนแปลงตัวอย่างที่เหมาะสมตาม A/R Methodology Tool “Calculation of the number of sample plots for measurements within A/R CDM project activities” ในกรณีที่แปลงตัวอย่างน้อยกว่าร้อยละ 5 ของพื้นที่ดำเนินการโครงการทั้งหมด มีสมมการคำนวณหาจำนวนแปลงตัวอย่างที่เหมาะสมดังนี้

$$n = \left(\frac{t_{VAL}}{E} \right) \times (\sum_i w_i \times s_i)^2$$

- เมื่อ n = จำนวนแปลงตัวอย่างที่เหมาะสม
 t_{VAL} = ค่าวิกฤตการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบที
 w_i = สัดส่วนของพื้นที่ในชั้นภูมิที่ i ต่อพื้นที่ทั้งหมด
 s_i = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชั้นภูมิที่ i
 E = ระดับความเชื่อมั่น

1.2.3 ทางเลือกที่ 3 ในกรณีที่พื้นที่ขนาดใหญ่ หมู่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลกำหนดให้เป็นการวางแผนแบบจำแนกชั้นหรือหลายชั้นภูมิ (Multi-step Stratum Sampling) โดยมีแนวทางในการหาจำนวนแปลงตัวอย่างที่เหมาะสม ดังนี้

1) ขั้นตอนที่ 1 การแบ่งชั้นภูมิ (Stratum) ผู้พัฒนาโครงการทำการแบ่งชั้นภูมิซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นกี่ชั้นภูมิก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับสภาพพืชพรรณในพื้นที่โครงการและได้รับความเห็นชอบจาก อบก. แต่ต้องไม่น้อยกว่า 2 ชั้นภูมิโดยลักษณะที่สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกชั้นภูมิ เช่น ประเภทป่าชนิดพืชระดับความสูงความอุดมสมบูรณ์หรือชั้นอายุของพืชพรรณ เป็นต้น โดยหลักการสำคัญของการแบ่ง คือ ให้อุณหภูมิที่อยู่ในชั้นภูมิเดียวกันควรมีความคล้ายคลึงกันมากที่สุดแต่มีความแตกต่างกันระหว่างชั้นภูมิมากที่สุด ในกรณีที่พื้นที่เป็นสวนป่าเชิงเดี่ยวที่มีการจัดการอย่างประณีตรวมถึงมีลักษณะทางกายภาพที่มีความคล้ายคลึงกันจนไม่สามารถที่จะแบ่งชั้นภูมิย่อยได้อาจไม่ต้องทำการแบ่งชั้นภูมิแต่ต้องมีการวางแผนตัวอย่าง ไม่น้อยกว่า 3 แปลง

2) ขั้นตอนที่ 2 เมื่อทำการแบ่งชั้นภูมิออกเป็นที่ย่อยเรียบร้อยแล้วในหน่วยย่อยสุดท้ายของแต่ละชั้นภูมิให้ทำการวางแผนตัวอย่างไม่น้อยกว่า 3 แปลงในแต่ละหน่วยย่อยเพื่อสำรวจข้อมูลในการประเมินค่ามวลชีวภาพ

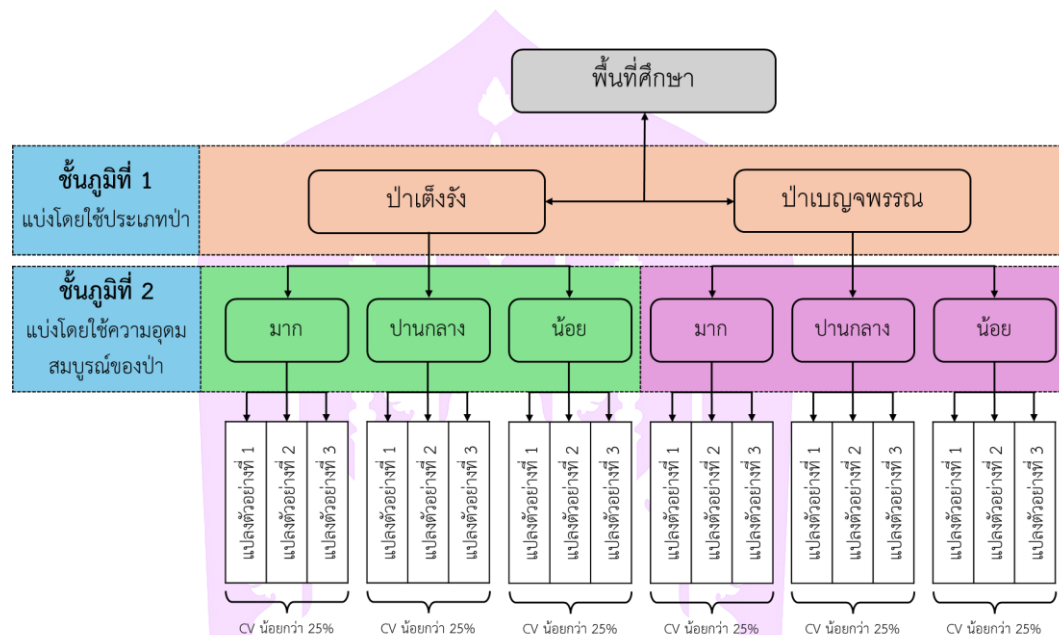
3) ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of variation: CV) เมื่อทำการเก็บข้อมูลจากแปลงตัวอย่างเป็นที่เรียบร้อยแล้วทำการคำนวณหาค่า CV ของแต่ละหน่วยย่อยที่ทำการวางแผนตัวอย่างโดยแปลงตัวอย่างในแต่ละหน่วยย่อยของชั้นภูมิสุดท้ายจะต้องมีค่า CV ของมวลชีวภาพไม่เกินร้อยละ 25 ในกรณีที่ค่า CV มวลชีวภาพของชั้นภูมิใดมากกว่าร้อยละ 25 ให้ทำการวางแผนตัวอย่างเพิ่มเติมในชั้นภูมินั้น ๆ จนกว่าจะได้ค่า CV ตามเกณฑ์ที่ อบก. กำหนด

$$CV = \frac{SD \times 100}{\bar{X}}$$

เมื่อ CV = ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of variation)

SD = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

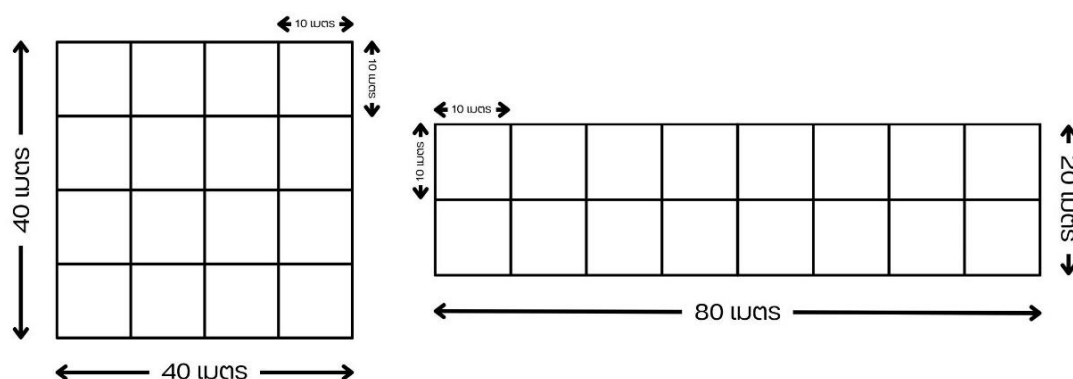
$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย



ภาพ 9 ตัวอย่างการจำแนกชั้นภูมิเพื่อหาจำนวนแปลงที่เหมาะสมตามแนวทางเลือกที่ 3

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

4) ขั้นตอนที่ 4 การสุ่มเลือกข้อมูลโดยใช้แปลงตัวอย่าง (Sampling plot) การสุ่มเลือกข้อมูลเพื่อเป็นตัวอย่าง (Sample) ของตัวแทนในการประมาณค่าของประชากรเป็นอีกขั้นตอนที่มีความสำคัญมากซึ่งการสุ่มตัวอย่างที่ดีนอกจากจะทำให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือแล้วยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการสำรวจภายใต้งบประมาณระยะเวลาและจำนวนบุคลากรที่มีอยู่อย่างจำกัดหน่วยของการสุ่มเลือกจะถูกเรียกว่าแปลงตัวอย่าง (Sampling plot) ซึ่งแปลงตัวอย่างที่นิยมใช้ในปัจจุบันจำแนกตามรูปร่างและขนาดของแปลง



ภาพ 10 การวางแผนตัวอย่างขนาด 1 ไร่ และการแบ่งแปลงย่อยขนาด 10 x 10 เมตร

ที่มา : องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

แปลงตัวอย่างแต่ละรูปแบบที่ได้กล่าวในข้างต้นมีความเหมาะสมและจำเพาะสำหรับวัตถุประสงค์ของการศึกษาในแต่ละเรื่องที่แตกต่างกันไปอย่างไรก็ตามภายใต้โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจออกสู่การวางแผนตัวอย่างแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสซึ่งเป็นรูปแบบแปลงตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการใช้ศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวมถึงเป็นวิธีการที่ง่ายต่อการนำไปปฏิบัติ

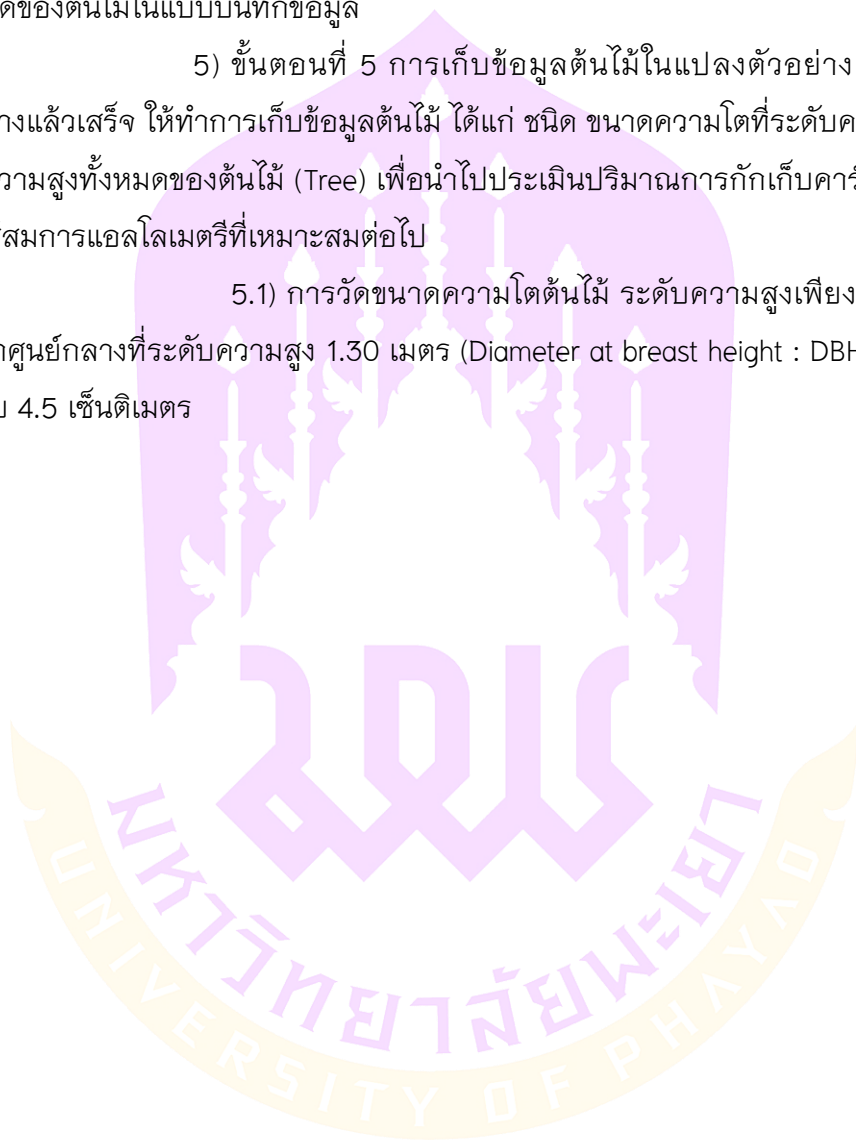
แปลงตัวอย่างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square sample plot) เป็นรูปแบบแปลงตัวอย่างที่นิยมใช้โดยทั่วไปในงานศึกษาริจัยที่ต้องมีการติดตามผลในระยะยาวและต่อเนื่องในลักษณะของแปลงตัวอย่างแบบถาวร เช่น ศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของหมู่ไม้ศึกษาลักษณะโครงสร้างของป่า หรือศึกษาการสืบต่อพันธุ์และทดแทนตามธรรมชาติของหมู่ไม้ เป็นต้น โดยแปลงมีขนาดเท่ากับ 40 X 40 เมตร หรือคิดเป็นพื้นที่เท่ากับ 1 ไร่ ซึ่งเป็นขนาดของแปลงตัวอย่างที่เหมาะสม สำหรับการศึกษาปริมาณคาร์บอนเนื่องจากมีความสอดคล้องกับสมการแอลโลเมตรีที่ใช้ในการคำนวณหามวลชีวภาพซึ่งได้มีผู้การศึกษาไว้แล้วสำหรับพรรณไม้ของประเทศไทยการวางแผนตัวอย่างและการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาปริมาณคาร์บอนโดยใช้แปลงตัวอย่างแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้

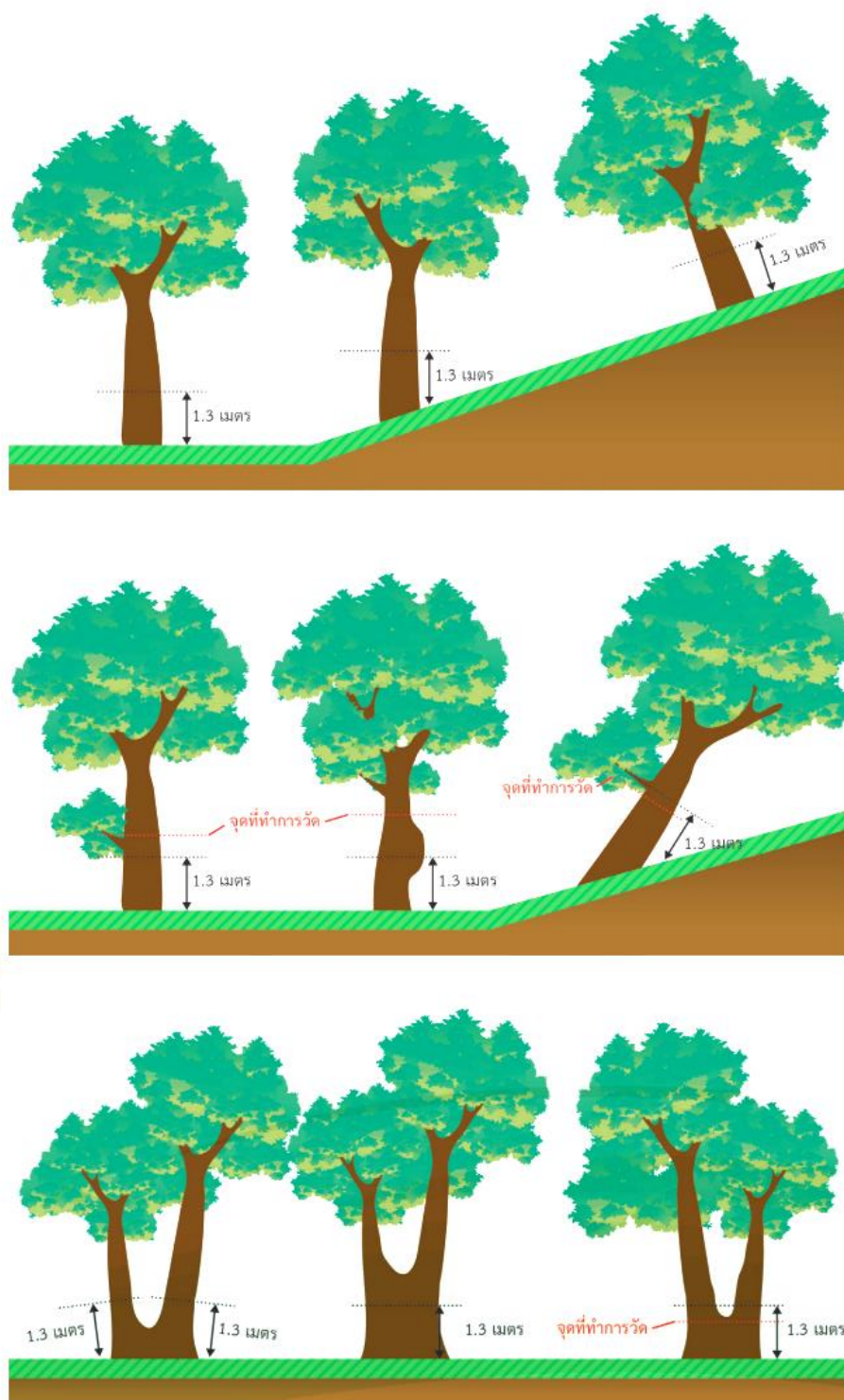
4.1) ทำการวางแผนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส พื้นที่ 1 ไร่โดยมีขนาดแปลงเท่ากับ 40 X 40 เมตร ด้วยวิธีการออกภาคโดยใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและทำการปักหมุดแสดงขอบเขตแปลงตัวอย่างพร้อมทั้งระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่ชัดเจนทั้งนี้เพื่อใช้ในการติดตามประเมินผลภายหลังการดำเนินการโครงการ

4.2) ทำการแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 X 10 เมตร จำนวน 16 แปลง ในแต่ละแปลงทำการเก็บข้อมูลของไม้ใหญ่ (Tree) ทุกต้นที่มีความสูงมากกว่า 1.30 เมตรและมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at breast height : DBH) มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร ขึ้นไป บันทึกข้อมูลต่าง ๆ ของไม้ใหญ่ได้แก่ชนิดไม้จำนวนที่พบ DBH และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ในแบบบันทึกข้อมูล

5) ขั้นตอนที่ 5 การเก็บข้อมูลต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง เมื่อวางแปลงตัวอย่างแล้วเสร็จ ให้ทำการเก็บข้อมูลต้นไม้ ได้แก่ ชนิด ขนาดความโตที่ระดับความสูงเพียงอก และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (Tree) เพื่อนำไปประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ โดยใช้สมการแอลโลเมตรีที่เหมาะสมต่อไป

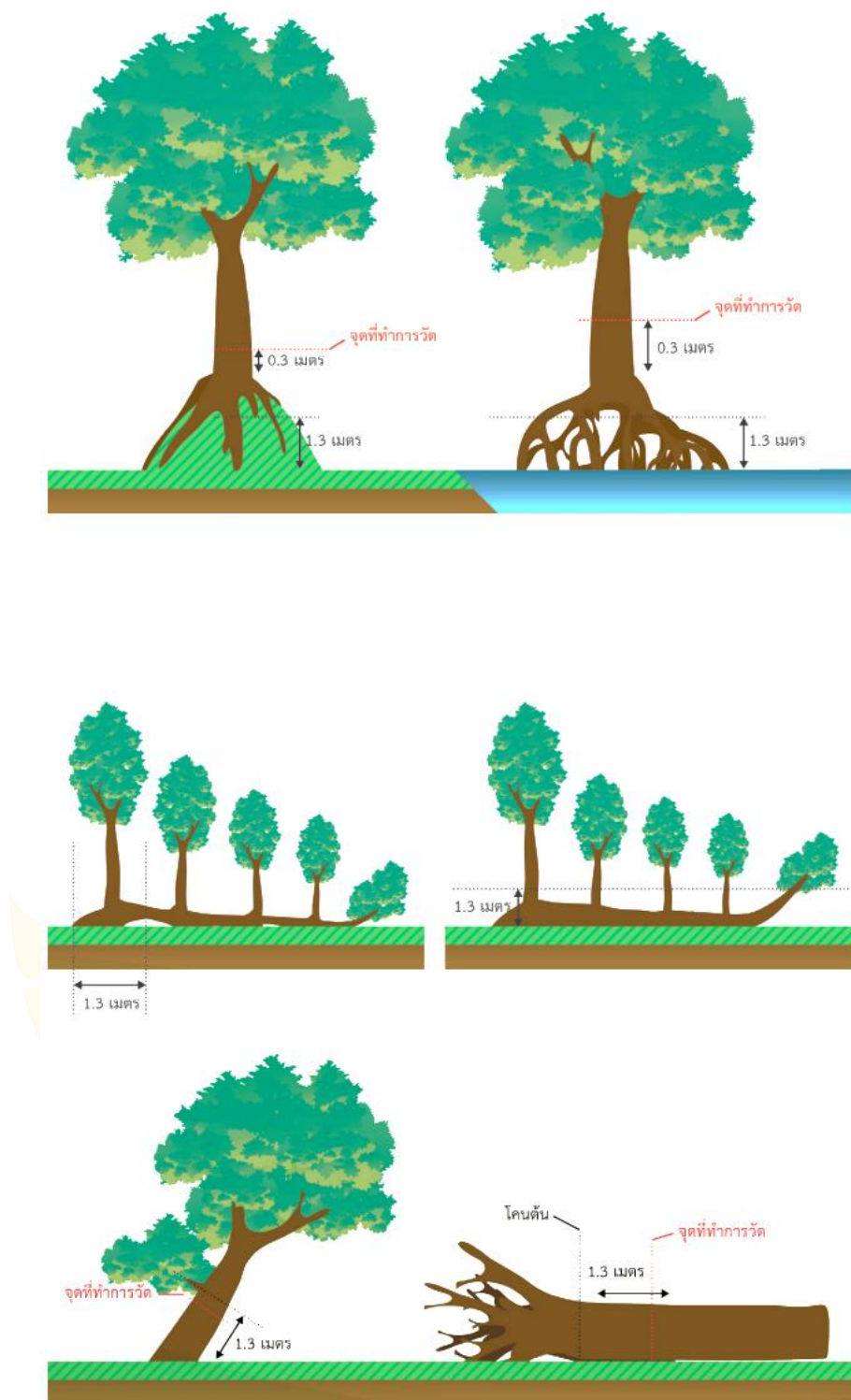
5.1) การวัดขนาดความโตต้นไม้ ระดับความสูงเพียงอกและมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (Diameter at breast height : DBH) มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร





ภาพ 11 การวัดเส้นรอบวงต้นไม้

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2559



ภาพ 12 การวัดเส้นรอบวงต้นไม้

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2559

5.2) การวัดความสูงของต้นไม้ด้วยไคลโนมิเตอร์ (Clinometer) เป็นการวัดความสูงของต้นไม้ โดยอาศัยหลักการพื้นฐานของตรีโกณมิติหรือความสัมพันธ์ระหว่างมุมและระยะทางในการคำนวณหาความสูงของต้นไม้ โดยมีขั้นตอนในการวัดเพื่อหาความสูงนำมาหาค่ามุมแทนเจนต์ (Tangent : tan) จาก (ภาพ 13) ดังนี้

มุม (Angle)	ค่ามุม Tan.	มุม (Angle)	ค่ามุม Tan.	มุม (Angle)	ค่ามุม Tan.	มุม (Angle)	ค่ามุม Tan.	มุม (Angle)	ค่ามุม Tan.
1	.02	17	.31	33	.65	49	1.15	65	2.14
2	.03	18	.32	34	.67	50	1.19	66	2.25
3	.05	19	.34	35	.70	51	1.23	67	2.36
4	.07	20	.36	36	.73	52	1.28	68	2.48
5	.09	21	.38	37	.75	53	1.33	69	2.61
6	.11	22	.40	38	.78	54	1.38	70	2.75
7	.12	23	.42	39	.81	55	1.43	71	2.90
8	.14	24	.45	40	.84	56	1.48	72	3.08
9	.16	25	.47	41	.87	57	1.54	73	3.27
10	.18	26	.49	42	.90	58	1.60	74	3.49
11	.19	27	.51	43	.93	59	1.66	75	3.73
12	.21	28	.53	44	.97	60	1.73	76	4.01
13	.23	29	.55	45	1.00	61	1.80	77	4.33
14	.25	30	.58	46	1.04	62	1.88	78	4.70
15	.27	31	.60	47	1.07	63	1.96	79	5.14
16	.29	32	.62	48	1.11	64	2.05	80	5.67

ภาพ 13 ค่า Tangents คำนวณหาความสูงของต้นไม้และรูปแบบของไคลโนมิเตอร์

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2559

สมการแอลโลเมตรี แหล่งกักเก็บคาร์บอนของโครงการประเภทป่าไม้และพื้นที่สีเขียว ประกอบด้วย 5 แหล่ง ได้แก่ มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Aboveground biomass) มวลชีวภาพใต้ดิน (Belowground biomass) ไม้ตาย (Dead wood) เศษซากพืช (Litter) และอินทรีย์วัตถุในดิน (Soil organic carbon) ในการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของโครงการประเภทป่าไม้และพื้นที่สีเขียวมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและมวลชีวภาพใต้ดินจะเป็นแหล่งกักเก็บหลักในการประเมินการกักเก็บคาร์บอนภายใต้การดำเนินการโครงการ T-VER สำหรับมวลชีวภาพจากไม้ตาย เศษซาก

พืช และอินทรีย์วัตถุในดินจะเป็นแหล่งกักเก็บทางเลือกที่ผู้พัฒนาโครงการอาจจะเลือกมาใช้ในการประเมินหรือไม้ก็ได้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้พัฒนาโครงการ

2. การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ (Calculation for Carbon Sequestration)

การการกักเก็บคาร์บอนของพืชหรือไม้ยืนต้นจะถูกเก็บไว้ในรูปของมวลชีวภาพ (Biomass) ในส่วนต่าง ๆ ของพืชซึ่งมวลชีวภาพในที่นี้ หมายถึง น้ำหนักของพืชที่วัดออกมาเป็นน้ำหนักแห้งหรือน้ำหนักแห้งของพืชที่ปราศจากชี้ถ้าอาจเป็นน้ำหนักต่อหน่วยของพืชโดยปกติ มักใช้หน่วยพื้นที่ไร่หรือเฮกแตร์ไม้ยืนต้นมีการกักเก็บคาร์บอนไว้ในสองแหล่งที่สำคัญคือมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ได้แก่ ลำต้น กิ่งก้าน ใบ ผล และมวลชีวภาพใต้พื้นดิน ได้แก่ มวลชีวภาพของพืชในส่วนที่อยู่ใต้ดินซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นรากของพืชชนิดต่าง ๆ ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องทราบถึงปริมาณมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นหรือหมู่ไม้เพื่อที่จะใช้ในการประมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้โดยในการประมาณหาค่ามวลชีวภาพของต้นไม้ต้องใช้ข้อมูลขนาดความโตของต้นไม้ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (DBH) และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ลงในสมการแอลโลเมตรีการประเมินมวลชีวภาพซึ่ง อบก. ได้กำหนดแนวทางในการเลือกใช้สมการของต้นไม้หรือหมู่ไม้ออกเป็น 3 แนวทาง ได้แก่

2.1 สมการที่ อบก. แนะนำ ให้ใช้เพื่อการประเมินมวลชีวภาพได้ซึ่งแบ่งตามกลุ่มของชนิดไม้ที่สำคัญและพบได้โดยทั่วไปในประเทศไทยโดยจำแนกเป็น 5 กลุ่มรายละเอียด (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(อบก.), 2566) (ตาราง 5) ดังนี้

ตาราง 5 สมการแอลโลเมตรีประเมินมวลชีวภาพจำแนกตามกลุ่มพรรณไม้ที่ อบก.ให้การยอมรับ

กลุ่มพรรณไม้	สมการ	อ้างอิง
กลุ่มพรรณไม้ทั่วไป	$W_S = 0.0396 (D^2H)^{0.933}$ $W_B = 0.00349 (D^2H)^{1.030}$ $W_L = (28 / (W_S + W_B + 0.025))^{-1}$ $W_T = W_S + W_B + W_L$	Ogawa et al. (1965)
กลุ่มพรรณไม้ป่าชายเลน	$W_S = 0.05466 (D^2H)^{0.945}$ $W_B = 0.01579 (D^2H)^{0.9124}$ $W_L = 0.0678 (D^2H)^{0.5806}$ $W_T = W_S + W_B + W_L$	Komiyama et al. (1987)
กลุ่มปาล์ม	$W_T = 6.666 + 12.826 (H)^{0.5} (\ln H)$	Peason et al. (2005)
กลุ่มไผ่	ไผ่บงป่า $WT = 0.1466 (D)^{0.7187}$	อิทธิพงศ์(2557)
	ไผ่บงดำ $WT = 0.49522 (D)^{0.8726}$	Kutintara (1995)
	ไผ่ข้าวหลาม $WT = 0.17446 (D)^{1.0437}$	Kutintara (1995)
	ไผ่ไร่และไผ่ผาก $WT = 0.2425 (D)^{1.0751}$	Kutintara (1995)
กลุ่มเถาวัลย์	$WT = 0.8622 (D)^{2.0210}$	ชิงชัยและคณะ (2554)

หมายเหตุ: WS = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กก.)
WB = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กก.)
WL = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กก.)
WT = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กก.)
D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (ซม.)
H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

2.2 สมการแอลโลเมตรีที่มีการศึกษาและตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการ ที่สามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่ดำเนินโครงการ เช่น เป็นสมการที่มีการศึกษาในพื้นที่ใกล้เคียงกับพื้นที่โครงการหรือเป็นสมการที่มีชนิดพืชพรรณคล้ายคลึงกับพื้นที่โครงการ เป็นต้น ตัวอย่างสมการดัง (ตาราง 7)

ตาราง 6 สมการแอลโลเมตรีของต้นไม้รายต้นแยกตามชนิดป่าของประเทศไทย

กลุ่มพรรณไม้	สมการ	อ้างอิง
ป่าดิบแล้ง	$W_S = 0.0509 (D^2H)^{0.919}$	Tsutsui et.al. (1983)
ป่าดิบเขา	$W_B = 0.00893 (D^2H)^{0.977}$	
	$W_L = 0.0140 (D^2H)^{0.669}$	
	$W_T = W_S + W_B + W_L$	
ป่าดิบชื้น	$W_S = 0.0396 (D^2H)^{0.9326}$	Ogawa et.al.(1965)
	$W_B = 0.00349 (D^2H)^{1.027}$	
	$W_L = (28 / (W_S + W_B + 0.025))^{-1}$	
	$W_T = W_S + W_B + W_L$	
ป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ	$W_S = 0.0396 (D^2H)^{0.933}$	Ogawa et.al. (1965)
	$W_B = 0.00349 (D^2H)^{1.03}$	
	$W_L = (28 / (W_S + W_B + 0.025))^{-1}$	
	$W_T = W_S + W_B + W_L$	
ป่าสนเขา (สนสองใบ)	$W_S = 0.2141 (D^2H)^{0.9814}$	สุนันทา (2531)
	$W_B = 0.00002 (D^2H)^{1.4561}$	
	$W_L = 0.00072 (D^2H)^{1.0138}$	
	$W_T = W_S + W_B + W_L$	
ไม้โกงกาง (Rhizophora spp.)	$W_S = 0.05466 (D^2H)^{0.945}$	Komiya et al. (1987)
	$W_B = 0.01579 (D^2H)^{0.9124}$	
	$W_L = 0.0678 (D^2H)^{0.5806}$	
	$W_T = W_S + W_B + W_L$	

ตาราง 7 (ต่อ)

กลุ่มพรรณไม้	สมการ	อ้างอิง
พรรณไม้ในป่าชายเลน	$W_S = 0.0449 (D^2H)^{0.9549}$	Komiyama et al. (1987)
ชนิดอื่นๆ	$W_B = 0.02412 (D^2H)^{0.8649}$	
	$W_L = 0.09422 (D^2H)^{0.5439}$	
	$W_T = W_S + W_B + W_L$	

หมายเหตุ: WS = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กก.)
WB = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กก.)
WL = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กก.)
WT = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กก.)
D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (ซม.)
H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

2.3 สมการแอลโลเมตรีที่พัฒนาขึ้นสำหรับพื้นที่ดำเนินโครงการโดยตรง ซึ่งในกรณีนี้ผู้ดำเนินโครงการจะต้องจัดส่งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาสมการดังกล่าวมายัง อบก. เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและให้ความเห็นชอบก่อนการนำไปใช้อีกครั้ง

3. คำสัมประสิทธิ์

มวลชีวภาพของพืชชนิดต่าง ๆ นั้นจะมีปริมาณสัดส่วนของคาร์บอนที่แตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามหากต้องการจะทราบถึงสัดส่วนของปริมาณคาร์บอนในพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง จำเป็นที่จะต้องนำตัวอย่างของพืชชนิดนั้นไปทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ จึงจะทราบสัดส่วนของปริมาณคาร์บอนในพืชชนิดนั้น ๆ ได้ซึ่งเป็นวิธีการที่ยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายสูง ในการดำเนินการดังนั้นภายใต้โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจจึงได้กำหนดแนวทางในการหาปริมาณคาร์บอนด้วยคำสัมประสิทธิ์ที่มีผู้ทำการศึกษาไว้แล้วซึ่งเมื่อนำมาคูณกับค่ามวลชีวภาพก็จะได้เป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ชนิดนั้น ๆ โดยคำสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการประเมินหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ค่าสัดส่วนคาร์บอน (carbon fraction: CF) คือ ปริมาณสัดส่วนของคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพของต้นไม้ซึ่งพรรณไม้แต่ละชนิดจะมีค่าของสัดส่วนคาร์บอนในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมากและค่าที่สามารถนำมาอ้างอิงใช้ได้ภายใต้โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับดังนี้

ระดับที่ 1 ค่าที่ อบก. แนะนำซึ่งเป็นค่าที่นำมาจากค่ามาตรฐานของ (IPCC, 2006) และค่าที่ได้จากการศึกษาของ (คณะวนศาสตร์, 2554) รายละเอียดดัง (ตาราง 7)

ระดับที่ 2 ค่าสัดส่วนคาร์บอนที่มีการตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่ดำเนินโครงการ

ระดับที่ 3 ค่าสัดส่วนคาร์บอนที่พัฒนาขึ้นสำหรับพื้นที่ดำเนินโครงการโดยหากผู้พัฒนาโครงการต้องการจะใช้ค่านี้ในการประเมินปริมาณคาร์บอน ผู้พัฒนาโครงการจะต้องส่งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาค่าสัดส่วนให้กับ อบก. เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและให้ความเห็นชอบก่อนการนำไปใช้

3.2 ค่าสัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้ (root/shoot ratio) เป็นค่าที่ใช้ประเมินหามวลชีวภาพใต้ดินของต้นไม้จากมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของชนิดไม้หรือกลุ่มพรรณไม้นั้น ๆ โดยในการใช้ค่าดังกล่าวเพื่อประเมินหาปริมาณการสะสมคาร์บอนใต้ดิน อบก. ได้แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่

ระดับที่ 1 ค่าที่ อบก. แนะนำซึ่งเป็นค่าที่นำมาจากค่ามาตรฐานของ (IPCC, 2006) และค่าที่ได้จากการศึกษาของ (คณะวนศาสตร์, 2554) โดยมีรายละเอียดดัง (ตาราง 7)

ระดับที่ 2 ค่าสัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้ที่มีการตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่ดำเนินโครงการ

ระดับที่ 3 ค่าสัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นที่พัฒนาขึ้นสำหรับพื้นที่ดำเนินโครงการ โดยหากผู้พัฒนาโครงการต้องการจะใช้ค่านี้ในการประเมินปริมาณคาร์บอน ผู้พัฒนาโครงการจะต้องส่งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาค่าสัดส่วนให้กับ อบก. เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและให้ความเห็นชอบก่อนการนำไปใช้

ตาราง 7 สัดส่วนคาร์บอนในเนื้อไม้ของชนิด/พรรณไม้ต่างๆ

ชนิด/กลุ่มพรรณไม้	สัดส่วนคาร์บอนเฉลี่ย (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)	สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้น (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)
พรรณไม้ทั่วไป*	47.00	27.00
โกกงาง*	47.15	48.00
ปาล์ม*	41.30	41.00
ไผ่*	47.00	27.00
เถาวัลย์*	47.00	27.00

ที่มา: IPCC, 2006 และคณะวนศาสตร์, 2554

4. ความเสี่ยงของการดำเนินการ

การดำเนินโครงการด้านป่าไม้หรือการกักเก็บคาร์บอนในรูปของเนื้อไม้ของต้นไม้มีความไม่แน่นอนเกิดขึ้นกล่าวคือปริมาณที่กักเก็บได้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการเติบโตของต้นไม้ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมและการดูแลรักษาเป็นสำคัญโดยในส่วนของปัจจัยแวดล้อมเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ปริมาณน้ำฝน ความแล้ง ความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลต่อความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้

จากความเสี่ยงดังกล่าว อบก. ได้กำหนดให้โครงการสาขาป่าไม้มีการหักปริมาณคาร์บอนเครดิตที่กักเก็บได้จากโครงการในปริมาณร้อยละ 3 ของปริมาณคาร์บอนเครดิตที่กักเก็บได้ทั้งหมดของโครงการโดยปริมาณดังกล่าวจะคืนให้แก่ผู้พัฒนาโครงการเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาในการคิดเครดิต (Crediting period) ของโครงการ

5. ความไม่ถาวร

ความไม่ถาวร (Non-permanence) จากการดำเนินการด้านป่าไม้ซึ่งมีการกักเก็บคาร์บอนไว้ในรูปของเนื้อไม้และเมื่อต้นไม้เติบโตถึงระยะหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จึงมีความเป็นไปได้ที่ต้นไม้จะถูกตัดฟันออกนอกพื้นที่ทำให้แหล่งกักเก็บคาร์บอนบางส่วนหรือทั้งหมดหายไป ซึ่งจัดเป็นความไม่ถาวรของการดำเนินการด้านป่าไม้หากมีมาตรการหรือแนวทางการดำเนินการที่เป็นการบ่งบอกถึงการคงไว้ซึ่งสภาพความเป็นพื้นที่ป่าก็จะสามารถช่วยลดความไม่ถาวรดังกล่าวได้

การดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ จำเป็นต้องมีการระบุแผนการดำเนินโครงการในการใช้ประโยชน์พื้นที่หลังหมดระยะเวลาในการคิดเครดิตของโครงการเพื่อเป็นการแสดงถึงเจตนาของผู้พัฒนาโครงการในการใช้ประโยชน์ที่ดินและแนวทางในการป้องกันและจัดการความไม่ถาวรของโครงการด้านป่าไม้ที่อาจจะเกิดขึ้น

การกักเก็บคาร์บอนในไม้ตายและซากพืช

ในการคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของไม้ตาย สามารถคำนวณโดยใช้ค่าที่กำหนดให้โดยไม้ตายที่เกิดขึ้นในโครงการต้องไม่มีการนำออกตลอดระยะเวลาดำเนินโครงการ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการค่าคงที่สำหรับการคำนวณการกักเก็บคาร์บอนในไม้ตาย (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(อบก.), 2566) สามารถหาได้จากค่าคงที่ที่แบ่งตามความสูงจากระดับน้ำทะเล และปริมาณน้ำฝนดัง (ตาราง 8)

ตาราง 8 ความสูงจากระดับน้ำทะเลและปริมาณน้ำฝน

ความสูงจากระดับน้ำทะเล (เมตร)	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตรต่อปี)	ค่าคงที่ (DF_{DW})
<2000	<1000	0.02
<2000	1000–1600	0.01
<2000	>1600	0.06
>2000	ทุกระดับความสูง	0.07

ที่มา: AR-TOOL12: A/R Methodological tool: Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks in dead wood and litter in A/R CDM project activities (Version 03.0)

การกักเก็บคาร์บอนในดิน (Soil Carbon Sequestration)

1. ตัวอย่างดินที่เก็บมาต้องเป็นตัวแทนที่ดีที่สุดของที่ดินแปลงนั้น ตามวิธีการของ คณะเกษตร (2557) ซึ่งว่าการเก็บตัวอย่างดินอย่างถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญโดยถ้าเก็บตัวอย่างดิน ไม่ถูกต้องผลการวิเคราะห์ก็จะไม่ตรงกับสมบัติที่แท้จริงของดิน โดยหลักสำคัญของการเก็บ ตัวอย่างดินมีดังต่อไปนี้

1.1 ควรเก็บตัวอย่างดินหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วหรือก่อนการเตรียมดินเพื่อปลูกพืชครั้งต่อไป

1.2 การเก็บตัวอย่างดินไม่ควรเก็บในพื้นที่ที่เปียกแฉะหรือมีน้ำท่วมขังเพราะจะทำให้การเข้าไปทำงานลำบาก รวมถึงไม่ควรเก็บตัวอย่างในพื้นที่ที่แห้งจนเกินไปเนื่องจากดินจะแข็งทำให้ยากต่อการขุดหรือการเก็บตัวอย่าง ดังนั้น จึงควรเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ที่ดินมีความชื้นเล็กน้อยซึ่งจะทำให้ง่ายและสะดวกต่อการเก็บตัวอย่างดิน

1.3 ต้องไม่เก็บตัวอย่างดินบริเวณที่เคยเป็นบ้านหรือโรงเรือนเก่าหรือจอมปลวก ควรเก็บให้ห่างจากบ้านเรือน อาคาร ที่อยู่อาศัย คอกสัตว์และบริเวณที่มีปุยตกค้างอยู่

1.4 อุปกรณ์ที่เก็บตัวอย่างดินต้องสะอาด ไม่เปื้อนดิน ปุ๋ย ยาฆ่าแมลงยาปราบศัตรูพืช หรือสารเคมีอื่น ๆ

2. การวางแผนแปลงตัวอย่างเพื่อเก็บตัวอย่างดิน

2.1 การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็น สำหรับขุดหรือเจาะเก็บดิน เช่น พลั่ว จอบ และเสียม รวมถึงการเตรียมภาชนะที่ใส่ดิน เช่น ถังพลาสติก กล่องกระดาษแข็ง กระบุง ผ้ายางหรือผ้า พลาสติกและถุงพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่างดินเพื่อส่งไปวิเคราะห์

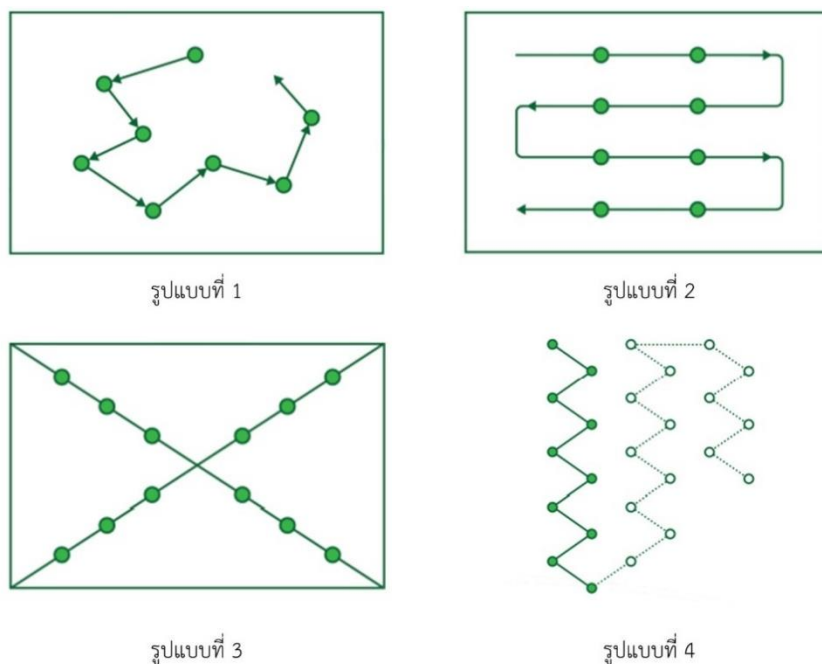


ภาพ 14 อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างดิน

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

2.2 การกำหนดขนาดพื้นที่แปลงย่อยในการเก็บตัวอย่างดิน โดยทั่วไปแล้วไม่มีขนาดจำกัดที่แน่นอน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของพื้นที่ เช่น ความลาดชัน เนื้อดิน สีดิน เป็นต้น ดังนั้นการกำหนดแปลงย่อยจึงควรให้ครอบคลุมและเป็นตัวแทนที่เหมาะสมของพื้นที่นั้น ๆ โดยการกำหนดแปลงย่อยที่ได้นั้นควรมีความสม่ำเสมอหรือคล้ายคลึงกันมากที่สุดในแต่ละแปลงย่อยอย่างไรก็ตามภายใต้การดำเนินการโครงการ T-VER แนะนำให้กำหนดพื้นที่แปลงย่อยแต่ละแปลงมีขนาดแปลงละ 10 ไร่เศษที่เหลือจาก 10 ไร่ ให้กำหนดเป็น 1 แปลงและในกรณีที่มีแปลงเก็บตัวอย่างดินมากกว่า 1 แปลงขึ้นไปหากเศษเหลือไม่เกิน 5 ไร่ไม่ต้องแบ่งเป็นแปลงย่อยใหม่

2.3 การสุ่มเก็บตัวอย่างและกำหนดจุดเก็บดินการเก็บตัวอย่างดินที่ดีจะต้องกระจายจุดเก็บตัวอย่างให้ครอบคลุมทั่วพื้นที่ในแต่ละแปลงซึ่งในการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การเก็บตัวอย่างแบบสุ่มและการเก็บแบบมีรูปแบบตามแนวทางของ (Carter, 2007) โดยมีรายละเอียด ดังนี้



ภาพ 15 การเก็บตัวอย่างแบบสุ่มและการเก็บแบบมีรูปแบบ รูปแบบที่ 1 – 4

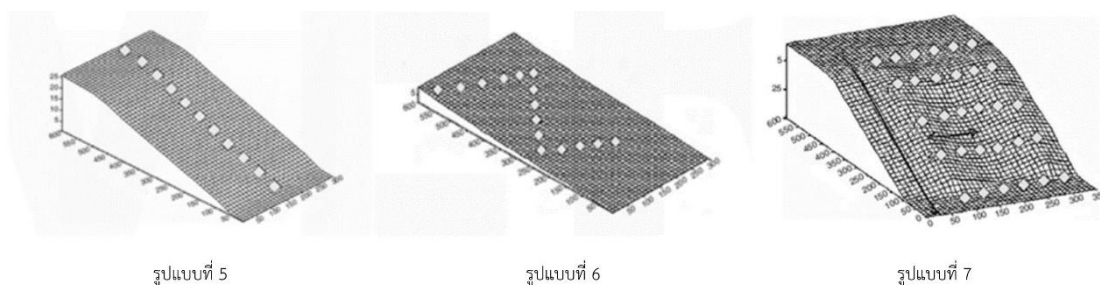
ที่มา: Carter, 2007

รูปแบบที่ 1 เก็บแบบสุ่มไม่มีระยะแน่นอน แต่สุ่มให้กระจายตัวมากที่สุดการวางแนวเก็บตัวอย่างอาจกำหนดเป็นแนวเส้นทแยงมุมแปลงแนวซิกแซกแนวรูปตัว W

รูปแบบที่ 2 การเก็บแบบมีรูปแบบ จะแบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงย่อย เช่น แปลงละ 1 ไร่และเก็บบริเวณกลางแปลงย่อยหรือมุมแปลงย่อยโดยให้มีจำนวนตัวอย่างรวมตามที่ต้องการการกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง โดยกำหนดให้แต่ละจุดเก็บมีระยะห่างเท่า ๆ กันในแนวตรงเหมาะสำหรับพื้นที่แปลงที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีด้านยาว

รูปแบบที่ 3 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง โดยกำหนดให้แต่ละจุดเก็บมีระยะห่างเท่า ๆ กันในแนวทแยงมุมเหมาะสำหรับพื้นที่แปลงที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

รูปแบบที่ 4 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างในแต่ละแปลงย่อย โดยมีระยะเท่ากันและเดินเป็นรูปซิกแซกเหมาะสำหรับแปลงขนาดใหญ่ที่มีรูปร่างไม่แน่นอนและแบ่งออกเป็นแปลงย่อย เพราะสามารถกำหนดจำนวนจุดในแต่ละแถวได้เหมาะสมกับพื้นที่



ภาพ 16 การเก็บตัวอย่างแบบสุ่มและการเก็บแบบมีรูปแบบ รูปแบบที่ 5 – 7

ที่มา: Carter, 2007

รูปแบบที่ 5 กำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินในกรณีพื้นที่ที่มีความลาดชันไม่มากนัก และลักษณะของดินหรือพื้นที่ไม่แตกต่างกันมาก

รูปแบบที่ 6 ในพื้นที่ลาดชันเล็กน้อย อาจกำหนดจุดเก็บแบบซิกแซกได้

รูปแบบที่ 7 กำหนดจุดเก็บตัวอย่างตามแนวระดับตามตัวอย่างภาพจะเก็บตัวอย่างดินที่ระดับ 5 ระดับ ระดับละ 6 จุดตัวอย่าง

3. การเก็บตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์สมบัติ

3.1 ก่อนชุดเพื่อเก็บตัวอย่างดินจะต้องถ่างหญ้ากวาดเศษพืชหรือวัสดุที่อยู่ผิวหน้าดินออกเสียก่อน (ห้ามแฉะหรือปาดหน้าดินออก) การเก็บดินแต่ละจุดให้ใช้พลั่วขุดดินเป็นรูปลิ้มลึกประมาณ 30 ซม. หลังจากนั้นเก็บดิน โดยใช้พลั่วแฉะดินข้างหลุม (ด้านเรียบ) ให้ได้ดินเป็นแผ่นหนาประมาณ 2-3 ซม. จนถึงก้นหลุมดินที่ได้เก็บรวบรวมใส่ถุง หรือ ถังพลาสติก

3.2 คลุกเคล้าดินแต่ละแปลงที่เก็บมาให้เข้ากันแล้วเทลงบนผ้าพลาสติกทำการคลุกเคล้าอีกครั้งโดยยกมุมผ้าพลาสติกทีละ 2 มุม ที่อยู่ตรงข้ามกันทำสลับมุมกัน 3-4 ครั้ง

3.3 หลังจากนั้นกองดินให้เป็นรูปฟาสีแล้วใช้มือตบยอดกองให้แบนราบและใช้นิ้วมือขีดเป็นกากบาท (+) บนยอดกองซึ่งจะทำให้ดินถูกแบ่งแยกเป็น 4 ส่วน

3.4 เก็บตัวอย่างจากกองดินนี้เพียง 1 ส่วน ให้ได้ดินหนักประมาณครึ่งกิโลกรัม หรือถ้าดินมีหินกรวดปนมากอาจเก็บมา 1-2 กิโลกรัม ใส่ดินลงในถุงพลาสติกที่เตรียมไว้เพื่อส่งวิเคราะห์

3.5 เขียนป้ายเบอร์แปลง พร้อมรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับตัวอย่างดินผูกติดไว้กับถุงตัวอย่างดินป้ายนี้เกษตรกรควรทำไว้อีกหนึ่งชุดหนึ่งเก็บไว้เพื่อป้องกันการลืม

4. การเก็บตัวอย่างดินเพื่อหาค่าความหนาแน่นรวมของดิน

ในการเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นรวมของดินมีวิธีการเก็บตัวอย่างแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

4.1 กลุ่มดินที่มีปริมาณกรวด-หินผสมน้อยกว่าร้อยละ 25

4.1.1 กลุ่มดินที่มีเนื้อดินหยาบ (ดินร่วนปนทราย ดินร่วน ดินร่วนเหนียว) เก็บโดยวิธีใช้กระบอกลบเก็บตัวอย่างดิน (ชนิดมาตรฐานจะมีความจุ 100 ลบ.ซม.) ขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

4.1.2 ทำความสะอาดบริเวณที่ต้องการเก็บตัวอย่างดินขนาดกว้างประมาณ 10-15 ซม.

4.1.3 ตอกกระบอกลบเก็บตัวอย่างดิน (ขนาดสูงประมาณ 7.5 ซม.)

4.1.4 แซะหรือขุดตัวอย่างดินออกมาปาดหัวท้ายให้เสมอกับขอบกระบอกลบตัวอย่างดิน

4.1.5 นำตัวอย่างดินใส่ถุงพลาสติกและเขียนรายละเอียดของตัวอย่างดิน ได้แก่สถานที่ เก็บระดับความลึก วันที่เก็บ

4.1.6 นำตัวอย่างดินไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักดินแห้ง (กรัม)

4.1.7 นำไปคำนวณหาความหนาแน่นรวมของดินโดยใช้สมการ

$$\text{ความหนาแน่นรวมของดิน} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของดิน}}{\text{ปริมาตรของกระบอกลบตัวอย่างดิน}}$$

$$\text{ปริมาตรกระบอกลบตัวอย่างดิน} = 3.14 \times (\text{รัศมี})^2 \times \text{ความสูงของกระบอกลบ}$$



ภาพ 17 วิธีการเก็บตัวอย่างดิน

ที่มา: USDA-NRCS, 2008

4.2 กลุ่มดินเนื้อละเอียด (ดินเหนียว) ใช้สำหรับตัวอย่างดินที่เป็นก้อนมีเศษหินเจือปนไม่สามารถใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดินได้เลือกพื้นที่ที่เป็นตัวแทนเก็บตัวอย่างก้อนดินในระดับความลึกที่ต้องการและนำมาวิเคราะห์โดยแบ่งดินที่ผึ่งแห้งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำไปหาปริมาณน้ำในดินโดยน้ำหนักโดยแยกตัวอย่างดินใส่ถุงหรือภาชนะที่ปิดสนิทเก็บไว้ในที่เย็นและมีด

ส่วนที่ 1 นำมาใช้หาความหนาแน่นรวมของดิน เก็บตัวอย่างดินใส่ถุงพลาสติกและมีวัสดุกันกระแทก

ส่วนที่ 2 นำมาหาความชื้นในดิน ชั่งถุงดิน/ภาชนะบรรจุพร้อมตัวอย่างดินก่อนอบ (ไม่เปิดฝา) ใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียดอย่างน้อยทศนิยม 2 ตำแหน่ง จากนั้นเปิดถุง/ฝาภาชนะ นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างดินมาชั่งน้ำหนักทำความสะอาดถุงพลาสติก/ภาชนะใส่ดิน อบแห้ง ชั่งน้ำหนัก คำนวณหาความปริมาณน้ำในดิน ดังนี้

$$\text{ปริมาณน้ำในดิน} = \text{น้ำหนักดินเปียก} - \text{น้ำหนักดินแห้ง}$$

$$\text{น้ำหนักดินแห้ง} = \text{น้ำหนัก (ดิน+ถุง) หลังการอบ} - \text{น้ำหนักถุง}$$

$$\text{น้ำหนักดินเปียก} = \text{น้ำหนัก (ดิน+ถุง) ก่อนการอบ} - \text{น้ำหนักถุง}$$

ส่วนที่ 3 นำมาหาความหนาแน่นรวมของดิน นำตัวอย่างดินผึ่งแห้งมาผูกด้วยด้าย 2-3 เส้น ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งที่มีความละเอียดอย่างน้อยทศนิยม 2 ตำแหน่ง จากนั้นนำตัวอย่างดินจุ่มลงในพาราฟินร้อน (อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส) ยกขึ้นทิ้งไว้จนไม่มีพาราฟินหยด นำตัวอย่างดินที่เคลือบพาราฟินมาชั่งน้ำหนักในน้ำสามารถคำนวณหาความหนาแน่นรวมดังนี้

$$\text{ความหนาแน่นของพื้นดิน} = \frac{\text{น้ำหนักดินผึ่งแห้ง} - \text{ปริมาณน้ำในดิน}}{(\text{น้ำหนักดินผึ่งแห้ง} + \text{พาราฟิน}) - \text{น้ำหนักดินชุบพาราฟินในน้ำ} - \text{ปริมาตรพาราฟิน}}$$

$$\text{ปริมาตรพาราฟิน} = \frac{\text{น้ำหนักพาราฟินที่เคลือบ}}{\text{ความหนาแน่นพาราฟิน}}$$

4.3 กลุ่มดินที่มีปริมาณกรวด-หินผสมมากกว่าร้อยละ 25 เป็นการหาความหนาแน่นรวมของดินในพื้นที่เก็บตัวอย่าง มีขั้นตอน ดังนี้

4.3.1 เตรียมกรอบไม้หรือพลาสติก ขนาดกว้าง 30 x 30 x 30 เซนติเมตร เจาะช่องตรงกลางเป็นรูปวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร

4.3.2 นำกรอบดังกล่าววางลงบนพื้นที่ที่เตรียมไว้เพื่อวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน

4.3.3 ขุดเก็บตัวอย่างดินในช่องกลางและเก็บตัวอย่างดินทั้งหมดใส่ถุงพลาสติกไว้ชุดจนได้ความลึกที่ต้องการ (ประมาณ 20–30 เซนติเมตร) แต่งขอบให้เรียบ

4.3.4 นำถุงพลาสติกมาใส่ลงในหลุมที่ขุดไว้กดปรับให้แนบกับผิวดินในหลุม

4.3.5 ทำการตวงน้ำและกรอกลงไปในหลุมจนเต็มวัดปริมาตรน้ำที่กรอกจะได้ปริมาตรดินที่ขุดออกมา

4.3.6 นำตัวอย่างดินไปอบแห้งที่ 105 องศา ชั่งน้ำหนักดิน

4.3.7 ทำการร่อนตัวอย่างดินเพื่อแยกดินและกรวดออกจากกันจากนั้นนำดินและกรวดที่แยกได้ไปชั่งหาหนักแห้งและนำไปคำนวณหาความหนาแน่นรวมได้ดังสมการต่อไปนี้

ความหนาแน่นรวมของดิน = น้ำหนักดินแห้งหลังแยกกรวดออกปริมาตรดิน - ปริมาตรกรวด

ปริมาตรกรวด = มวลของกรวด 2.65

5. วิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในดิน (Soil Organic carbon: SOC)

คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินทางสิ่งแวดล้อมจะนำหลักการหรือมาตรฐานการวิเคราะห์ดินจากกรมพัฒนาที่ดินเป็นหลัก เนื่องจากเป็นหน่วยงานของประเทศไทยที่มีความน่าเชื่อถือเกี่ยวกับเรื่องดินโดยคำนึงถึงเครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุปกรณ์ที่มีอยู่ของคณะซึ่งหลักการการวิเคราะห์ดินทางสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในดิน (Organic matter ; OM) ตามภาคผนวก ง

6. การคำนวณปริมาณการสะสมคาร์บอนในดิน

การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่สะสมในดิน สามารถคำนวณจากการสะสมคาร์บอนในดินอันเนื่องมาจากกิจกรรมของโครงการ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(อบก.), 2566) มีรายละเอียดการคำนวณ ดังนี้ ทำการเก็บตัวอย่างดินโดยทำการเก็บตัวอย่างที่ความลึก 0–30 เซนติเมตร ให้กระจายและครอบคลุมพื้นที่โครงการ โดยวิธีการเก็บตัวอย่างดินให้เป็นไปตามที่ อบก.กำหนดจากนั้นนำมาวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนก่อนเริ่มกิจกรรมโครงการ (SOC_{ref}) ในห้องปฏิบัติการที่ได้มาตรฐาน มาคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในดินจากกิจกรรมต่าง ๆ ของพื้นที่ก่อนเริ่มดำเนินการ

7. ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดิน

ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดิน (Relative Stock Change Factor ; F) ของพื้นที่ดำเนินโครงการเป็นค่าคงที่สำหรับประมาณปริมาณคาร์บอนที่สะสมในพื้นที่โดยประเมินจากรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการพื้นที่ดำเนินโครงการโดย (IPCC, 2006) ได้กำหนดค่าดังกล่าวเป็น 3 ด้านหลัก ๆ ประกอบด้วย

7.1 ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามประเภทการใช้ที่ดิน (F_{LU}) เป็นค่าสัมประสิทธิ์จากประเภทการใช้ที่ดินต่าง ๆ ที่มีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนในดินโดยการใช้ที่ดินแต่ละประเภทจะส่งผลต่อปริมาณคาร์บอนในดินที่สะสมได้ต่างกันรายละเอียดดัง (ตาราง 10)

ตาราง 9 ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามประเภทการใช้ที่ดิน (F_{LU})

พื้นที่	ความชื้น	ค่าคงที่	หมายเหตุ
พื้นที่เพาะปลูกระยะยาว	พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝน เฉลี่ยรายปีน้อยกว่า 1000 มิลลิเมตร พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝน เฉลี่ยรายปีตั้งแต่ 1000 มิลลิเมตรขึ้นไป	0.58 0.48	ใช้สำหรับพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ที่มีการจัดการอย่างต่อเนื่องมากกว่า 20 ปีโดยพืชที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นพืชปีเดียว (annual crop)
นาข้าว	ทุกประเภท	1.10	ใช้สำหรับพื้นที่ที่เป็นนาข้าวมา มากกว่า 20 ปี รวมถึงพื้นที่ที่มีการปลูกพืชชนิดอื่นระหว่างช่วงที่ไม่ได้มีการทำนาด้วย
พื้นที่เพาะปลูกพืชทางการเกษตรที่มีอายุหลายปี	ทุกประเภท	1.00	ตัวอย่าง เช่น สวนผลไม้กาแฟและโกโก้ เป็นต้น
พื้นที่อนุรักษ์ทางเกษตร	พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝน เฉลี่ยรายปีน้อยกว่า 1000 มิลลิเมตร พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝน เฉลี่ยรายปีตั้งแต่ 1000 มิลลิเมตรขึ้นไป	0.93 0.82	ใช้สำหรับพื้นที่การเกษตรที่ใช้ในเชิงของการอนุรักษ์ระบบนิเวศหรือการอนุรักษ์ดินและน้ำ เช่น พื้นที่ปลูกหญ้าหรือ แฝก เป็นต้น ซึ่งไม่ได้ใช้สำหรับปลูกพืชทางการเกษตร

ที่มา: IPCC (2006) Table 3.3.4 Relative stock change factor (F_{LU} , F_{MG} , and F_I) (over 20 years) for different management activity on cropland

6.2 ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามวิธีการจัดการดิน (F_{MG}) เป็นค่าสัมประสิทธิ์จากวิธีการจัดการดินของพื้นที่โครงการที่ส่งผลต่อศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนในดิน รายละเอียดดัง (ตาราง 10)

ตาราง 10 ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามวิธีการจัดการดิน (F_{MG})

รูปแบบ	ความชื้น	ค่าคงที่	หมายเหตุ
มีการไถพรวน อย่างเต็มรูปแบบ	ทุกประเภท	1.00	ใช้สำหรับพื้นที่เพาะปลูกที่มีการไถพรวนอย่างเต็มรูปแบบตามการดำเนินงานปกติของโครงการ
มีการลดการไถพรวน	พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีน้อยกว่า 1000 มิลลิเมตร	1.09	ใช้สำหรับพื้นที่ที่มีการลดการไถพรวนลงจากการดำเนินงานปกติ
	พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีตั้งแต่ 1000 มิลลิเมตรขึ้นไป	1.15	
	พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีน้อยกว่า 1000 มิลลิเมตร	1.17	
	พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีตั้งแต่ 1000 มิลลิเมตรขึ้นไป	1.22	
ไม่มีการไถพรวน	พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีน้อยกว่า 1000 มิลลิเมตร	1.17	ใช้สำหรับพื้นที่ที่ทำการปลูกโดยไม่มีการไถพรวนสามารถใช้สารกำจัดวัชพืชได้
	พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีตั้งแต่ 1000 มิลลิเมตรขึ้นไป	1.22	

ที่มา: IPCC (2006) Table 3.3.4 Relative stock change factor (F_{LU} , F_{MG} , and F_I)(over 20 years) for different management activity on cropland

6.3 ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามระดับอินทรีย์วัตถุที่ใส่ลงในดิน (F_I) เป็นค่าสัมประสิทธิ์จากระดับอินทรีย์วัตถุที่กลับคืนสู่ดินของพื้นที่โครงการที่ส่งผลต่อศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนในดิน โดยจะขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ใส่ในพื้นที่โครงการ เช่น ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมัก หรือ ปุ๋ยคอก เป็นต้น รายละเอียดดัง (ตาราง 12)

ตาราง 11 ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามระดับอินทรีย์วัตถุ
ที่ใส่ลงในดิน (F_I)

พื้นที่	ความชื้น	ค่าคงที่	หมายเหตุ
ปริมาณอินทรีย์ วัตถุที่อยู่ใน ระดับต่ำ	พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝน เฉลี่ยรายปีน้อยกว่า 1000 มิลลิเมตร	0.95	ใช้สำหรับพื้นที่เพาะปลูกที่มีเศษซาก พืชที่เหลืออยู่ในพื้นที่อยู่ในระดับต่ำ โดยมีการนำเศษซากพืชออกจากพื้นที่ โครงการ (ด้วยวิธีการเผาหรือเก็บ ออกนอกพื้นที่)
	พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำ ฝนเฉลี่ยรายปีตั้งแต่ 1000 มิลลิเมตรขึ้นไป	0.92	
ปริมาณอินทรีย์ วัตถุที่อยู่ในพื้นที่ อยู่ในระดับ ปานกลาง	ทุกประเภท	1.00	ใช้สำหรับพื้นที่เพาะปลูกที่มีการเหลือ เศษซากพืชในพื้นที่โครงการหรือหาก มีการนำ เศษซากพืชออกก็มีการใส่ ปุ๋ยเพิ่มเติมในพื้นที่รวมถึงการปลูก พืชที่สามารถตรึงไนโตรเจนในระหว่าง รอบการปลูกพืชด้วย
ปริมาณอินทรีย์ วัตถุที่อยู่ในพื้นที่ อยู่ในระดับสูง (ไม่รวมปุ๋ยจาก มูลสัตว์)	พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝน เฉลี่ยรายปีน้อยกว่า 1000 มิลลิเมตร	1.04	ใช้สำหรับพื้นที่เพาะปลูกที่มีการเหลือ เศษซากพืชไว้ในพื้นที่และมีการใส่ เพิ่มเติมมากกว่าในระดับปานกลาง
	พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำ ฝนเฉลี่ยรายปีตั้งแต่ 1000 มิลลิเมตรขึ้นไป	1.11	หรือเป็นการจัดการปลูกพืชหมุนเวียน ที่มีการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ด้วย
ปริมาณอินทรีย์ วัตถุที่อยู่ในพื้นที่ อยู่ในระดับสูง (รวมปุ๋ยจากมูล สัตว์)	พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝน เฉลี่ยรายปีน้อยกว่า 1000 มิลลิเมตร	1.37	ใช้สำหรับพื้นที่เพาะปลูกที่มีการเหลือ เศษซากพืชไว้ในพื้นที่และมีการใส่ เพิ่มเติมมากกว่าในระดับปานกลาง
	พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำ ฝนเฉลี่ยรายปีตั้งแต่ 1000 มิลลิเมตรขึ้นไป	1.44	หรือเป็นการจัดการปลูกพืชหมุนเวียน ที่มีการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และใช้ปุ๋ยจากมูลสัตว์ด้วย

ที่มา: IPCC (2006) Table 3.3.4 Relative stock change factor (F_{LU} , F_{MG} , and F_I)(over 20 years) for
different management activity on cropland

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ป่าไม้ยืนต้นเป็นระบบนิเวศมีความสำคัญในด้านการกักเก็บคาร์บอน จากการศึกษาของ (FAO, 2005) พบว่าป่าเขตร้อนสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ ป่าไม่ผลัดใบ (Evergreen forest) และป่าผลัดใบ (Deciduous forest) ในประเทศไทยเป็นป่าเขตร้อนประเภทผลัดใบถึง 55% ของป่าทั้งหมด โดยแบ่งเป็นป่าผสมผลัดใบ 34% และป่าเต็งรัง 21% พบมากทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย โดยระบบนิเวศป่าไม้ของประเทศไทยเป็นหนึ่งในระบบนิเวศป่าเขตร้อนที่สำคัญ ทั้งด้านทรัพยากรและความหลากหลายทางชีวภาพ โดยเฉพาะบทบาทในการกักเก็บคาร์บอนผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในช่วง 1-2 kg/m² ซึ่งป่าไม้ส่วนใหญ่ ทั้งนี้ความสามารถในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่ได้ขึ้นกับจำนวนและความหลากหลายของชนิดพันธุ์เพียงอย่างเดียวแต่ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของป่าและการถูกรบกวนจากการทำลายป่าจากฝีมือของมนุษย์ กรณีดังกล่าวได้มีการศึกษาความสามารถในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดูดซับในหลายพื้นที่ของประเทศไทย สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

การศึกษากการกักเก็บคาร์บอนของไม้ยืนต้นในป่าชุมชนประเภทป่าเต็งรังบ้านปาง จังหวัดแพร่ (ณัฐนิชา นาคน้อยและศิริวรรณ บาลจ่าย, 2565) พบว่า มวลชีวภาพรวมของต้นไม้ในป่าชุมชนบ้านปางทั้งหมดเท่ากับ 167.05 ตัน มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน 131.54 ตัน และมวลชีวภาพใต้พื้นดิน 35.51 ตัน ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวมของต้นไม้ในป่าชุมชนบ้านปางทั้งหมดเท่ากับ 78.51 ตันคาร์บอน มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน 61.82 ตันคาร์บอน และการกักเก็บคาร์บอนใต้พื้นดิน 16.69 ตันคาร์บอน

การศึกษานี้ประเมินความยั่งยืนของการใช้ผลผลิตใบพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus*) ในป่าชุมชนป่าเต็งรังหมู่บ้านท่าสะแล อำเภอฟาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ในหลายด้านเพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการกักเก็บคาร์บอน (ณิชาภัทร์ ดวงทิพย์ และคณะ, 2556) โดยมีการเก็บข้อมูลของประชากรไม้พลวงในสังคมพืชมีพรรณไม้ทั้งหมด 50 ชนิด (45 สกุล 28 วงศ์) ความหนาแน่น 302 ต้นต่อไร่ ไม้พลวงเป็นไม้เด่นในป่า โดยมีดัชนีความสำคัญทางนิเวศวิทยา (IVI) ร้อยละ 52.05 ของชนิดไม้ทั้งหมด ไม้เต็ง (*Shorea obtusa*) และไม้รักใหญ่ (*Gluta usitata*) เป็นไม้เด่นรองลงมา ดัชนีความหลากหลายชนิด (SWI) อยู่ในลำดับต่ำ 1.91 ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณมวลชีวภาพพืช 75,650.13 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ 37,377.19 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (ร้อยละ 81.19 คือ ไม้พลวง) และการกักเก็บคาร์บอนในดิน 10,875.98 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ รวมการกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศ 48,253.17 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์

การศึกษาลักษณะทางนิเวศวิทยาและศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของป่าชุมชนบ้านหินลาดและป่าชุมชนบ้านหินลาน-แก่น้อย จังหวัดมหาสารคาม (อัญชัน พิมพ์สวรรค์, 2561) พบว่า การวิเคราะห์โครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืช ค่าดัชนีความหลากหลาย มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นและไม้หนุ่มของป่าเต็งรัง โดยใช้สมการแอลโลเมตรี และไม้พื้นล่างโดยการวิเคราะห์จากน้ำหนักแห้ง จากผลการศึกษาในการเก็บข้อมูลของป่าชุมชนบ้านหินลาดพบว่า มีพันธุ์พืชทั้งหมด 88 ชนิด จาก 46 วงศ์และป่าชุมชนบ้านหินลาน-แก่น้อยมีพันธุ์พืชทั้งหมด 72 ชนิด จาก 40 วงศ์ สำหรับกลุ่มไม้ต้น ชนิดพันธุ์พืชมีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุดคือ มะค่าแต้ (58.66) และยางเหียง (50.95) ตามลำดับ ส่วนกลุ่มไม้หนุ่มคือ มะค่าแต้ (44.12) และแดง (53.51) ตามลำดับ ซึ่งมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าชุมชนบ้านหินลาดและป่าชุมชนบ้านหินลาน-แก่น้อย มีค่าเท่ากับ 6.63 และ 812 ตันคาร์บอนต่อไร่ตามลำดับ และการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ที่มีค่าเท่ากับ 924.45 และ 751.67 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าตามลำดับ โดยมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนจากการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอนาคตอีก 20 ปี เท่ากับ 1,646.45 และ 1,226.67 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าตามลำดับ กลุ่มไม้เด่นของไม้ต้นและไม้หนุ่มเป็นกลุ่มชนิดที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจมีผลต่อโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชในอนาคต

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจบทบาทของป่าชุมชนในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการปกคลุมดิน รวมถึงผลกระทบของตำแหน่งความลาดเอียงต่อการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (SOC) โดยการเก็บตัวอย่างดินจากความลึก 30 ซม. ในตำแหน่งความลาดเอียง 3 ตำแหน่ง (วรรณชัย วรรณสิงห์, 2562) โดยการเก็บตัวอย่างดินจากความลึก 30 ซม. และตำแหน่งความลาดเอียง 3 ตำแหน่งการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินเฉลี่ย (SOC_s) วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (SOC) และความหนาแน่นรวม (BD) ของดินและวัดมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชน สามารถกักเก็บมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชนมีค่าเฉลี่ย 89.29 ± 10.22 ตัน/เฮกตาร์ และปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นมีค่าเฉลี่ย 41.97 ± 4.80 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดในพื้นที่ป่าชุมชน (รวมซากพืช รากฝอย คาร์บอนอินทรีย์ในดิน และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น) มีค่าเฉลี่ย 78.71 ± 11.40 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ ป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮีมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญที่ 96.22 ± 18.65 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญ ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการกักเก็บคาร์บอน ซึ่งมีส่วนช่วยในการบรรเทาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยป่าชุมชนเป็นพื้นที่ที่มี

ศักยภาพสูงในการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น ต่ำสุดพบในที่ดินเปล่าและสูงสุดในที่ดินพุ่มไม้

การศึกษาการสร้างสมการประมาณมวลชีวภาพและการเปรียบเทียบผลผลิตมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ป่า 4 ชนิด ได้แก่ ประดู่ป่า ตะเคียนทอง สะเดา และสะเดาเทียม ที่มีอายุ 21 ปี ซึ่งปลูก ณ สถานีวนวัฒนวิจัยประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (ปริญญา ภูศักดิ์, 2561) การศึกษาดำเนินการโดย วางแปลงขนาด 20×20 เมตร จำนวน 4 แปลงในแต่ละชนิดไม้ วัตถุประสงค์ต่าง ๆ ของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่าง ตัดต้นไม้ตัวอย่างเพื่อนำไปประมาณหามวลชีวภาพโดยใช้สมการ allometric ที่สร้างขึ้นด้วยวิธี stratified clip technique วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพเพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ จากการศึกษาสามารถสร้างสมการประมาณมวลชีวภาพที่แม่นยำ และประเมินผลผลิตมวลชีวภาพรวมถึงการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ป่าทั้ง 4 ชนิด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดการป่าไม้และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการปกคลุมดินและผลกระทบของตำแหน่งความลาดเอียงต่อ SOC ศักยภาพในการสะสมคาร์บอน และความหนาแน่นรวม (BD) โดยการเก็บตัวอย่างดินจากความลึก 30 ซม. ในที่ดินหลัก 5 ประเภท และตำแหน่งความลาดเอียง 3 ตำแหน่ง มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาจัดทำขั้นตอนการคำนวณคาร์บอนแบบแปลง วิธีการคำนวณและประมวลผลการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้และป่าด้วยสมการแอลโลเมตริกที่เหมาะสม

จากการศึกษา ป่าแอตแลนติกเป็นหนึ่งในจุดที่มีความหลากหลายทางชีวภาพที่ถูกคุกคามมากที่สุด และผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมทำให้ภูมิทัศน์ของป่ามีการแยกตัวและความไม่สม่ำเสมอ (Otavio Miranda Verly, 2023) การที่ป่ามีความไม่สม่ำเสมอเป็นความท้าทายในการจัดลักษณะและการหาปริมาณทรัพยากรป่าไม้ เช่น การเก็บสต็อกชีวมวลและคาร์บอน มีการใช้วิธีการที่อิงจากการรับรู้ระยะไกลเพื่อปรับปรุงการประมาณการเหล่านี้โดยไม่กระทบต่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือการประมาณการปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินในช่วงการสืบต่อของป่าที่ต่างกันในพื้นที่แอตแลนติกด้วยการรับรู้ระยะไกลแบบพาสซีฟที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง ป่าถูกจัดประเภทเป็นช่วงการสืบต่อเริ่มต้น ระดับกลาง และขั้นสูง ในแต่ละขั้นมีการจัดตั้งพล็อตขนาด 20×50 เมตร จำนวน 10 พล็อต และคำนวณปริมาณคาร์บอนโดยใช้โมเดล Schumacher และ Hall ที่ปรับเปลี่ยน การสะท้อนแสงของแถบสีน้ำเงิน สีเขียว สีแดง และใกล้อินฟราเรด และดัชนีพืชพรรณ (VIS) ได้มาจากภาพถ่าย MSI/Sentinel-2 ในฤดูแห้งและฤดูฝนที่มีความละเอียด 10 เมตร มีการฝึกและตรวจสอบความถูกต้องของ Artificial Neural Networks (ANN) ด้วยค่าการสะท้อนแสงจำลองที่แตกต่างกัน ปริมาณคาร์บอนถูกประมาณการโดย ANN ที่มี

ประสิทธิภาพดีที่สุดในการฝึกและการตรวจสอบความถูกต้อง ค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนในชั้นเริ่มต้น ระดับกลาง และชั้นสูงคือ 24.99, 35.79 และ 82.28 Mg ha^{-1} ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยทั่วไป 47.68 Mg ha^{-1} การประมาณการคาร์บอนมีผลลัพธ์ที่ดีกว่าโดยใช้ ANN ที่ฝึกด้วยการสะท้อนแสงของฤดูฝน การเพิ่ม Vis ไม่ได้ปรับปรุงประสิทธิภาพของ ANN ข้อมูลสเปกตรัมจำลองมีความสอดคล้องและเพียงพอในการตรวจสอบความถูกต้องของ ANN ที่เลือก ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดที่ได้จากการจำลองคือ 41,962.15 Mg โดยมีค่าตั้งแต่ 6.68 ถึง 108.29 Mg ha^{-1} โดยมีค่าเฉลี่ย 48.70 Mg ha^{-1} ปริมาณคาร์บอนในชั้นชั้นสูงมีมากกว่าที่สังเกตในชั้นเริ่มต้นกว่า 3 เท่า และสามารถประมาณการได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้ข้อมูลสเปกตรัมที่มีความละเอียดสูงที่ได้มาในฤดูฝนเป็นข้อมูลนำเข้า

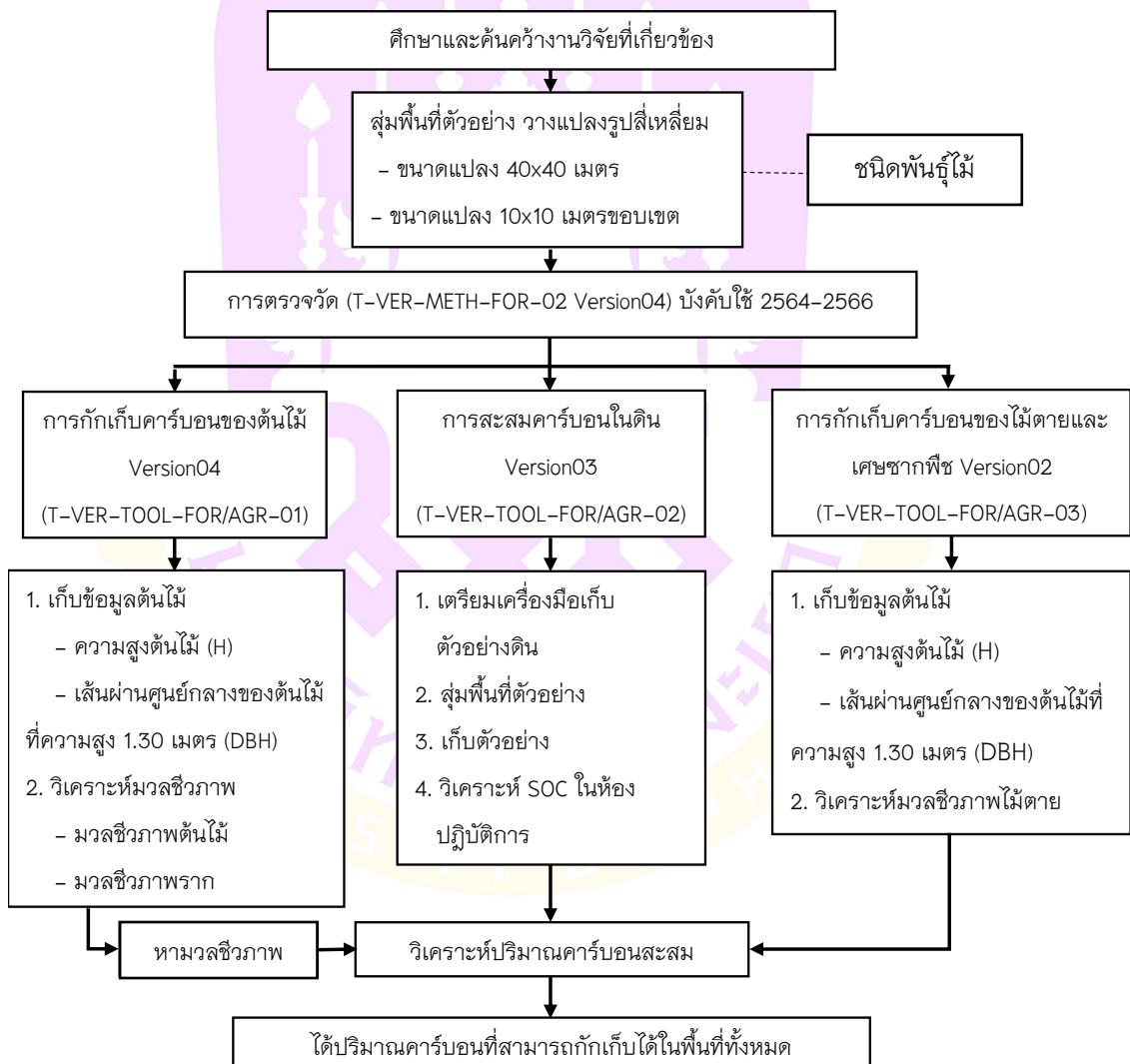


บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

กรอบแนวคิดของการศึกษาวิจัย

การศึกษานี้ มีกรอบแนวคิดของการศึกษาวิจัยและการดำเนินงานที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ กรอบแนวคิดดังแสดงใน (ภาพ 18)



ภาพ 18 กรอบแนวคิดการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าเต็งรังของมหาวิทยาลัยพะเยา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่ามหาวิทยาลัยพะเยา โดยศึกษาและค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีการค้นคว้าเกี่ยวกับลักษณะและขอบเขตของพื้นที่ ศึกษาวิธีการสุ่มพื้นที่ชั้นภูมิที่สามารถเป็นตัวแทนของพื้นที่ ด้วยการวิเคราะห์ชั้นภูมิของป่าไม้ โดยเทคนิค Normalize Difference Vegetation Index (NDVI) การจำแนกพื้นที่ความหนาแน่นของ ป่าและกำหนดจุดวางแปลงเพื่อดำเนินงานมีการเลือก Methodology ที่เหมาะสมในการตรวจวัด คือ T-VER-S-METH-13-02 เริ่มใช้ 1 มีนาคม ทำการคัดเลือกสมการแอลโลเมตรีที่เหมาะสมโดย พิจารณาจากการประเมินพรรณไม้ที่แสดงถึงคุณลักษณะของป่าเต็งรังอย่างชัดเจนที่สุดคือไม้ผลัดใบ ในวงศ์ยาง (ภาควิชาววนวัฒนวิทยา, 2550) ได้แก่ เต็ง รัง พลวงและเหียง มักจะขึ้นตามภูเขาที่มี ไซดหิน ดินตื้นและมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีหินลูกรังปะปน ขึ้นกระจายอยู่ห่าง ๆ ในพื้นที่ ค่อนข้างราบจะเป็นดินทราย ตามผลการศึกษาในการเก็บข้อมูลจริงและมีวิธีการคำนวณ ดังนี้

1. การกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้จะเก็บข้อมูลต้นไม้ความสูงต้นไม้และเส้นผ่าน ศูนย์กลางของต้นไม้ที่มีความสูง 1.30 เมตร วิเคราะห์หามวลชีวภาพของต้นไม้และวิเคราะห์ ปริมาณคาร์บอนสะสมในต้นไม้

2. การสะสมคาร์บอนในดินสุ่มพื้นที่โดยกำหนดขนาดพื้นที่แปลงย่อยในการเก็บ ตัวอย่างดิน โดยทั่วไปแล้วไม่มีขนาดจำกัดที่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของพื้นที่ เช่น ความลาดชัน เนื้อดิน สีดิน เป็นต้น แล้วเก็บตัวอย่างดินเพื่อทำการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ อินทรีย์คาร์บอนและวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนสะสมในดิน

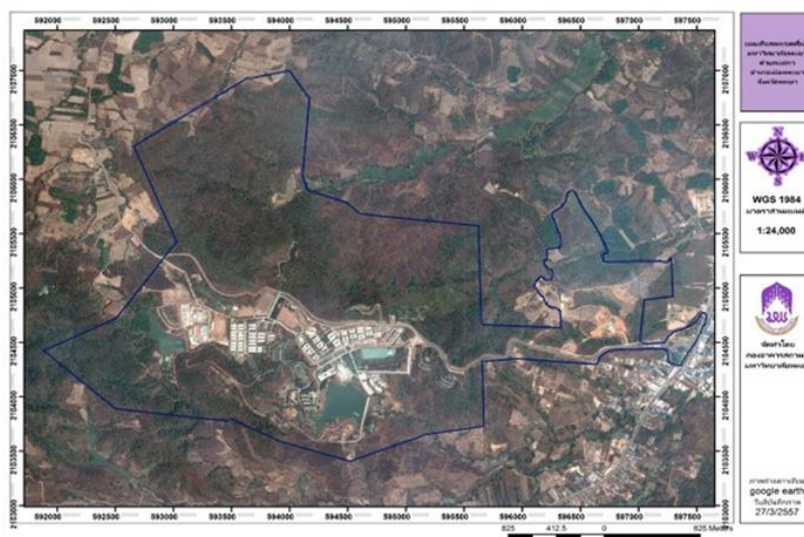
3. การกักเก็บคาร์บอนของไม้ตายและซากพืชจะเก็บข้อมูลไม้ตายความสูงไม้ตาย และเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้ตาย วิเคราะห์หามวลชีวภาพของไม้ตายและวิเคราะห์ปริมาณ คาร์บอนสะสมในไม้ตาย

จากนั้นทำการเก็บข้อมูลของค่ามวลชีวภาพที่ต้องการศึกษาและคำนวณผลปริมาณ คาร์บอนที่กักเก็บในป่าเต็งรังมหาวิทยาลัยพะเยา ที่สามารถกักเก็บได้ในพื้นที่ทั้งหมด

พื้นที่ศึกษา

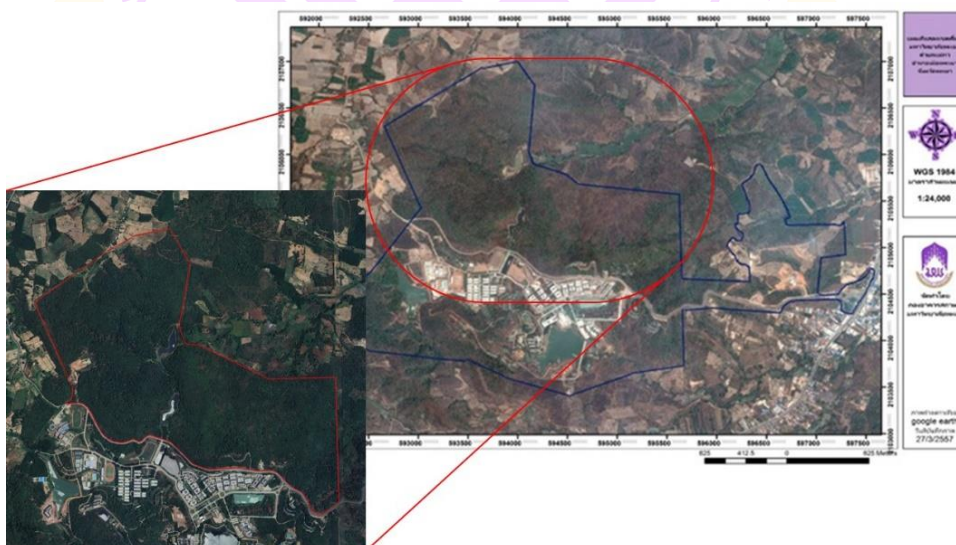
พื้นที่การศึกษาทำการศึกษาในพื้นที่ป่าไม้ด้านทิศเหนือของมหาวิทยาลัยพะเยา ปัจจุบัน มหาวิทยาลัยพะเยามีพื้นที่ ทั้งหมด 5,700 ไร่ (ภาพ 19) พื้นที่ก่อนทำการศึกษาเป็นพื้นที่ป่าทั้งหมด 1,997 ไร่ โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ โดยเปรียบเทียบ การเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศป่าไม้จากภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้โปรแกรม Google Earth Prom การ จำแนกข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ในการศึกษานี้เป็นการจำแนกข้อมูลพื้นที่ที่เป็นป่าไม้ 1,652 ไร่ และพื้นที่ที่ ไม่ใช่ป่าไม้ (พื้นที่สิ่งก่อสร้าง แหล่งน้ำ พื้นที่เปิดโล่ง รวมถึงพื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่น) จำนวน 345 ไร่

ตำแหน่งอ้างอิงของพื้นที่ศึกษาคือเสาดรจวัดจุลอุตุนิยมวิทยา (Dry Dieterscarp Forest Flux Phabyan site Thailand, DPT) พิกัด ทางภูมิศาสตร์ ละติจูดที่ $19^{\circ} 02' 14.38''$ N. ลองติจูด $99^{\circ} 54' 10.96''$ E. โดยขอบเขตของพื้นที่ศึกษาแสดงตามภาพ

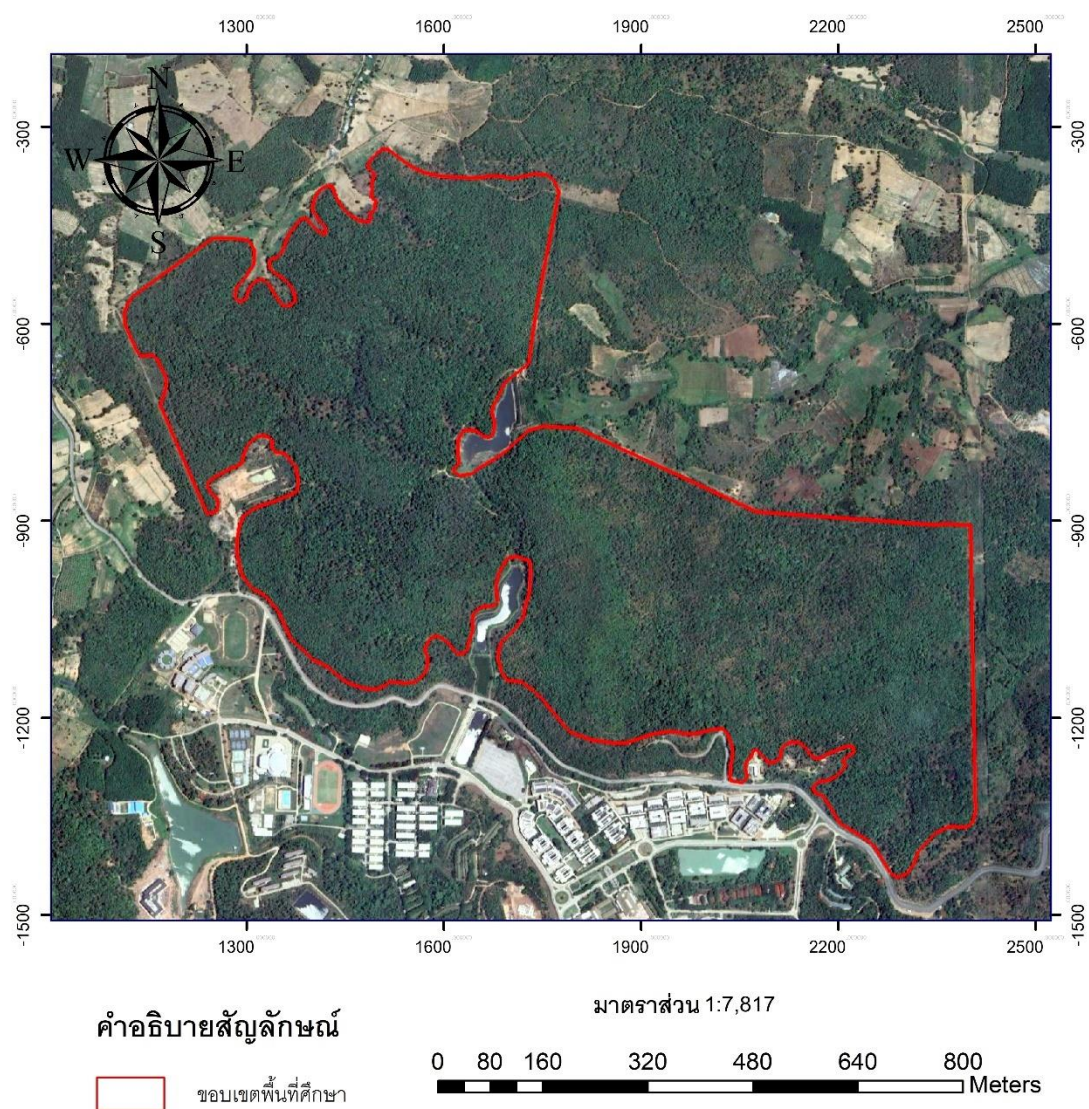


ภาพ 19 ขอบเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 7,500 ไร่

ที่มา: กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยพะเยา



ภาพ 20 ขอบเขตพื้นที่ป่าไม้รวม (สีแดง) จำนวน 2,285 ไร่



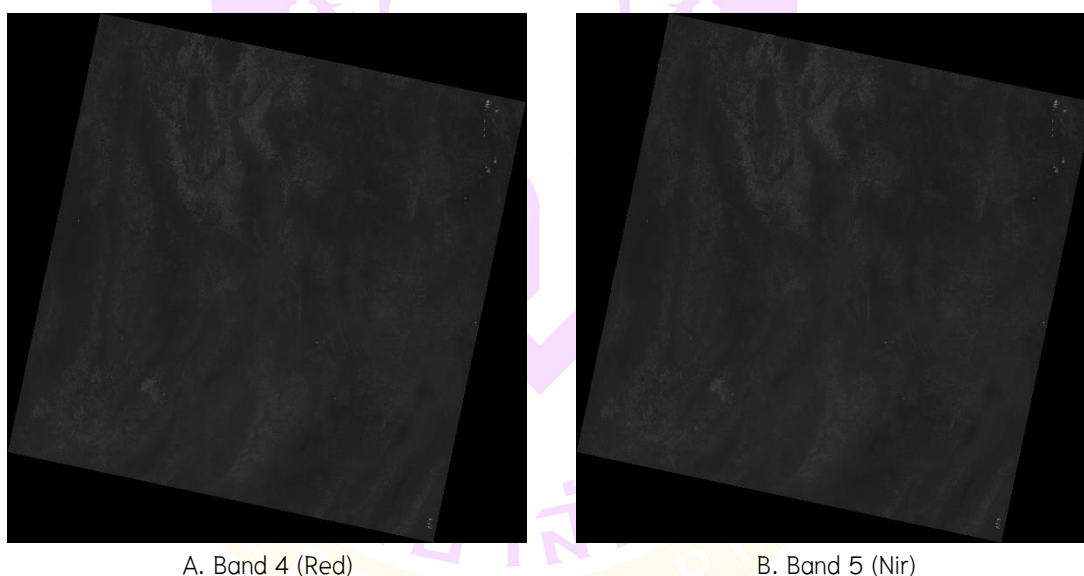
ภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth ปี 2565 จัดทำเมื่อ 5 มีนาคม 2565

ภาพ 21 ขอบเขตพื้นที่พื้นที่ในการศึกษา จำนวน 1,997 ไร่ โดยตัดพื้นที่ที่ไม่ใช่ป่าไม้
(พื้นที่สิ่งก่อสร้าง แหล่งน้ำ พื้นที่เปิดโล่ง)

ที่มา: ภาพถ่ายทางดาวเทียม Google Earth, 2565

การจำแนกประเภทป่าการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (NDVI) และ (FCD)

การวิเคราะห์และการแปลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อจำแนกพื้นที่ป่าไม้จะใช้การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์ (Digital analysis and image processing) โดยใช้เทคนิค Normalize Difference Vegetation Index (NDVI) คือการจำแนกพื้นที่ด้วยดัชนีพืชพรรณ (Vegetation index) เป็นวิธีการจำแนกด้วยการคำนวณค่าการสะท้อนแสงของพืช ในรูปแบบตัวเลข แล้วให้ผลลัพธ์ในการจำแนกบริเวณที่มีพืชพรรณปกคลุมกับไม่มีพืชพรรณ โดยช่วงคลื่นสีแดง (Red) ที่มีคุณสมบัติในการวัดค่าสะท้อนจากส่วนที่มีการดูดกลืนพลังงานในใบพืช หรือส่วนที่มีคลอโรฟิลล์ (Band 4) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near infrared band) มีคุณสมบัติในการแยกพืชพรรณ (Band 5) มาทำสัดส่วนกันดังสมการ 1 (Mongkolsawat C., 2001) จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ของในช่วงเดือน เดือนเมษายน-มิถุนายน ความละเอียดภาพ 30 เมตร * 30 เมตร ดังภาพ AB โดยแบ่งเป็น 3 ช่วงตามระยะความหนาแน่นของชั้นภูมินั้น ๆ และใช้เทคนิคดัชนีพืชพรรณ NDVI



ภาพ 22 ภาพถ่ายทางดาวเทียม Landsat 8 วันที่ 6 มีนาคม 2565

ที่มา: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>

เทคนิคดัชนีพืชพรรณ NDVI และดัชนีความต่าง ค่าอินฟราเรดในการจำแนกพื้นที่ ความหนาแน่นของป่า Normalized Difference Vegetation Index คือ ดัชนีผลต่างค่าอินฟราเรด มีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 โดยมีสมการ คือ

$$NDVI = \frac{(Band5 - Band4)}{(Band5 + Band4)} \quad (1)$$

เมื่อ NDVI = Normalized Difference Vegetation Index

Band 4 = Red มีความยาวคลื่น 0.64 – 0.67

Band 5 = Nir มีความยาวคลื่น 1.57 – 1.65

ความหนาแน่นของทรงพุ่มป่าไม้ Forest canopy density (FCD) เป็นหนึ่งในดัชนีเพื่อระบุคุณภาพป่าไม้ การรวม VD และ SI หมายถึงการเปลี่ยนแปลงค่าความหนาแน่นของทรงพุ่มป่า (Duong Thi Loi 2017) VD และ SI รวมกันเพื่อคำนวณ FCD และดำเนินการเป็นสมการ FCD ที่มีขนาดตั้งแต่ 0 ถึง 100 เปอร์เซนต์ โดยมีสมการคือ

$$FCD = \sqrt{VD \times SI} + 1 - 1 \quad (2)$$

เมื่อ FCD = ความหนาแน่นของทรงพุ่มป่าไม้

VD = ความหนาแน่นของพืชพรรณ

SI = ค่าดัชนีเงา

สามารถทำได้โดยการสุ่มตัวอย่างแบบคลัสเตอร์แล้วจึงนำกลุ่มข้อมูล ดังกล่าวมาแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ การวิเคราะห์ข้อมูลจะประกอบไปด้วย

1. การคัดเลือกภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8 ในช่วงเดือนเมษายน-มิถุนายน ปี 2565
2. ภาพถ่ายดาวเทียมมาทำการรวมแบนด์
3. ตัดขอบเขตพื้นที่ศึกษา
4. วิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI/FCD และค่าดัชนีความต่างอินฟราเรด NDII โดย

จำแนกข้อมูล

5. วิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดิน 7 ประเภทกับภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้ โดยใช้วิธีซ้อนทับ (Overlay) เพื่อจำแนกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและได้มาค่าสถิติของจุดภาพ

6. กำหนดจุดตัวอย่างแบบสุ่มเพื่อทำการวิเคราะห์ความถูกต้องเชิงพื้นที่และทำการตรวจสอบความถูกต้องของจุดตัวอย่างโดยใช้วิธี Confusion Matrix

7. วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบพื้นที่ความหนาแน่นของป่ากับพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น ๆ โดยทดสอบสมมติฐานค่า NDVI /NDII ของพื้นที่ความหนาแน่นแตกต่างจากการใช้ประโยชน์ที่ดินชนิดอื่นหรือไม่ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

8. วิเคราะห์ข้อมูลพื้นที่ความหนาแน่นมาทดสอบสมมติฐานและเปรียบเทียบพื้นที่ความหนาแน่นของชั้นภูมิ ซึ่งสามารถแบ่งได้ทั้งหมด 3 ชั้นภูมิ ได้แก่ ความหนาแน่นสูง ความหนาแน่นกลางและความหนาแน่นต่ำ โดยคัดเลือกและกำหนดจุดวางแปลงตัวอย่างในพื้นที่ป่าเท่านั้น ได้จำนวนทั้งหมด 9 จุดโดยวางแปลงตัวอย่างในพื้นที่ป่า

การกำหนดจำนวนแปลง

คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of variation: CV) เมื่อทำการเก็บข้อมูลจากแปลงตัวอย่างเป็นที่เรียบร้อยแล้วทำการคำนวณค่า CV ของแต่ละหน่วยย่อยที่ทำการวางแปลงตัวอย่างโดยแปลงตัวอย่างในแต่ละหน่วยย่อยของชั้นภูมิ จะแบ่งตามระดับความหนาแน่นพืชพรรณที่ปกคลุม 3 ชั้นภูมิ คือ ความหนาแน่นสูง ความหนาแน่นกลางและความหนาแน่นมาก สุดท้ายจะต้องมีค่า CV ของมวลชีวภาพไม่เกินร้อยละ 25 ในกรณีที่ค่า CV มวลชีวภาพของชั้นภูมิใดมากกว่าร้อยละ 25 ให้ทำการวางแปลงตัวอย่างเพิ่มเติมในชั้นภูมินั้น ๆ จนกว่าจะได้ค่า CV ตามเกณฑ์ที่ อบก. กำหนด

$$CV = \frac{SD \times 100}{\bar{X}} \quad (3)$$

เมื่อ CV = ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of variation)

SD = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

จำนวนแปลงของพื้นที่ศึกษา ทั้งหมด 1,997 ไร่ และมีการนำเครื่องมือมาใช้ในการตัดพื้นที่ด้วย NDVI โดยการตัดแปลงที่อยู่ในพื้นที่ป่าความหนาแน่นต่ำ จำนวน 345 ไร่ ตามสถิติจะต้องมีศึกษาอยู่ 1,652 ไร่ ออกซึ่งจะเหลือแปลงศึกษาอยู่ จะมีทั้งหมด 16 แปลง โดยพิจารณาคัดเลือกจุดวางแปลงตัวอย่างในพื้นที่ป่าความหนาแน่นปานกลางและพื้นที่ป่าความหนาแน่นสูง และนำการวิเคราะห์ความหนาแน่นของเรือนยอด (Forest Canopy Density: FCD) ซึ่งเป็นหนึ่งในพารามิเตอร์ที่สำคัญที่สุดสำหรับการประเมินสภาพป่าไม้ โดยได้อาศัยการใช้ข้อมูลที่ได้จากการบูรณาการของดัชนีพืชพรรณ ดัชนีความเป็นดิน ดัชนีความเป็นเงาและดัชนีความร้อน จะเหลือแปลงศึกษาทั้งหมด 8 แปลงศึกษาที่เหมาะสม

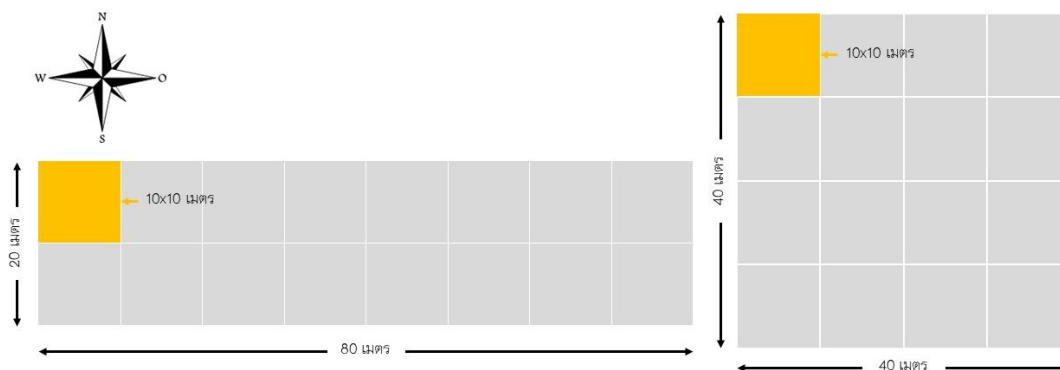
การวางแผนสำรวจและการเก็บข้อมูล

1. วางแผนรูปสี่เหลี่ยม

1.1 จากการพิจารณาคัดเลือกจุดวางแผนตัวอย่างในพื้นที่ป่าความหนาแน่นปานกลางและพื้นที่ป่าความหนาแน่นสูง โดยพื้นที่วางแผนตัวอย่างที่เหมาะสมจะต้องมีลักษณะ เช่น ไม่มีความลาดชันมากเกินไปหรือมีอุปสรรคที่อาจเป็นอันตรายแก่ทีมงาน การวางแผนสำรวจและการเก็บข้อมูลภาคสนามดำเนินการตามวิธีการที่อ้างอิงในคู่มืออ้างอิงการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทยสาขาป่าไม้และการเกษตร (Thailand Voluntary Emission Reduction Program Reference Manual: Forestry and Agriculture Sector) ซึ่งสามารถสรุปโดยสังเขปได้ดังนี้ วางแผนตัวอย่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส จำนวน 7 แปลงและรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า จำนวน 1 แปลง ที่มีขนาด (40 x 40 เมตร) และแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด (10 x 10 เมตร) จำนวน 16 แปลง รายละเอียดแผนที่แปลงศึกษาดังแสดงใน ภาพ 27 พื้นที่ความเขียวของแปลงศึกษาเนื่องจากแปลงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าข้อจำกัดของพื้นที่ ทั้งนี้ขึ้นกับความเหมาะสมของพื้นที่จริง (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2559)

1.2 ทำการวางแผนรูปสี่เหลี่ยม พื้นที่ 1 ไร่ โดยมีขนาดแปลงเท่ากับ 40 X 40 เมตร (ภาพ 23) และทำการปักหมุดที่ 1 จากพิกัด GPS โดยใช้เครื่องหาพิกัด (Garmin etrex 10 GPS) เลือกในลักษณะพื้นที่โล่งและมัดเชือกสูงจากพื้นประมาณ 30 เซนติเมตร

1.3 จากนั้นตริ่งเชือกจากจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 โดยใช้ทิศเหนือในการตริ่งเชือกจุดแรกเริ่มใช้เทปวัดระยะ 40 เมตร จากจุดที่ 2 แล้วไปจุดที่ 3 ตามทิศตะวันออก และจุดที่ 3 เดินตามทิศใต้ ลงมาโดยใช้เทปวัดระยะ 40 เมตร แล้วตริ่งเชือกระหว่างหมุดที่ 3 ไปหมุดที่ 4 ที่แสดงขอบเขตแปลงตัวอย่างพร้อมทั้งระบุพิกัดทาง ภูมิศาสตร์ที่ชัดเจนทั้งนี้เพื่อใช้ในการติดตามประเมินผลภายหลังการดำเนินการ



ภาพ 23 การวางแผนตัวอย่าง แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสและการเก็บข้อมูล

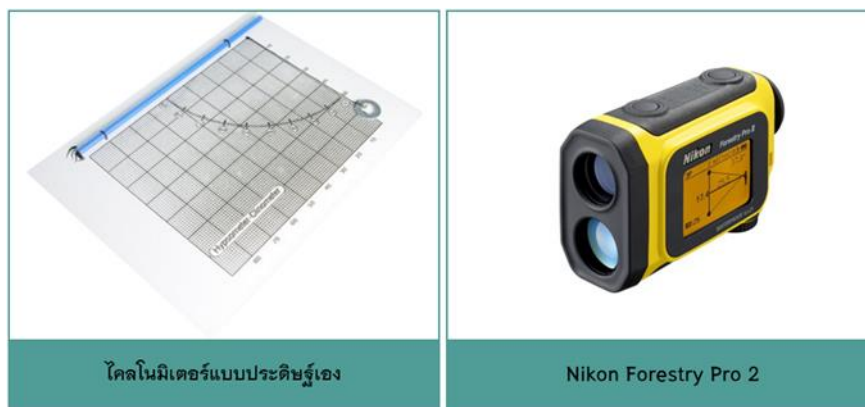
การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ (Calculation for Carbon Sequestration)

1. เก็บข้อมูลต้นไม้

1.1 ทำการวัดขนาดความโตของต้นไม้ โดยตำแหน่งวัดขนาดความโตต้นไม้ดังตัวอย่าง (ภาพ 11 และภาพ 12) จะใช้ไม้วัดระดับยาว 130 เซนติเมตร ทาบบนต้นไม้และใช้ซอสก์/ปากกาเมจิกขีดเส้นให้เป็นแนวเพื่อแสดงบริเวณที่จะวัดขนาดต้นไม้และให้สอดคล้องตามหลักการวัดขนาดความโตในกรณีที่เป็นพื้นที่ลาดชัน หรือเกิดความผิดปกติในจุดที่ต้องวัดความโตของต้นไม้สามารถกำหนดจุดวัด (FAO, 2009) ดังนี้ ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลช่วง เดือนเมษายน – เดือนกรกฎาคม

1.2 การวัดความสูงของต้นไม้ด้วยไคลโนมิเตอร์ (Clinometer) เป็นการวัดความสูงของต้นไม้ โดยอาศัยหลักการพื้นฐานของตรีโกณมิติหรือความสัมพันธ์ระหว่างมุมและระยะทางในการคำนวณหาความสูงของต้นไม้ โดยมีขั้นตอนในการวัดเพื่อหาความสูงดังนี้

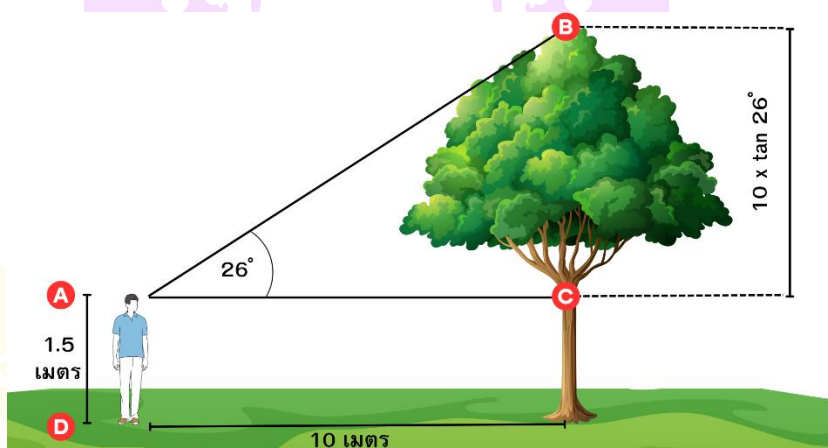
1.2.1 ให้ผู้วัดความสูงของต้นไม้ยืนอยู่ห่างจากต้นไม้ที่ต้องการวัดในระยะที่สามารถมองเห็นยอดสูงสุดของต้นไม้ให้ได้



ภาพ 24 ตัวอย่างเครื่องมือวัดความสูงของต้นไม้

1.2.2 ทำการวัดระยะทางจากต้นไม้ถึงจุดที่ผู้วัดยืน

1.2.3 วัดความสูงจากพื้นดินถึงระดับสายตาของผู้วัด



ภาพ 25 การหาความสูงของต้นไม้ด้วยไคลโนมิเตอร์

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

1.2.4 ผู้วัดใช้โคลิโนมิเตอร์เล็งที่ยอดสูงสุดของต้นไม้อ่านค่ามุมที่วัดได้และนำมาหาค่ามุมแทนเจนต์ (Tangent: tan) จาก (ภาพ 13)

มุมเงย (ค่าของมุม Tan 26°)	=	0.49	
ระยะทางผู้วัดถึงต้นไม้ (AC)	=	10 เมตร	(4)
ความสูงจากพื้นถึงระดับสายตาของผู้วัด (AD)	=	1.5 เมตร	

$$BLG = ABG \times R \quad (7)$$

เมื่อ BLG = มวลชีวภาพใต้ดิน (กิโลกรัม)
 ABG = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)
 R = กลุ่มพรรณไม้ทั่วไป สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้ (ร้อยละ 0.27 ของน้ำหนักแห้ง) (IPCC, 2006)

2.3 การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอนใต้ดิน สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ (สมการ 8)

$$C_{Total} = (ABG + BLG) \times CF \quad (8)$$

เมื่อ C_{Total} = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวมของต้นไม้ (ตันคาร์บอน)
 ABG = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (ตัน)
 BLG = มวลชีวภาพเหนือใต้ดิน (ตัน)
 CF = กลุ่มพรรณไม้ทั่วไป สัดส่วนปริมาณคาร์บอนในเนื้อไม้ (ร้อยละ 0.47 ของน้ำหนักแห้ง) (IPCC, 2006)

2.4 การประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า สามารถคำนวณได้โดยใช้ (สมการ 9)

$$CO_2eq = C_{Total} \times \frac{44}{12} \quad (9)$$

เมื่อ CO_2eq = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ตันต่อคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

C_{Total} = มวลชีวภาพใต้ดิน (ตัน)
 $\frac{44}{12}$ = ค่ามวลโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคาร์บอน

การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของไม้ตายและเศษซากพืช (Calculation for Carbon Sequestration in Dead Wood and Litter)

(สำนักป่าชุมชน, 2557) ใช้ข้อมูลการสุ่มพื้นที่ความสูงจริงของต้นไม้ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางความสูงที่ 1.30 เมตร (DBH) และวิเคราะห์มวลชีวภาพ (ภาพ 12) ตามการคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ (Calculation for Carbon Sequestration) จากนั้นนำค่ามวลชีวภาพที่ได้มาแทนค่าในสมการ (สมการ 8) การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของไม้ตาย

การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของไม้ตาย สามารถคำนวณโดยใช้ค่าที่กำหนดให้ โดยไม้ตายที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษาต้องไม่มีการนำออกตลอดระยะเวลาดำเนินงาน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ (สมการ 10)

$$C_{Dead} = C_{Total} \times DF_{DW} \quad (10)$$

เมื่อ C_{Dead} = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในไม้ตาย (ตันคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า)

C_{Total} = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า)

DF_{DW} = ค่าคงที่สำหรับการคำนวณการกักเก็บคาร์บอนในไม้ตาย (ค่าคงที่ 0.01)

1. ความสูงจากระดับน้ำทะเล ไม่เกิน 2,000 เมตร

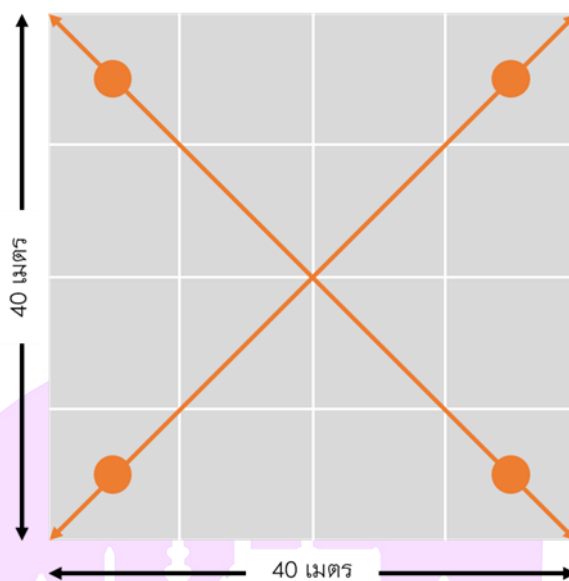
2. ปริมาณน้ำฝน อยู่ระหว่าง 1000–1600 มิลลิเมตรต่อปี

การคำนวณการสะสมคาร์บอนในดิน (Calculation for Soil Carbon)

1. สุ่มพื้นที่ตัวอย่าง

1.1 การกำหนดขนาดพื้นที่แปลงย่อยในการเก็บตัวอย่างดิน โดยทั่วไปแล้วไม่มีขนาดจำกัดที่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของพื้นที่ เช่น ความลาดชัน เนื้อดิน สีดิน เป็นต้น ดังนั้น การกำหนดแปลงย่อยจึงควรให้ครอบคลุมและเป็นตัวแทนที่เหมาะสมของพื้นที่นั้น ๆ โดยการกำหนดแปลงย่อยที่ดินนั้นควรมีความสม่ำเสมอหรือคล้ายคลึงกันมากที่สุดในแต่ละแปลงย่อย อย่างไรก็ตามภายใต้การดำเนินการโครงการ T-VER แนะนำให้กำหนดพื้นที่แปลงย่อยแต่ละแปลงมีขนาดแปลงละ 10 ไร่เศษที่เหลือจาก 10 ไร่ ให้กำหนดเป็น 1 แปลงและในกรณีที่มีแปลงเก็บตัวอย่างดินมากกว่า 1 แปลงขึ้นไปหากเศษเหลือไม่เกิน 5 ไร่ไม่ต้องแบ่งเป็นแปลงย่อยใหม่

1.2 การสุ่มเก็บตัวอย่างและกำหนดจุดเก็บดิน การเก็บตัวอย่างดินที่ดีจะต้องกระจายจุดเก็บตัวอย่างให้ครอบคลุมทั่วพื้นที่ในแต่ละแปลงซึ่งในการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การเก็บตัวอย่างแบบสุ่มและการเก็บแบบมีรูปแบบตามแนวทางของ (Carter, 2007) โดยในการสุ่มตัวอย่าง 10 จุดเพื่อใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่



ภาพ 26 รายละเอียดจุดเก็บดินในแปลงศึกษา

2. เก็บตัวอย่าง

2.1 ก่อนชุดเพื่อเก็บตัวอย่างดินจะต้องกางผ้ากาวดเศษพืชหรือวัสดุที่อยู่ผิวหน้าดินออก (ห้ามแฉะหรือปาดหน้าดินออก) การเก็บดินแต่ละจุดให้ใช้พลั่วขุดดินเป็นรูปลิ้นลึกประมาณ 30 ซม. หลังจากนั้นเก็บดิน โดยใช้พลั่วแฉะดินข้างหลุม (ด้านเรียบ) ให้ได้ดินเป็นแผ่นหนาประมาณ 2-3 ซม. จนถึงก้นหลุมดินที่ได้เก็บรวบรวมใส่ถุงหรือถังพลาสติก โดยในการสุ่มตัวอย่าง 10 จุดเพื่อใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่

2.2 คลุกเคล้าดินแต่ละแปลงที่เก็บมาให้เข้ากันแล้วเทลงบนผ้าพลาสติกทำการคลุกเคล้าอีกครั้งโดยยกมุมผ้าพลาสติกทีละ 2 มุม ที่อยู่ตรงข้ามกันทำสลับมุมกัน 3-4 ครั้ง

2.3 หลังจากนั้นกองดินให้เป็นรูปฟาซีแล้วใช้มือตบยอดกองให้แบนราบและใช้นิ้วมือขีดเป็นกากบาท (+) บนยอดกองซึ่งจะทำให้ดินถูกแบ่งแยกเป็น 4 ส่วน

2.4 เก็บตัวอย่างจากกองดินนี้เพียง 1 ส่วน ให้ได้ดินหนักประมาณ ครึ่งกิโลกรัม หรือถ้าดินมีหินกรวดปนมากอาจเก็บมา 1-2 กิโลกรัม ใส่ดินลงในถุงพลาสติกที่เตรียมไว้เพื่อส่งวิเคราะห์ การวิเคราะห์ใน (ภาคผนวก ค) พร้อมเขียนป้ายเบอร์แปลง รายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับตัวอย่างดินผูกติดไว้กับถุงตัวอย่างดิน ป้ายนี้ควรทำไว้อีกหนึ่งชุดหนึ่งเก็บไว้เพื่อป้องกันการลืม

2.4.1 การคำนวณ % อินทรีย์คาร์บอน (Organic carbon)

$$\% \text{ อินทรีย์คาร์บอน (Organic carbon)} = \frac{(B-T) N}{B} \times \frac{100}{77} \times \frac{3}{10^3} \times \frac{100}{W} \times 10 \quad (11)$$

เมื่อ N = ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดโครเมท (นอร์มอล)

B = ปริมาตรของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ไทเทรตกับ Blank (มิลลิลิตร)

T = ปริมาตรของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ไทเทรตกับ ตัวอย่างดิน (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักดิน (กรัม)

2.4.2 การคำนวณ (Soil organic carbon : SOC)

$$\text{ความหนาแน่นรวมของดิน} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของดิน}}{\text{ปริมาตรของกระบอกเก็บตัวอย่างดิน}} \quad (12)$$

$$\text{ปริมาตรของกระบอกเก็บตัวอย่างดิน} = 3.14 \times (\text{รัศมี})^2 \times \text{ความสูงของกระบอก} \quad (13)$$

$$\text{SOC} = \frac{\text{OC} (\%) \times \text{BD} \times \text{Depth} \times 10000}{6.25} \quad (14)$$

เมื่อ Soil Organic Carbon = ค่าปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินก่อนเริ่มโครงการ (ตันคาร์บอน/ไร่)

Organic Matter (OM) = ร้อยละอินทรีย์วัตถุในดิน (วิเคราะห์ผลจากห้องปฏิบัติการ)

Organic Carbon (OC) = ร้อยละอินทรีย์คาร์บอนในดิน

Bulk Density (BD) = ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัม/ลบ.ซม.)

3. การคำนวณปริมาณการสะสมคาร์บอนในดิน

การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่สะสมในดิน สามารถคำนวณจากการสะสมคาร์บอนในดิน มีรายละเอียดการคำนวณดังนี้ ทำการเก็บตัวอย่างดินโดยทำการเก็บตัวอย่างที่ความลึก 0-30 เซนติเมตร ให้กระจายและครอบคลุมพื้นที่โดยวิธีการเก็บตัวอย่างดินให้เป็นไปตามที่ อบก.กำหนด จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนก่อนเริ่มกิจกรรม (SOC_{ref}) ในห้องปฏิบัติการที่ได้มาตรฐานมาคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในดินจากกิจกรรมต่าง ๆ โดยใช้สมการ (Walkley and Black, 1947) (สมการ 15)

$$SOC_0 = SOC_{ref} \times F_{LU_0} \times F_{MG_0} \times F_{I_0} \times A \times \frac{44}{12} \quad (15)$$

เมื่อ SOC_0 = ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดิน (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

SOC_{ref} = ค่าปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินจากการสุ่มตัวอย่างและนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (ตันคาร์บอนต่อไร่)

F_{LU_0} = ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามประเภทการใช้ที่ดิน (ค่าคงที่ 0.82)

F_{MG_0} = ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามวิธีการจัดการดิน (ค่าคงที่ 1.22)

F_{I_0} = ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามระดับอินทรีย์วัตถุที่กลับคืนสู่ดิน (ค่าคงที่ 0.92)

A = พื้นที่โครงการ (ไร่)

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก(รวม)ที่กักเก็บได้

ในการคำนวณการกักเก็บคาร์บอนรวม สามารถคำนวณโดยใช้ค่าที่กำหนดให้ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ (สมการ 16)

$$CO_2eq = C_{Total} + C_{Dead} + SOC_0 \quad (16)$$

เมื่อ CO_2eq = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

C_{Dead} = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในไม้ตาย (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

C_{Total} = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

SOC_0 = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

บทที่ 4

ผลการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1) เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนของในพื้นที่ป่าเต็งรัง มหาวิทยาลัยพะเยา 2) เพื่อทำฐานข้อมูลของชนิดพันธุ์ไม้เป็นข้อมูลพื้นฐานในพื้นที่ป่าเต็งรัง มหาวิทยาลัยพะเยาประเมินการกักเก็บคาร์บอนของในพื้นที่ป่าเต็งรัง มีการศึกษา ดังนี้

การจำแนกชั้นภูมิพื้นที่ป่า

จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ความละเอียดภาพ 30 เมตร $\times$ 30 เมตรของวันที่ 5 กันยายน พ.ศ. 2566 ดัง (ภาพที่ 27) โดยใช้ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI (ตาราง 13) พบว่ามีค่าดัชนีพืชพรรณอยู่ในช่วง 0 ถึง 0.6959 สามารถแบ่งได้ทั้งหมด 3 ชั้นภูมิ ได้แก่ ชั้นภูมิที่ 1 คือ พื้นที่ที่ไม่ใช่ป่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.0058 ถึง 0.4815 โดยจัดให้อยู่ในประเภทพื้นที่พื้นที่ป่าความหนาแน่นต่ำ มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 345 ไร่ ชั้นภูมิที่ 2 อยู่ในประเภทพื้นที่ป่าความหนาแน่นปานกลาง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.4815 ถึง 0.5572 มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 750 ไร่ และชั้นภูมิที่ 3 คือพื้นที่ป่าความหนาแน่นสูง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5572 ถึง 0.6950 จัดให้อยู่ใน ประเภทพื้นที่ป่าไม้ความหนาแน่นมาก มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 902 ไร่ โดยเลือกวางแผนทดในชั้นภูมิที่ 2 และ 3 ที่เป็นพื้นที่ป่ามีพื้นที่รวมในการศึกษาเท่ากับ 1,997 ไร่ ผู้วิจัยได้แบ่งแปลงศึกษาออกเป็น 8 แปลง ตามเกณฑ์ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก จากข้อมูลที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI บริเวณที่ไม่มีพืชพรรณปกคลุมจึงตัดพื้นที่ออก ส่วนบริเวณที่มีพืชพรรณอยู่มากจะมีค่าเป็นบวก ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะสัมพันธ์ระหว่างช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และคลื่นช่วงแสงสีแดงกับการปกคลุมของพืชพรรณ (Mongkolsawat C., 2001) เนื่องจากบริเวณที่ค่า NDVI มีค่าเป็นศูนย์แสดงถึงพื้นที่ที่มีพืชพรรณสีเขียวปกคลุมน้อยจะมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ต่ำกว่าช่วงคลื่นสีแดง ค่า NDVI จึงมีค่าเป็นศูนย์เพราะว่าค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้มีค่าการสะท้อนพลังงานต่ำในช่วงคลื่นสีแดง แต่ในกรณีที่เป็นพื้นผิวดินค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีแดงและค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้จะมีค่าใกล้เคียงกันทำให้ค่าดัชนี พืชพรรณ NDVI ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับศูนย์ (ธัญวาลย์ จักรพิทักษ์วงศ์, 2552) ถ้าค่าของ NDVI มีค่าเป็นบวกแสดงถึงพื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุมอยู่มากจะมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้สูงกว่าช่วงคลื่นสีแดงทำให้ NDVI มีค่าเป็นบวก เนื่องจากคลอโรฟิลล์ในพืชจะดูดกลืนค่าพลังงานคลื่น

แม่เหล็กไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ในช่วงคลื่นสีแดงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ และจะสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ออกมาถึง 40 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ (Green, E. P., 1997)

ตาราง 12 ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI

ชั้นภูมิ	ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI	ประเภทพื้นที่	เนื้อที่ (ไร่)
1	0.0058 – 0.4815	พื้นที่ป่าความหนาแน่นต่ำ	345
2	0.4815 – 0.5572	พื้นที่ป่าความหนาแน่นปานกลาง	750
3	0.5572 – 0.6950	พื้นที่ป่าความหนาแน่นสูง	902
พื้นที่ป่าของแปลงศึกษาทั้งหมด			1,997

แปลงเก็บตัวอย่าง

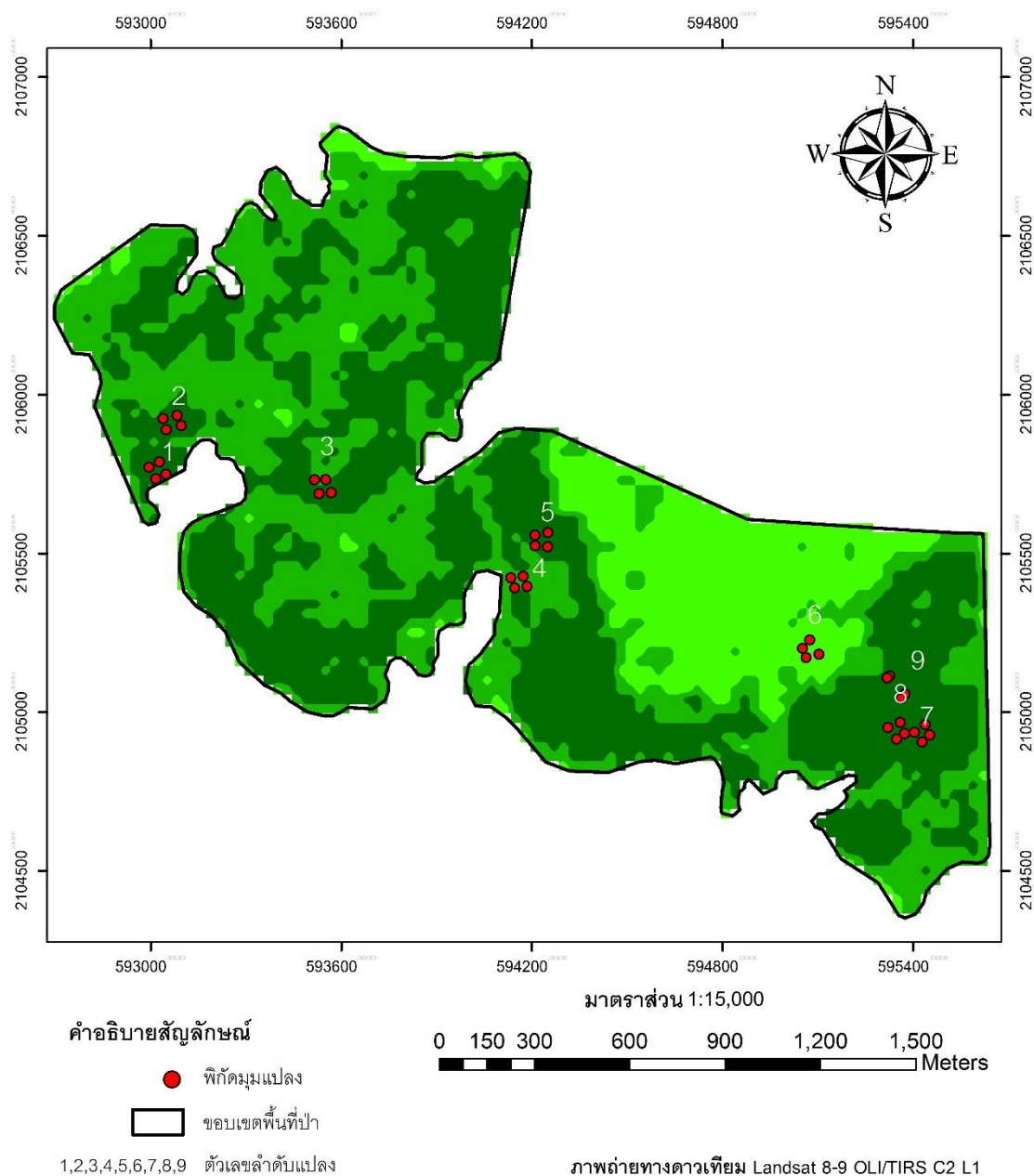
ในการศึกษานี้การกำหนดตำแหน่งแปลงศึกษา พื้นที่ดำเนินโครงการเป็นพื้นที่ป่าเต็งรังที่ตั้งอยู่ทางทิศเหนือของมหาวิทยาลัยพะเยา ภายใต้พื้นที่อุทยานการเรียนรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมเพื่อการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยพะเยา ซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด 1,997 ไร่ เป็นพื้นที่ที่ดินไม่มีการเจริญเติบโตน้อย โดยเมื่อมีการตัดครองออกจะคงเหลือพื้นที่ดำเนินการศึกษา เท่ากับ 1,652 ไร่ ได้นำค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI มาทำการกำหนดชั้นภูมิ (Stratification) ตามความหนาแน่นของพืชพรรณที่ปกคลุมและวางแผนเก็บตัวอย่างแต่ละชั้นภูมิไม่น้อยกว่า 3 แปลง เก็บข้อมูลจากแปลงตัวอย่างมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of variation: CV) จากข้อมูลมวลชีวภาพซึ่งต้องมีค่าไม่เกินร้อยละ 25 จึงจะถือว่าแปลงตัวอย่างดังกล่าวเป็นตัวแทนที่เหมาะสม โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของแต่ละชั้นภูมิที่ทำการวางแผนตัวอย่างพบว่าชั้นภูมิที่ 1 (พื้นที่ป่าความหนาแน่นต่ำ) สามารถดีแปลงได้ 1 แปลง คือแปลงที่ 6 ไม่สามารถนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of variation: CV) เพราะมีค่าเกินร้อยละ 25 จึงจะถือว่าแปลงตัวอย่างดังกล่าวไม่สามารถเป็นตัวแทนที่เหมาะสม ชั้นภูมิที่ 2 (พื้นที่ป่าความหนาแน่นปานกลาง) สามารถวางแผนได้จำนวน 2 แปลง และชั้นภูมิที่ 3 (พื้นที่ป่าความหนาแน่นสูง) สามารถวางแผนได้จำนวน 6 แปลง มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรเท่ากับ 6.97 และ 10.28 ตามลำดับดัง (ตาราง 14) และ (ตาราง 15)

ตาราง 13 ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน

ประเภทพื้นที่	แปลงตัวอย่าง	มวลชีวภาพ (ตัน)
พื้นที่ป่าความหนาแน่นปานกลาง	4	28.06
	3	30.97
ค่าเฉลี่ย		29.52
SD		2.06
CV		6.97

ตาราง 14 ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน

ประเภทพื้นที่	แปลงตัวอย่าง	มวลชีวภาพ (ตัน)
พื้นที่ป่าความหนาแน่นสูง	1	36.75
	2	29.09
	5	29.57
	7	27.81
	8	30.12
	9	31.88
ค่าเฉลี่ย		30.87
SD		3.17
CV		10.28



ภาพ 27 พื้นที่ความเขียวของแปลงศึกษา

ที่มา: ภาพถ่ายทางดาวเทียม Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L1, 2565

จำนวนชนิดพรรณพืช

โครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืช

จากการสำรวจป่าในพื้นที่มหาวิทยาลัยพะเยาที่มีการสำรวจมีพื้นที่ทั้งหมด 1,997 ไร่ โดยการวางแผนตัวอย่างขนาด 40 เมตร x 40 เมตร เพื่อสำรวจ ต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก 0.45 เมตร ขึ้นไป พบว่ามีจำนวนต้นไม้ใหญ่ทั้งหมด 1,582 ต้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 198 ต้นต่อไร่ ค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงมีค่าเท่ากับ $0.14 \pm$ และ $11.24 \pm$ เมตร ตามลำดับ (ตาราง 15) สามารถจำแนกพันธุ์ได้เป็น 17 วงศ์ 28 ชนิด และพบว่าชนิดของพรรณไม้ที่มีอยู่ในพื้นที่มากที่สุดคือ วงศ์ *Dipterocarpaceae* มีจำนวน 4 ชนิด รวม 1,173 ต้น ชนิดที่พบมาก ที่สุดในแปลงคือ เต็ง พบ 372 ต้น รองลงมาได้แก่ พลวง เหียง และรัง พบ 336, 275 และ 190 ต้น ตามลำดับ

ตาราง 15 ความหลากหลายชนิดพันธุ์ไม้ในป่าเต็งรัง

ลำดับ	วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชนิด	จำนวน (ต้น)
1	ANACARDIACEAE	<i>Buchanania lanzan</i>	มะม่วงหาวแมง	7
		Spreng.	วัน	
		<i>Gluta usitata</i> (Wall.) Ding	รักใหญ่	77
		Hou.		
		<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	เหียง	275
2	DIPTEROCARPACEAE	Teijsm. ex Miq.	รัง	190
		<i>Shorea siamensis</i> Miq.		
		<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex	เต็ง	372
		Blume.		
		<i>Dipterocarpus tuberculatus</i>	พลวง	336
4	FABACEAE	Roxb.		
		<i>Dalbergia assamica</i> Benth.	เก็ดแดง	45
		<i>Dalbergia cultrata</i> Graham	เก็ดดำ	10
		ex Benth.		

ตาราง 15 (ต่อ)

ลำดับ	วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชนิด	จำนวน (ต้น)
4	FABACEAE	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz.	ปะดู่	3
		<i>Dalbergia cultrata</i> Graham ex Benth.	กระพี้เขาควาย	1
5	FAGACEAE	<i>Quercus oidocarpa</i> Korth.	ก่อ	100
		<i>Castanopsis argyrophylla</i> King ex Hook. f.	ก่อหุ้ม	3
		<i>Quercus kerrii</i> Craib.	ก่อแพะ	6
		<i>Gardenia sootepensis</i> Hutch.	ค้ำมอกหลวง	8
6	RUBIACEAE	<i>Psydrax umbellata</i> (Wight) Bridson.	หว่าซี่กว้าง	7
		<i>Wendlandia paniculata</i> (Roxb.) DC.	แข่งกว้าง	1
		<i>Morinda coreia</i> Ham.	ยอป่า	1
7	BIGNONIACEAE	<i>Fernandoa adenophylla</i> (Wall. ex G.Don) Steenis.	แดหางค่าง	1
8	BURSERACEAE	<i>Canarium subulatum</i> Guillaumin.	มะกอกเกลื่อน	32
9	COMBRETACEAE	<i>Pentaptera tomentosa</i> Roxb. ex DC.	รกฟ้า	2
10	DILLENIACEAE	<i>Dillenia obovata</i> (Blume) Hoogland.	ลิ้น	2
11	ERICACEAE	<i>Craibiodendron stellatum</i> W.W. Smith.	ดาวราย	33

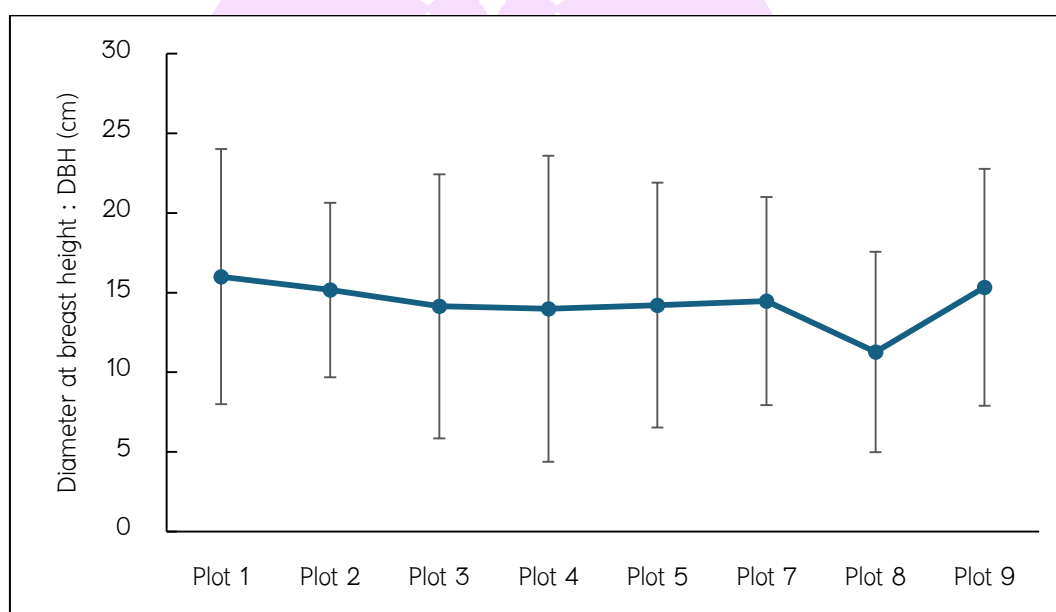
ตาราง 15 (ต่อ)

ลำดับ	วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชนิด	จำนวน (ต้น)
12	LAMIACEAE	<i>Vitex limonifolia</i> Wall. ex Walp.	ตีนนก	2
13	LOGANIACEAE	<i>Strychnos nux-vomica</i> Linn.	แสลงใจ	1
14	MORACEAE	<i>Broussonetia papyrifera</i> (L.) Vent.	ปอสา	1
15	MYRTACEAE	<i>ristaniopsis burmanica</i> (Griff.) Peter G. Wilson & J.T. Waterh	เคาะ	53
16	PHYLLANTHACEAE	<i>Aporosa villosa</i> (Wall. ex Lindl.) Baill.	เหมือดไลด	12
17	SALICACEAE – FLACOURTIACEAE	<i>Flacourtia indica</i> (Burm.f.) Merr	ตะขบป่า	1
จำนวนต้นไม้ใหญ่ทั้งหมด				1,582

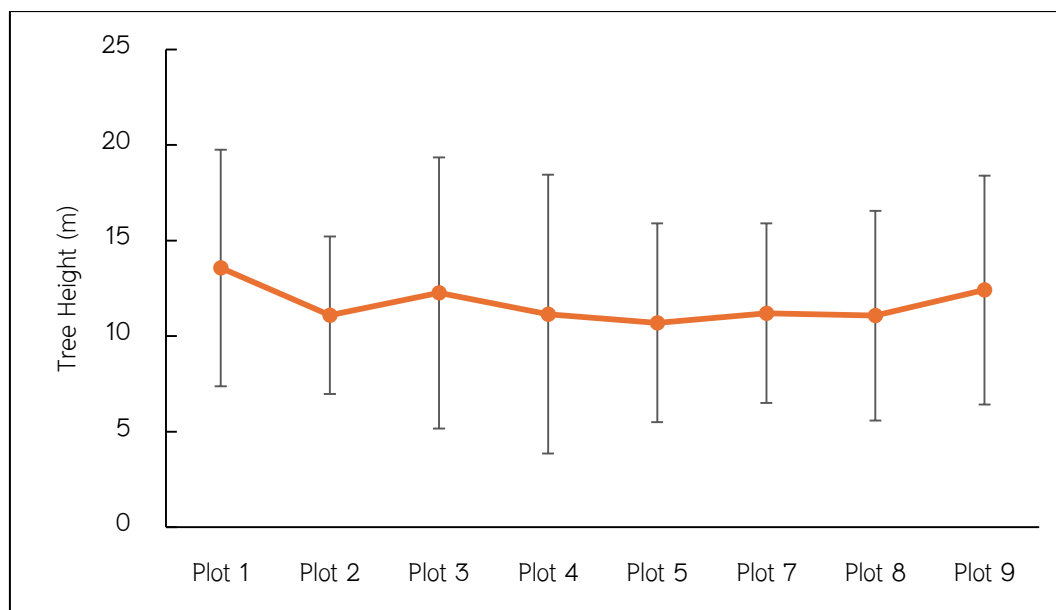
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของต้นไม้

จากผลการศึกษาขนาดความสูงทั้ง 8 แปลง (ภาพ 28 และ ภาพ 29) พบว่า มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 11.15 ± 5.51 เมตร แปลงตัวอย่างแปลงที่ 1 มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 13.75 ± 6.19 เมตร และแปลงตัวอย่างแปลงที่ 5 มีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 10.70 ± 5.20 เมตร ผลการศึกษาเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างทั้ง 8 แปลง พบว่า มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 13.89 ± 7.35 เซนติเมตร และแปลงตัวอย่างแปลงที่ 1 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 16.00 ± 8.01 เซนติเมตร และแปลง 8 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยที่สุดเท่ากับ 11.27 ± 6.30 เซนติเมตร และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ต่อการเจริญเติบโตของป่าเต็งรัง (สุธีระ เหมฮีก, 2564) พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความเจริญเติบโตของต้นไม้เกี่ยวข้องกับลักษณะภูมิประเทศ (A. Rikimaru, 2002) จากแผนที่ช่วงชั้นความสูงและคุณสมบัติของดินจากการเก็บตัวอย่างดินชั้นบนนำมาวิเคราะห์หาอินทรีย์คาร์บอนในดิน จากการศึกษาจะเห็นว่าการเจริญเติบโตของแต่ละแปลงมีความสูงและความโตใกล้เคียงกัน สามารถแสดงถึงลักษณะโครงสร้างที่เกี่ยวกับชนิดของพันธุ์ไม้เพื่อให้มองเห็นภาพรวม

นิเวศวิทยาของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด ซึ่งจะมีความสูงสุดประมาณ 30–35 เมตร ความแตกต่างระหว่างปัจจัยแวดล้อมในแต่ละสังคมย่อยและปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายของแต่ละชนิดพรรณไม้และจากการศึกษา (ปรีชญารณ์ ศรีคุณ, 2564) พบว่า อาจเกิดการรบกวนจากไฟป่าในพื้นที่ป่าเต็งรังซึ่งจะทำให้ต้นไม้หยุดเจริญเติบโต ดังนั้น จึงต้องมีมาตรการจัดการด้านไฟป่าโดยการควบคุม เช่น การชิงเผาตามหลักวิชาการอาจช่วยให้การสืบต่อพันธุ์ของไม้ (ภาพ 30) ดัชนีในป่าเต็งรังได้และทำให้ป่าเต็งรังแห่งนี้สามารถคงสภาพของสังคมพืชดั้งเดิม (Marod, 2014)



ภาพ 28 กราฟแสดงการกระจายของเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้



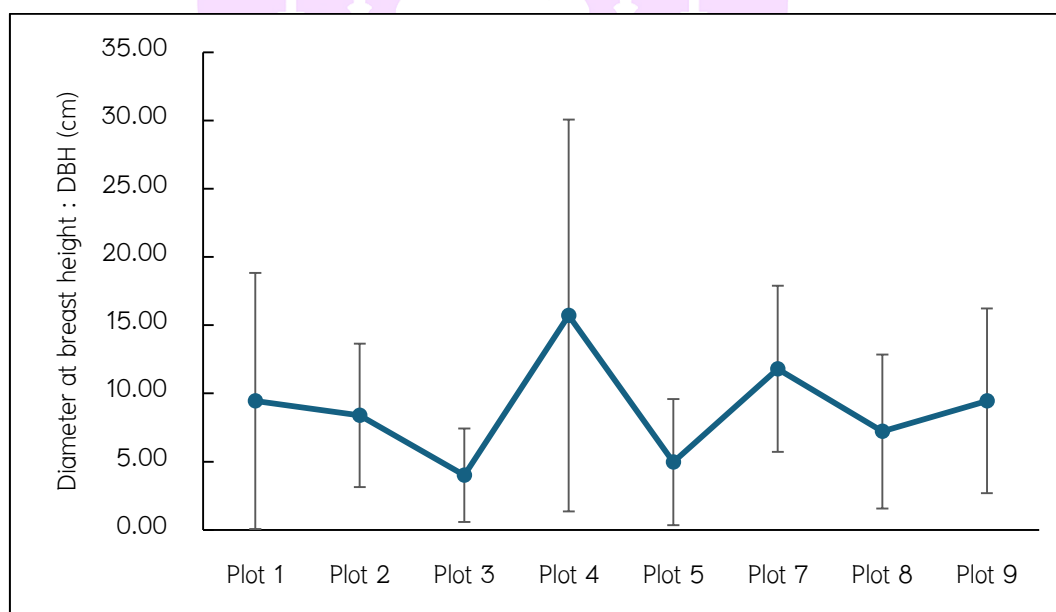
ภาพ 29 กราฟแสดงการกระจายของความสูงของต้นไม้



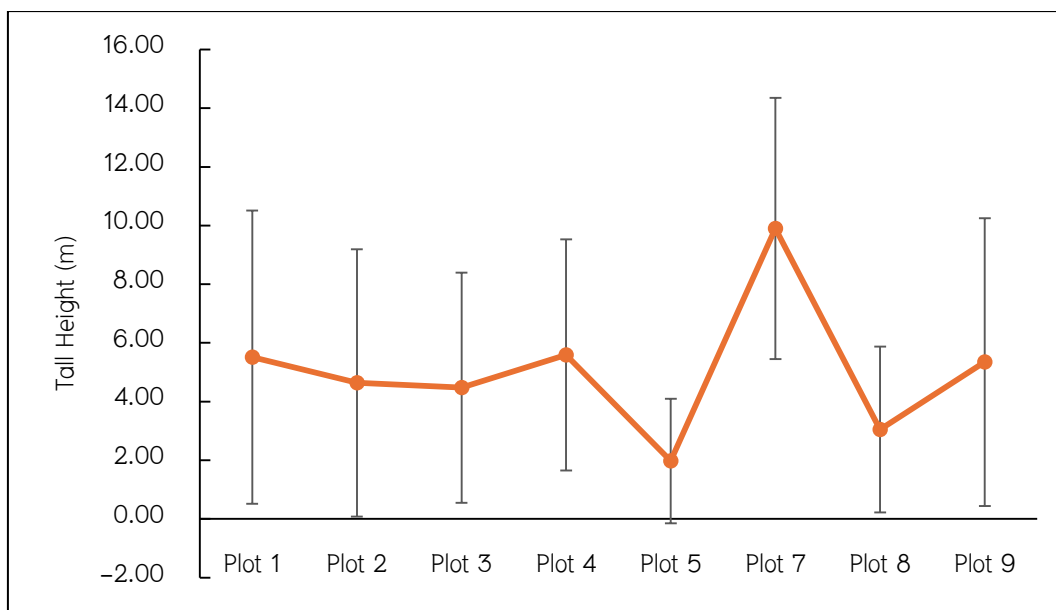
ภาพ 30 ต้นไม้เกิดใหม่หลังจากเกิดไฟป่า

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของไม้ตาย

จากผลการศึกษาขนาดความสูงทั้ง 8 แปลง (ภาพ 31 และภาพ 32) พบว่า มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 5.36 ± 3.85 เมตร แปลงตัวอย่างแปลงที่ 7 มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 9.90 ± 4.46 เมตร และแปลงตัวอย่างแปลงที่ 5 มีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 1.97 ± 2.13 เมตร ผลการศึกษาเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างทั้ง 8 แปลง พบว่า มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 8.87 ± 6.96 เมตร และแปลงตัวอย่างแปลงที่ 4 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 15.71 ± 14.36 เซนติเมตร และแปลง 3 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยที่สุดเท่ากับ 4.01 ± 3.43 เซนติเมตร และเมื่อพิจารณาขนาดความสูงและความโตของต้นไม้ที่ล้มหรือยืนต้นตาย (Moral R.D., 2007) อาจจะจากการตายตามธรรมชาติหรือโรค แมลงและการรบกวนจากมนุษย์ ดังนั้น จากการเก็บข้อมูลจะทราบถึงขนาดความสูงและความโตจะอยู่ในช่วงระดับหนึ่งของพื้นที่ป่าจนถึงช่วงอายุต้นไม้ที่ล้มหรือยืนต้นตาย



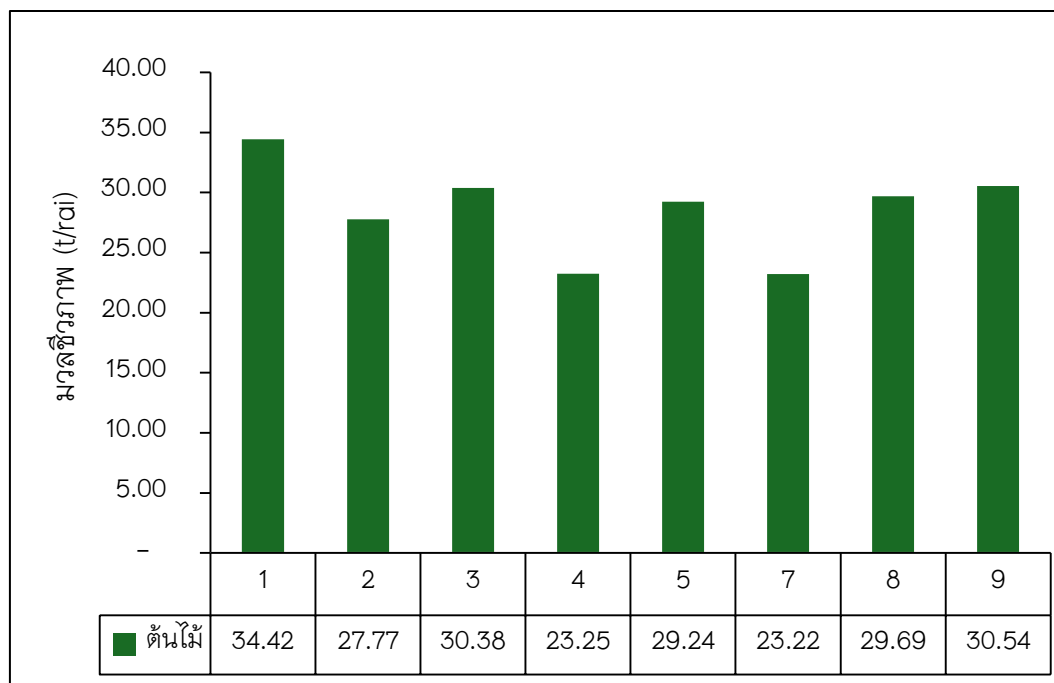
ภาพ 31 กราฟแสดงการกระจายของเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้ตาย



ภาพ 32 กราฟแสดงการกระจายของความสูงของไม้ตาย



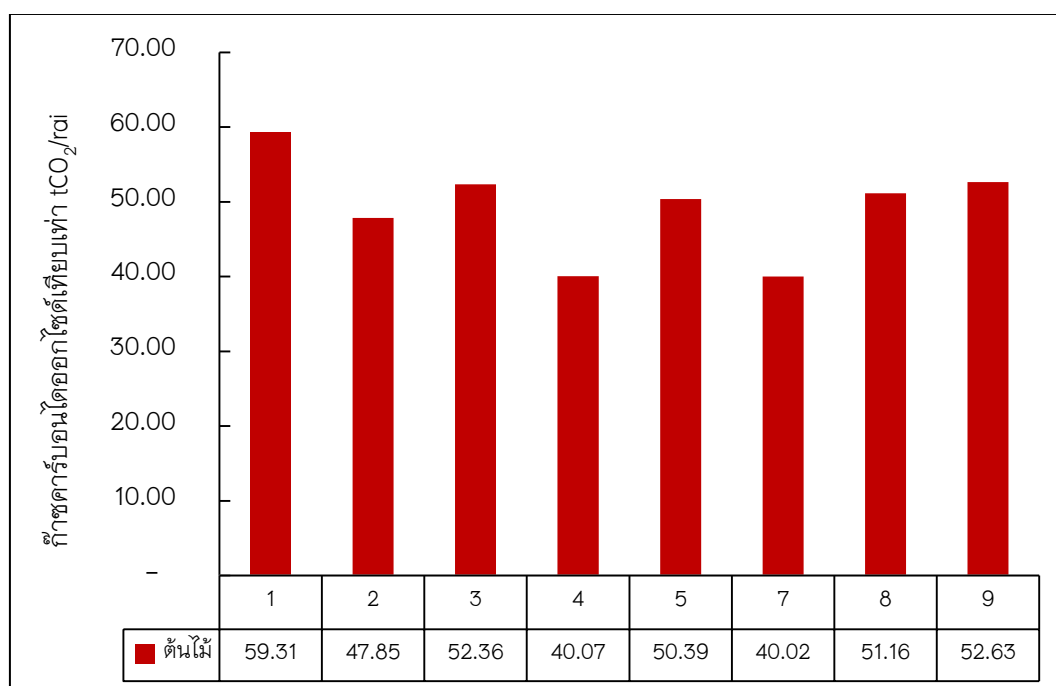
ปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในต้นไม้



ภาพ 33 ปริมาณการกักเก็บมวลชีวภาพในต้นไม้

จากการศึกษาการประเมินหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้พื้นดินในส่วนของรากภายในแปลงศึกษา โดยใช้สมการแอลโลเมตรีของป่าเต็งรัง โดยเลือกเก็บข้อมูลเฉพาะไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป พบว่ามีปริมาณมวลชีวภาพรวมทั้งหมด 228.51 t/rai และปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้เฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 28.56 ± 3.79 t/rai พบว่าแปลงที่ 1 มีมวลชีวภาพมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 34.42 t/rai และแปลงที่ 7 มีมวลชีวภาพน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 23.22 t/rai (ภาพ 33) เมื่อเปรียบเทียบกับ การศึกษาพื้นที่ป่าเต็งรัง จังหวัดสกลนคร พบว่ามีปริมาณมวลชีวภาพที่ใกล้เคียงกัน มีค่าเท่ากับ 18.89 t/rai (ดอกรัก มารอด, 2560) และมีค่าใกล้เคียงค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินพื้นดินทั้งหมดที่กระจายตัวอยู่ในประเทศไทย มีค่า 20.17 t/rai (สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล, 2555) การแปรผันของปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนขึ้นอยู่กับสังคมป่า ความสมบูรณ์ของป่า อายุของต้นไม้ ความหนาแน่น ตลอดจนการอนุรักษ์ ดูแลและลดความเสื่อมโทรมของป่าหรือการปลูกฟื้นฟูป่า (วรพรรณ หิมพานต์, 2551) ดังนั้น หากต้องการให้พื้นที่ป่ามีประสิทธิภาพที่ดีในการกักเก็บคาร์บอน จึงจำเป็นต้องวางแผนในการบริหารจัดการพื้นที่ในเรื่องการอนุรักษ์ ฟื้นฟู ดูแล

พื้นที่ การป้องกันไฟฟ้า การป้องกันการลักลอบตัดไม้และสร้างการมีส่วนร่วมกับชุมชนในการดูแลพื้นที่ป่า (กานต์ธัญญ์ กวินพลอาสา, 2566)

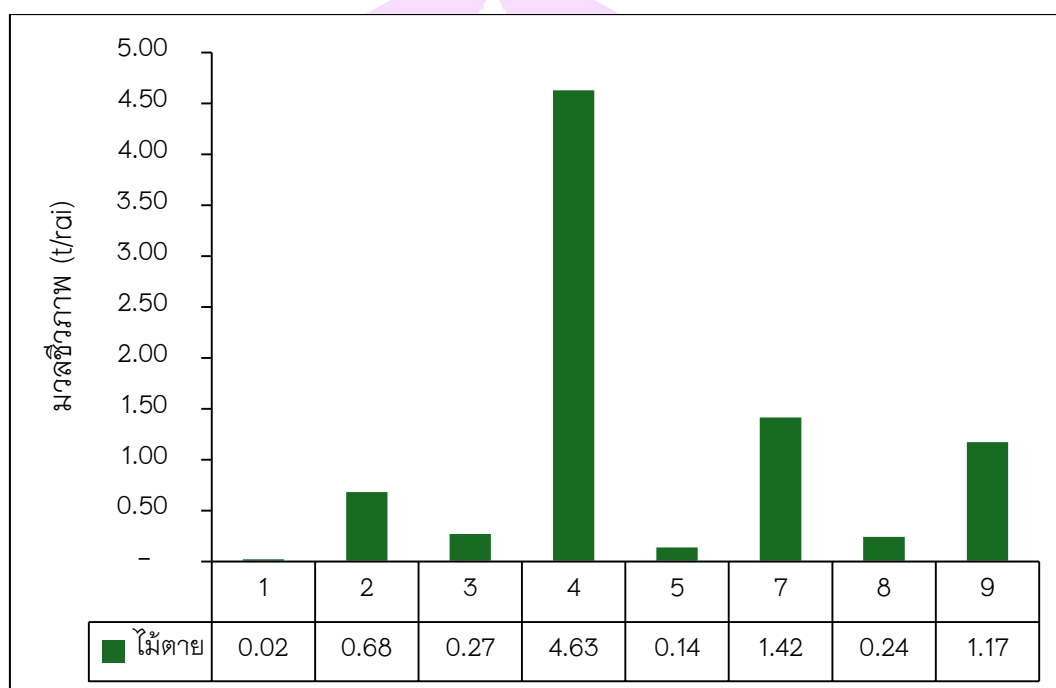


ภาพ 34 ปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในต้นไม้

จากการศึกษาการประเมินคาร์บอนของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้จากการนำค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้คูณด้วยอัตราส่วนของน้ำหนักธาตุคาร์บอนต่อน้ำหนักโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 44/12 หน่วยที่ได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า จากผลการศึกษา พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ารวมทั้งหมด 393.79 tCO₂eq/rai โดยมีกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของต้นไม้เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 49.22±6.53 tCO₂eq/rai แสดงดัง (ภาพ 34) พบว่าแปลง ที่ 1 มีการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 67.56 tCO₂eq/rai และแปลงที่ 7 มีการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 47.20 tCO₂eq/rai ตามลำดับ ทั้งนี้ศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของป่าไม้แต่ละชนิดสามารถพิจารณาจากการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพในส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ รวมถึงปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะโครงสร้างสังคมพืช ศักยภาพของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้แต่ละชนิดที่เป็นองค์ประกอบของป่าธรรมชาติและผลผลิตมวลชีวภาพของป่าลักษณะของต้นไม้ที่เป็นองค์ประกอบของป่าหรืออาจกล่าวได้ว่าโครงสร้างสังคม

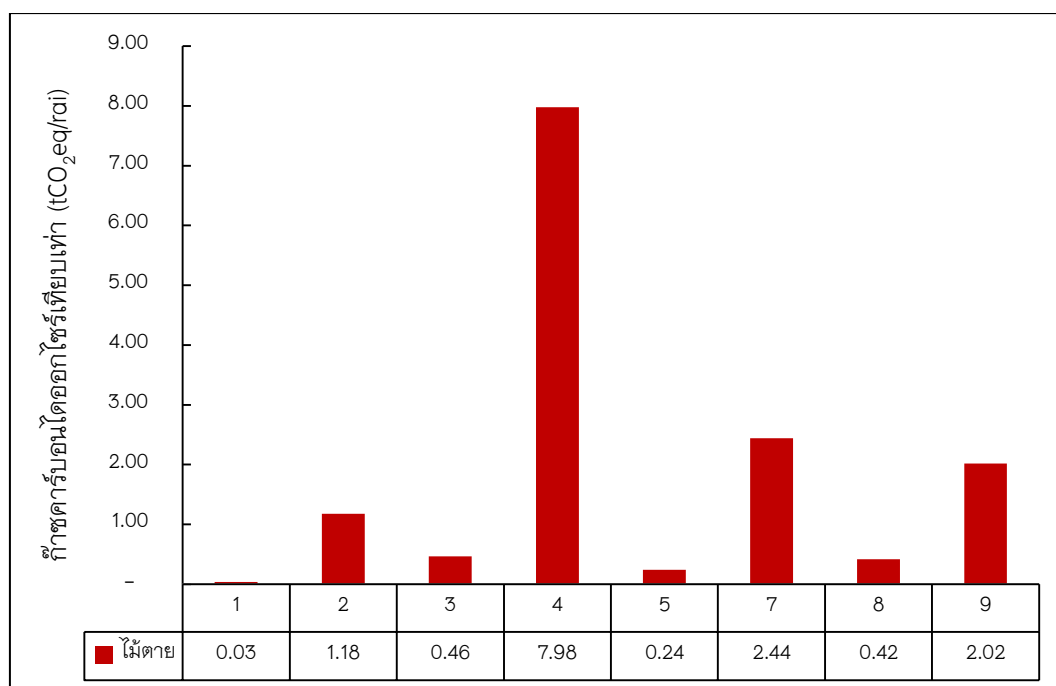
พืชที่หนาแน่น ค่าดัชนีพื้นที่ใบที่สูงกว่าและลักษณะทางชีวลักษณะที่ไม่มีการผลัดใบในฤดูแล้ง ส่งผลให้สังคมพืชนั้น ๆ มีศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงกว่า (วิจัยวิสิฐ เกษรสิทธิ์, 2562)

ปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในไม้ตาย



ภาพ 35 ปริมาณการกักเก็บมวลงชีวภาพในไม้ตาย

จากการศึกษาการประเมินหาปริมาณมวลงชีวภาพในไม้ตายภายในแปลงศึกษาทั้งหมด มีปริมาณมวลงชีวภาพรวมทั้งหมด 8.57 t/rai และปริมาณมวลงชีวภาพของต้นไม้เฉลี่ยทั้งหมด เท่ากับ 1.07 ± 1.52 t/rai พบว่าแปลงที่ 4 มีมวลงชีวภาพมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.63 t/rai และแปลงที่ 1 มีมวลงชีวภาพน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.02 t/rai จาก(ภาพ 35) พบว่า มวลงชีวภาพของไม้ตายในแปลงที่ 4 ปริมาณการสะสมมวลงชีวภาพสูงมากกว่าทุกแปลง เนื่องจากแปลงที่ 4 มีต้นไม้ที่ล้มหรือยืนต้นตายมากกว่าแปลงอื่น ๆ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายทำให้เกิดการรบกวนจากมนุษย์ ทั้งการเผาป่าเพื่อหาของป่า การล่าสัตว์ ทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพและความหลากหลายทางพันธุกรรมลดลง



ภาพ 36 ปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในไม้ตาย

จากการศึกษาการประเมินหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในไม้ตายภายในแปลงศึกษาทั้งหมด พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ารวมทั้งหมด $14.77 \text{ tCO}_2\text{eq/rai}$ โดยมีกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของไม้ตายเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ $1.85 \pm 2.63 \text{ tCO}_2\text{eq/rai}$ แสดงดัง (ภาพ 36) พบว่าแปลง ที่ 4 มีการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ $7.98 \text{ tCO}_2\text{eq/rai}$ และแปลงที่ 7 มีการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ $0.03 \text{ tCO}_2\text{eq/rai}$ ตามลำดับ พบว่า แหล่งปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าไม้ตายมีบทบาทในการกักเก็บคาร์บอนน้อยมาก ซึ่งการแปรผันของการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ตายขึ้นอยู่กับความโตความสูง อายุความสมบูรณ์ของป่า อย่างไรก็ตามปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในไม้ตายมีค่อนข้างน้อยคิดเป็นสัดส่วนไม่เกินร้อยละ 2 ของการกักเก็บคาร์บอนรวม จึงอาจไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญ (Watson, 2009)

ปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดิน

ชนิดและลักษณะทางการกายภาพของดิน แปลง 1 และแปลง 5 จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 15 Bhi พบในพื้นที่ค่อนข้างดอน ทำให้เสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ การระบายน้ำค่อนข้างเร็วหรือเลว ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นด่างเล็กน้อย มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.0–7.5 ความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำถึงปานกลาง มีเนื้อดินชั้นบนเป็นดินร่วนปนทราย แปรสัณฐานดินปนเทา มีจุดประสีเหลืองหรือสีน้ำตาล ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.5–6.0

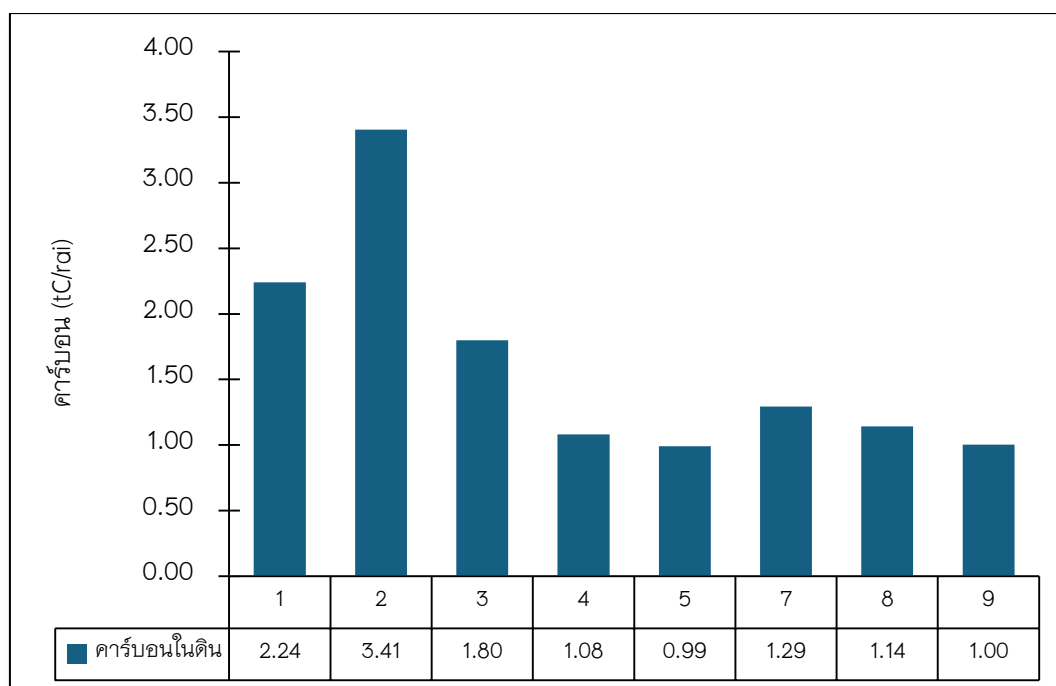
ชนิดและลักษณะทางการกายภาพของดิน แปลง 8 และแปลง 9 จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 18 Bhi เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ หรือถูกเคลื่อนย้ายมาในระยะทางไม่ไกลนักของหินเนื้อหยาบ ในบริเวณที่ราบเรียบหรือค่อนข้างราบเรียบ เป็นกลุ่มดินลึกที่มีการระบายน้ำส่วนใหญ่ค่อนข้างเร็ว เนื้อดินบนเป็นพวกดินร่วนปนทรายหรือดินร่วน มีสีน้ำตาลอ่อนถึงสีเทา พบจุดประพวงสี น้ำตาล สีเหลือง หรือสีแดงปะปน บางแห่งอาจพบศิลาแลงอ่อน ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติค่อนข้างต่ำ ดินชั้นบนมักมีปฏิกริยาเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.0–6.0

ชนิดและลักษณะทางการกายภาพของดิน แปลง 3 แปลง 4 แปลง 6 และแปลง 7 กลุ่มชุดดินที่ 46 B กลุ่มชุดดินที่เป็นดินเหนียวตื้นถึงชั้นลูกรังที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำน้ำ หรือจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่หรือเคลื่อนย้ายมาทับถมของวัสดุเนื้อละเอียดและมีเหล็กเคลือบ มีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนแดง มีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นจนถึงเป็นเนินเขา มีการระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง ความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ บางพื้นที่มีคันดินกักเก็บน้ำ สำหรับทำนา มีเนื้อดินชั้นบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียว ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมาก ถึงเป็นกรดเล็กน้อย มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.0–6.5

แปลง 2 จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 55 C เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ของวัตถุต้นกำเนิดดินที่มาจากหินตะกอน เนื้อละเอียดที่มีปูนปน ในบริเวณพื้นที่ดอน ที่ค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาด เป็นกลุ่มดินลึกปานกลาง มีการระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง เนื้อดินเป็นดินเหนียว ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินตะกอนเนื้อละเอียด สีดินดำสีน้ำตาลเข้ม สีแดงหรือสีเหลือง ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นด่างเล็กน้อย มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.0–8.0

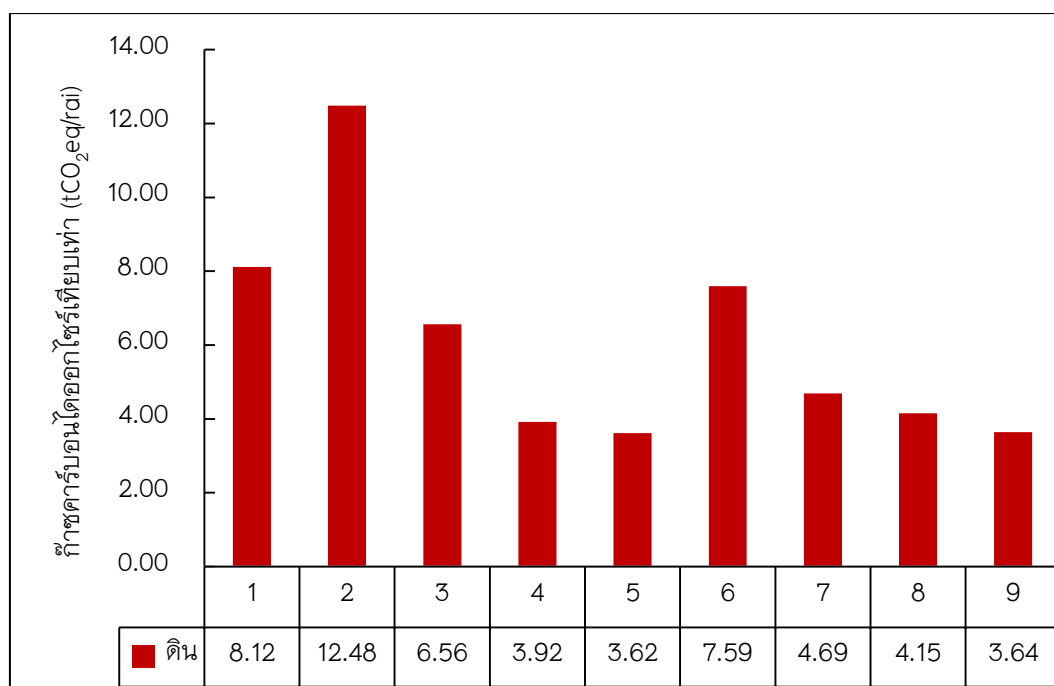


ภาพ 37 ชนิดและลักษณะทางการยภาพของดิน



ภาพ 38 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน

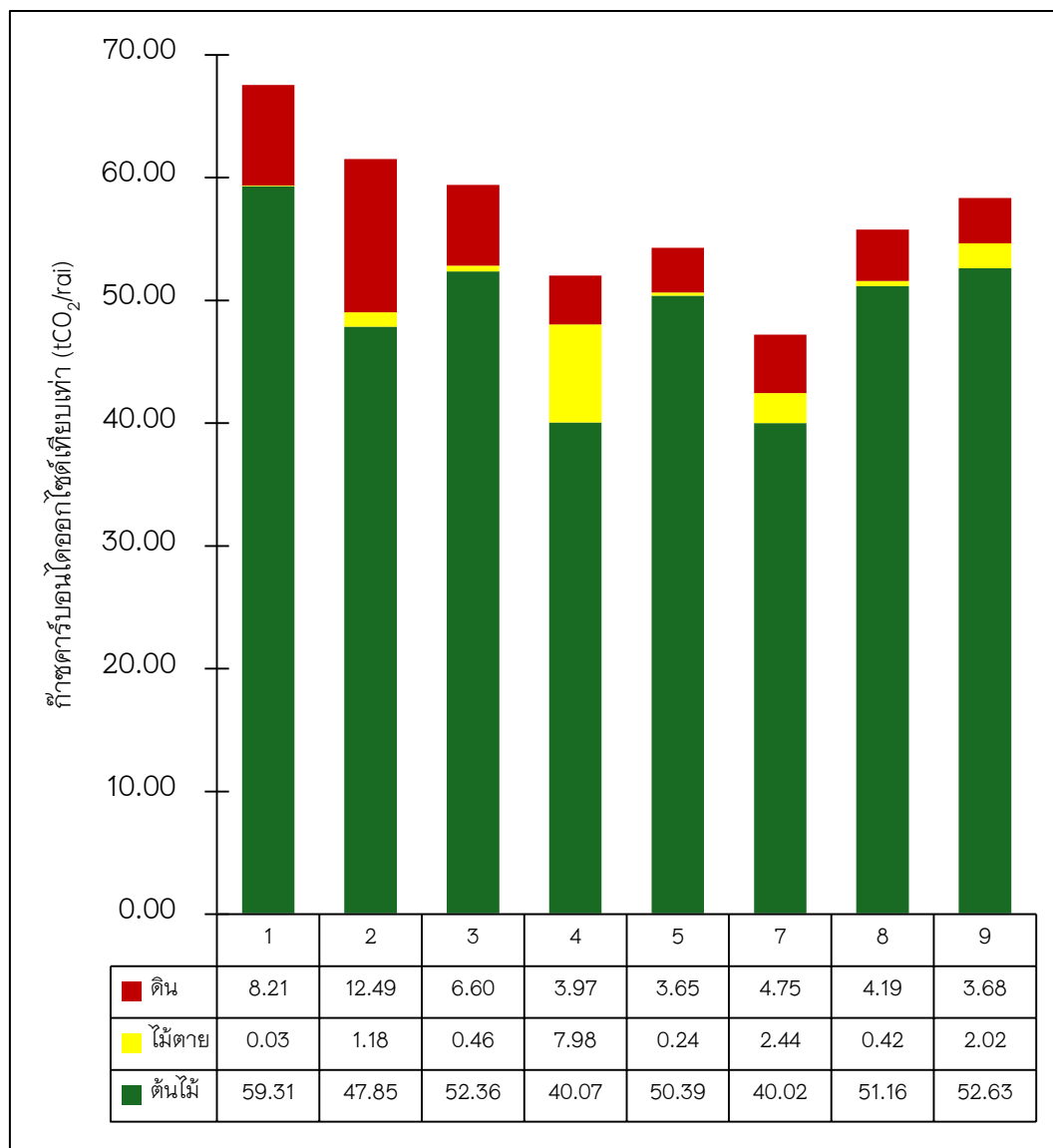
การประเมินการกักเก็บคาร์บอนในต้นไม้ที่ใช้ในการเจริญเติบโตสามารถหาได้จากค่ามาตรฐานซึ่งคิดเป็นร้อยละ 47 ของน้ำหนักมวลชีวภาพ (IPCC, 2006) ผลการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของแปลงศึกษาทั้งหมด เท่ากับ 12.96 tC/rai การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพในดินของแปลงศึกษาเฉลี่ย เท่ากับ 1.62 ± 0.85 tC/rai และพบว่าแปลงที่ 2 มีการกักเก็บคาร์บอน ในมวลชีวภาพสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 3.41 tC/rai และแปลงที่ 5 มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.99 tC/rai (ภาพ 39) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการกักเก็บคาร์บอนในดินกับสังคมพืชชนิดเดียวกันกับพื้นที่อื่น ๆ ที่มีการศึกษาของ (วสันต์ จันทร์แดง, 2562) พบว่า การกักเก็บคาร์บอนในดินบริเวณป่าเต็งรังแควระ บริเวณสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น มีการสะสมคาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0-40 เซนติเมตร เท่ากับ 4.25 ตัน/ไร่ (Jundang, 2010) โดยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินจะเปลี่ยนไปตามระดับความลึกของดิน โดยจะมีปริมาณลดลงเมื่อความลึกของดินเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ (Janmahasatian, 2004); (Poolsiri, 2005) นอกจากนี้ ยังมีผลเนื่อง มาจากพืชพรรณที่ขึ้นอยู่สภาวะภูมิอากาศ และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันที่มีผลอย่างมากต่อปริมาณคาร์บอนที่เก็บสะสมไว้ในดิน (Chidthaisong and Lischakul, 2005)



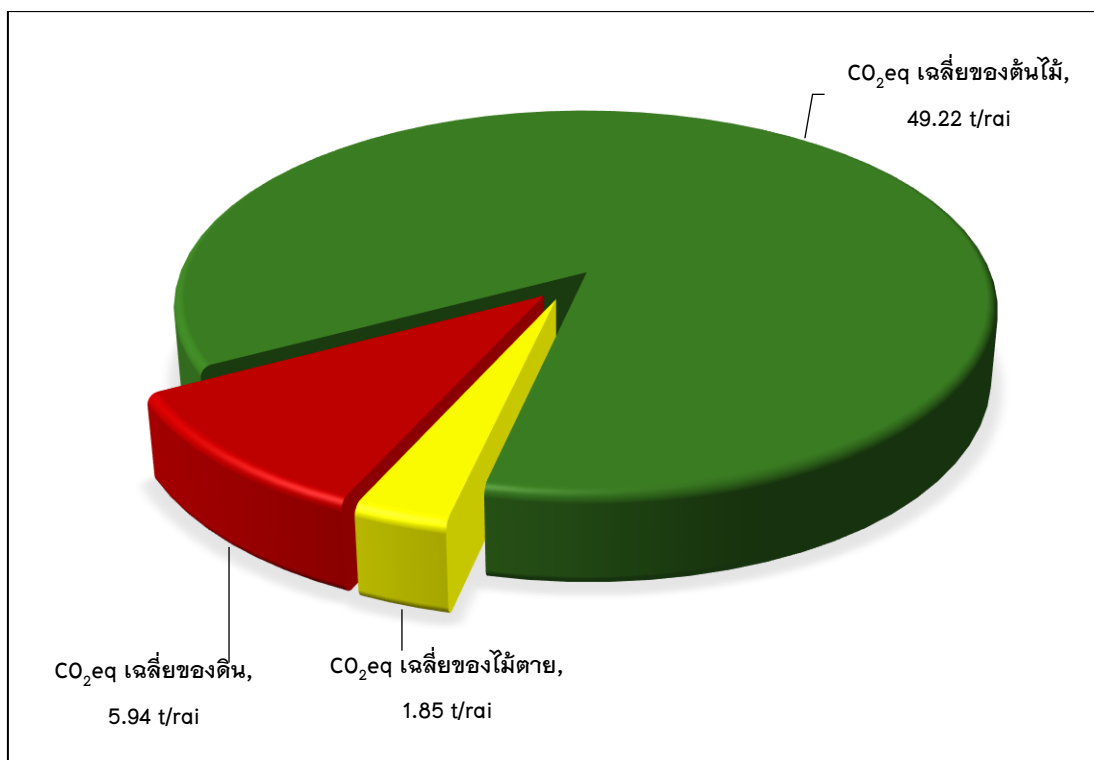
ภาพ 39 ปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในดิน

จากการศึกษาการประเมินหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในดินภายในแปลงตัวศึกษา พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ารวมทั้งหมด 47.52 tCO₂eq/rai โดยมีกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.94 ± 3.10 tCO₂eq/rai แสดงดัง (ภาพ 39) พบว่าแปลงที่ 2 มีการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 12.48 tCO₂eq/rai และแปลงที่ 5 มีการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 3.62 tCO₂eq/rai ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า ศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดินแต่ละชนิดสามารถพิจารณาจากการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพในส่วนต่าง ๆ ของแต่ละพืชได้แปลง รวมถึงปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะโครงสร้างสังคมพืช การชะละลายของน้ำ ชั้นหินยาบ ดินลูกรัง ศักยภาพของการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดินแต่ละกลุ่มแต่ละชนิดที่มีลักษณะและองค์ประกอบแตกต่างกัน จึงมีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในดิน

ปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา



ภาพ 40 กราฟแสดงค่าสัดส่วนของแต่ละแปลงศึกษา



ภาพ 41 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าทั้ง 3 ส่วน

จากศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและปริมาณการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ภาพ 41) พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวมทั้งหมด 8 แปลงศึกษา เท่ากับ 124.39 tC แยกปริมาณการกักเก็บคาร์บอนได้ 3 ส่วน ได้แก่ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในต้นไม้เท่ากับ 107.40 tC ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในไม้ตายเท่ากับ 4.03 tC ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินเท่ากับ 12.96 tC และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ารวมทั้งหมด 8 แปลงศึกษา เท่ากับ 456.08 tCO₂eq แยกปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 3 ส่วน ได้แก่ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในต้นไม้เท่ากับ 393.79 tCO₂eq ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49.22 tCO₂eq/rai (86%) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในไม้ตายเท่ากับ 14.77 tCO₂eq ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.85 tCO₂eq/rai (3%) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในดินเท่ากับ 47.52 tCO₂eq ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.94 tCO₂eq/rai (11%)

อัตราการเพิ่มพูนปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การประเมินอัตราการเพิ่มพูนปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของป่าเต็งรังในมหาวิทยาลัยพะเยา คำนวณได้จากการนำพื้นที่ศึกษา 1,652 ไร่ คูณด้วยค่าเฉลี่ยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ามีค่าเท่ากับ 57.01 tCO₂eq โดยกำหนดให้ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ทำการศึกษาในปี 2566 เป็นข้อมูลกรณีฐานเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 94,963.07 tCO₂eq และประเมินอัตราการเพิ่มพูนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอนาคต อีก 10 ปี พบว่ามีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดได้เท่ากับ 497.49 tCO₂eq/year ภายใต้งานที่ป่าจะไม่ถูกรบกวนจากมนุษย์และไฟป่าแสดงดัง (ตาราง 17)

การคิดคาร์บอนเครดิตของโครงการการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย ช่วงระยะเวลาในการคิดคาร์บอนเครดิต 10 ปี สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (สมการ 17)

$$\text{ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์} = C + C_{\text{TO}} \times (\text{ARC}/100) \times t \quad (17)$$

เมื่อ C = ปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจก

C_{TO} = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในกรณีปีฐาน = พื้นที่ศึกษา $\times$ ค่าเฉลี่ยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ARC = อัตราการเปลี่ยนแปลงรายปีของพื้นที่ป่า (ร้อยละต่อปี)

t = ปีที่ดำเนินการติดตามผล

อัตราการเปลี่ยนแปลงรายปีของพื้นที่ป่า เป็นการประเมินอัตราการถูกบุกรุกทำลายของพื้นที่ศึกษา ทำได้โดยการหาอัตราการถูกทำลายของพื้นที่ป่าไม้ ตามข้อมูลของกรมป่าไม้ของจังหวัดนั้น ๆ ดังนั้น อัตราการถูกบุกรุกทำลายของพื้นที่โครงการ

$$\text{ARC} = \text{TC}/\text{T} \quad (18)$$

เมื่อ ARC = อัตราการเปลี่ยนแปลงรายปีของพื้นที่ป่า (ร้อยละต่อปี)

TC = การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าที่ลดลง (ร้อยละ)

T = ระยะเวลาของข้อมูลการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าที่นำมาใช้ (ปี)*

หมายเหตุ: *กำหนดให้ระยะเวลาของข้อมูลการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าที่นำมาใช้ไม่น้อยกว่า 5 ปี

ตาราง 16 อัตราการเพิ่มพูนปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ปีที่	ปริมาณการดูดกลืนก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน				ปริมาณการดูดกลืนก๊าซเรือนกระจกในการณัฐฐาน (ส่วนเพิ่มพูน)				ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก		
	หน่วย: คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (t-CO ₂ eq)								ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ปริมาณการดูดกลืนก๊าซ	ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บได้จากการดำเนินงาน
	ต้นไม้	ไม้ตาย	ดิน	รวม	ต้นไม้	ไม้ตาย	ดิน	รวม			
t	1	2	3	4=1+2+3	5=1+(t*อัตราเพิ่มพูน*พื้นที่)	6=2+(t*อัตราเพิ่มพูน*พื้นที่)	7=3+(t*อัตราเพิ่มพูน*พื้นที่)	8=5+6+7	9	10=8-4-9	11=10+(t*ARC/100)*t
1	76,202.31	3,734.92	10,064.46	90,001.69	77,856.20	5,388.74	11,718.13	94,963.07	-	4,961.38	4,961.38
2	76,202.31	3,734.92	10,064.46	90,001.69	77,857.20	5,389.74	11,719.13	94,966.07	-	4,964.38	4,964.38
3	76,202.31	3,734.92	10,064.46	90,001.69	77,858.20	5,390.74	11,720.13	94,969.07	-	4,967.38	4,967.38
4	76,202.31	3,734.92	10,064.46	90,001.69	77,859.20	5,391.74	11,721.13	94,972.07	-	4,970.38	4,970.38
5	76,202.31	3,734.92	10,064.46	90,001.69	77,860.20	5,392.74	11,722.13	94,975.07	-	4,973.38	4,973.38
6	76,202.31	3,734.92	10,064.46	90,001.69	77,861.20	5,393.74	11,723.13	94,978.07	-	4,976.38	4,976.38
7	76,202.31	3,734.92	10,064.46	90,001.69	77,862.20	5,394.74	11,724.13	94,981.07	-	4,979.38	4,979.38
8	76,202.31	3,734.92	10,064.46	90,001.69	77,863.20	5,395.74	11,725.13	94,984.07	-	4,982.38	4,982.38
9	76,202.31	3,734.92	10,064.46	90,001.69	77,864.20	5,396.74	11,726.13	94,987.07	-	4,985.38	4,985.38
10	76,202.31	3,734.92	10,064.46	90,001.69	77,865.20	5,397.74	11,727.13	94,990.07	-	4,988.38	4,988.38
จำนวนปีเฉลี่ย (tCO ₂ eq/ปี)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	7,620.23	373.49	1,006.45	9,000.17	7,786.07	539.32	1,172.26	9,497.66	-	497.49	497.49

หมายเหตุ

1. ปริมาณการกักเก็บก๊าซในกรณีฐาน คำนวณจากสมการ
ปริมาณการกักเก็บก๊าซในกรณีฐาน = พื้นที่โครงการ × ค่าเฉลี่ยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เมื่อ พื้นที่ดำเนินโครงการ = 1,652 ไร่
 - ค่าเฉลี่ยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของต้นไม้ = 49.22 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไร่
 - ค่าเฉลี่ยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของไม้ตาย = 1.85 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไร่
 - ค่าเฉลี่ยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของดิน = 5.94 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไร่
2. ระยะเวลาคิดเครดิต 10 ปี
3. อัตราการถูกทำลายของพื้นที่โครงการ (ARC) ร้อยละ 0.02 ต่อปี
4. อัตราความเพิ่มของการกักเก็บคาร์บอน
 - อัตราความเพิ่มของการกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรัง ในพื้นที่ที่สร้างน้อยกว่า 20 ปี = 0.27 ตัน CO₂/ไร่/ปี (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2562)
5. อัตราการเพิ่มของการสะสมคาร์บอนในดิน ช้างอิง (Penman et al., 2005)
 - ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินป่าเขตร้อนตามประเภทการใช้ที่ดิน (F_U) = 0.82
 - ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามวิธีการจัดการที่ดิน (F_{WG}) = 1.22
 - ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามระดับอินทรีย์วัตถุที่ส่งผลในดิน (F) = 0.92
6. อัตราการเพิ่มของการสะสมคาร์บอนในไม้ตาย ช้างอิงการคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของไม้ตาย (Dead wood) โดยค่าคงที่สำหรับคำนวณการกักเก็บคาร์บอนในไม้ตาย จากเครื่องมือการคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของไม้ตายและเศษซากพืช (T-VER-TOOL-FOR/AGR-O3 version 2) จัดทำโดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (องค์การมหาชน) การคำนวณสูงจากระดับน้ำทะเลน้อยกว่า 2,000 เมตร และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีระหว่าง 1,000 – 1,600 มิลลิเมตรต่อปี ค่าคงที่ (DF_U) เท่ากับ 0.01 คูณกับปริมาณการกักเก็บก๊าซในกรณีฐานของต้นไม้ จะได้ค่าอัตราการเพิ่มของการสะสมคาร์บอนในไม้ตาย เท่ากับ 0.05 tCO₂eq/ไร่/ปี

จากการศึกษา (ตาราง 18) ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่กักเก็บในแต่ละพื้นที่โครงการของภาคเหนือและพื้นที่มหาวิทยาลัยพะเยา ประเภทโครงการป่าไม้และการเกษตร เมื่อเทียบผลโครงการที่ขึ้นทะเบียน T-VER พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณของพื้นที่ ลักษณะภูมิประเทศจากแผนที่ช่วงชั้นความสูง คุณสมบัติของดิน โครงสร้างแวดล้อมและองค์ประกอบของชนิดพรรณไม้ เป็นต้น โดยจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถกักเก็บได้ มหาวิทยาลัยพะเยา ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา (สามารถกักเก็บได้ 94,963 tCO₂eq), ป่าสงวนแห่งชาติสบกกฝางขาที่ 3 และ 5 ตำบลแม่เงิน อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย และป่าสงวนแห่งชาติแม่ยมที่ 15 ตำบลขุนควร อำเภอปง จังหวัดพะเยา (สามารถกักเก็บได้ 4,730 tCO₂eq), บ้านป้อ ตำบลเวียง อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา (สามารถกักเก็บได้ 39,134 tCO₂eq), ตำบลชมพู อำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง (สามารถกักเก็บได้ 18,069 tCO₂eq), บ้านโฮ้ง ตำบลลี้ อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน (สามารถกักเก็บได้ 259 tCO₂eq), ตำบลไชยวัฒนา อำเภอปัว จังหวัดน่าน (สามารถกักเก็บได้ 11,885 tCO₂eq) สามารถพิจารณาได้ว่าพื้นที่ของมหาวิทยาลัยพะเยาเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการกักเก็บของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าได้

ตาราง 17 เทียบผลประโยชน์โครงการที่ขึ้นทะเบียน T-VER

ลำดับ	Title	ที่ตั้งโครงการ	ประเภทโครงการ	ปริมาณก๊าซเรือน	ปริมาณก๊าซเรือน
				กระจกที่สะสมได้ (tCO ₂ eq)	ที่คาดว่าจะลดได้ (tCO ₂ eq/year)
1	การศึกษานี้ Assessment of Carbon Stock in a Deciduous Dipterocarp Forest of University of Phayao	มหาวิทยาลัยพะเยา 19 ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา พะเยา 56000	ป่าไม้และพื้นที่สีเขียว (FOR)	122,441	686
2	Greenhouse Gas Storage Assessment Pilot Projects under the Royal Forest Department's Reforestation Project to Conserve and Restore Watershed and Mangrove Forests and Prevent Forest Fires	ป่าสงวนแห่งชาติสิบกกผั่มงวาที่ 3 และ 5 ต.แม่เงิน อ.เชียงแสน จ.เชียงราย ป่าสงวนแห่งชาติแม่ยมที่ 15 ต.ขุนควร อ.ปง จ.พะเยา	ป่าไม้และพื้นที่สีเขียว (FOR)	4,730	460
3	Community Forestry Ban Pe, Chading kham, Phayao	บ้านปี่ หมู่ที่ 1 และบ้านปี่ หมู่ที่ 10 ตำบลเกวียง อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา	ป่าไม้และพื้นที่สีเขียว (FOR)	39,134	453
4	Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation and Enhancing Carbon Sequestration in Forest Area of The Siam Fibre-Cement Company Limited	366 หมู่ที่ 2 ตำบลชมพู อำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง	ป่าไม้และพื้นที่สีเขียว (FOR)	18,069	437
5	Banpu Forest for Lives	หมู่ 11 บ้านโอง ค.ลี้ อ.ลี้ จ.ลำพูน	ป่าไม้และพื้นที่สีเขียว (FOR)	259	174
6	Carbon sequestration and reducing emission in tecks plantation, Pua district, Nan province	48 หมู่ 5 ต.ไชยวัฒนา อ.ปัว จ.น่าน	ป่าไม้และพื้นที่สีเขียว (FOR)	11,885	1,189

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

จากพื้นที่ป่าในมหาวิทยาลัยพะเยาในการศึกษาค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI พื้นที่ทั้งหมด 1,997 ไร่ มาทำการกำหนดชั้นภูมิ (Stratification) พบว่ามีค่าดัชนีพืชพรรณอยู่ในช่วง 0 ถึง 0.6592 สามารถแบ่งได้ทั้งหมด 3 ชั้นภูมิ ได้แก่ ชั้นภูมิที่ 1 คือ พื้นที่ป่าปกคลุมน้อยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0058 ถึง 0.4815 โดยจัดให้อยู่ในประเภทพื้นที่ป่าความหนาแน่นต่ำ มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 345 ไร่ ชั้นภูมิที่ 2 อยู่ในประเภทพื้นที่ป่าความหนาแน่นปานกลาง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.4815 ถึง 0.5572 มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 750 ไร่ และชั้นภูมิที่ 3 คือพื้นที่ป่าความหนาแน่นสูง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5572 ถึง 0.6950 จัดให้อยู่ในประเภทพื้นที่ป่าไม้ความหนาแน่นมาก มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 902 ไร่ และการกำหนดตำแหน่งเพื่อวางแผนและเก็บตัวอย่างแต่ละชั้นภูมิตามความหนาแน่นของพืชพรรณที่ปกคลุม จากการสำรวจ พบว่ามีจำนวนต้นไม้ใหญ่ทั้งหมด 1,831 ต้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 198 ต้น/ไร่ ลักษณะโครงสร้างสังคมพืชของป่ามหาวิทยาลัยพะเยาพบชนิด พันธุ์พืชทั้งหมด 28 ชนิด 17 วงศ์ พบว่าชนิดพันธุ์ไม้ที่มีอยู่ในพื้นที่มากที่สุดคือ เต็ง วงศ์ *Dipterocarpaceae* มีจำนวนพบ 372 ต้น รูปแบบการกระจายของขนาดความโตของไม้ต้นในพื้นที่ศึกษาขนาดความโตเฉลี่ย คือ 13.89 ± 7.35 เซนติเมตร และขนาดความสูงที่พบมากที่สุด คือ 11.15 ± 5.51 เมตร

1. ปริมาณคาร์บอนสะสมและปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ปริมาณการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าเต็งรัง ในมหาวิทยาลัยพะเยา มีค่าเท่ากับ 124.39 ตันคาร์บอน โดยมีการสะสมคาร์บอนในต้นไม้เป็นเท่ากับ 107.40 ตันคาร์บอน การสะสมคาร์บอนในไม้ตาย 4.03 ตันคาร์บอน และการสะสมคาร์บอนในดิน 12.96 ตันคาร์บอน โดยมีปริมาณการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในต้นไม้เป็นมีค่าเท่ากับ 393.79 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า มีปริมาณการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในดินเป็นมีค่าเท่ากับ 47.52 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า มีปริมาณการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของพื้นที่ศึกษาทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 456.08 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็น 43.23 % ของพื้นที่ที่ศึกษาต่อพื้นที่ทั้งหมดของมหาวิทยาลัยพะเยา

2. อัตราการเพิ่มพูนปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การประเมินอัตราการเพิ่มพูนปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของป่าเต็งรังในมหาวิทยาลัยพะเยา คำนวณได้จากการนำพื้นที่ศึกษา 1,652 ไร่ คูณด้วยค่าเฉลี่ยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่มีค่าเท่ากับ 57.01 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยกำหนดให้ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ทำการศึกษาในปี 2565 เป็นข้อมูลกรณีฐาน เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 94,963.07 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดได้เท่ากับ 497.49 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ในอีก 10 ปีที่คาดว่าจะสามารถลดได้ต่อปี เท่ากับ 0.39%

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

การศึกษาการประเมินการกักเก็บคาร์บอนโดยประยุกต์ใช้ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) พื้นที่ป่ามหาวิทยาลัยนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลในการสนับสนุนของข้อมูลพื้นฐานในการทำฐานข้อมูลพรรณพืชและการวิเคราะห์สังคมพืชของพื้นที่และยังนำไปใช้ในการเปรียบเทียบกับระบบนิเวศป่าอื่น ๆ โดยเฉพาะป่าเต็งรัง ทั้งกระบวนการการพัฒนาโครงการการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ และการประเมินคาร์บอนเครดิต

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากการศึกษาการประเมินการกักเก็บคาร์บอนโดยประยุกต์ใช้ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) พื้นที่ป่าเต็งรัง ในมหาวิทยาลัยพะเยา จากข้อมูลที่ได้นี้เป็นการประเมินค่าการกักเก็บคาร์บอนจากต้นไม้ใหญ่, ไม้ตาย (Dead wood) และอินทรีย์วัตถุในดิน (Soil organic carbon) ข้อมูลที่ยังไม่ได้มีการประเมินแหล่งการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพส่วนของไม้หนุ่ม (Sapling), เศษซากพืช (Litter) เพื่อความแม่นยำของข้อมูลแล้วควรมีการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องในระยะยาวเพื่อให้เข้าถึงการเปลี่ยนแปลงการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพที่ดียิ่งขึ้น ควรมีการติดตามผลการเปลี่ยนแปลงของพรรณพืช เพิ่มจำนวนแปลงในการเก็บตัวอย่างให้มากขึ้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและใกล้เคียงกับสภาพความจริงมากที่สุด รวมถึงกระบวนการพัฒนาโครงการการลดก๊าซเรือนกระจกตามมาตรฐานของต่างประเทศ

บรรณานุกรม

- A. Rikimaru (1999). Sky is the limit for forest management tool. **ITTO Tropical Forest Update** 9/3, 6–9.
- A. Rikimaru (2002). Tropical forest cover density mapping. **Tropical Ecology**. 43(1), 39–47.
- Carter, M. R. (2007). **Soil Sampling and Method of Analysis**. (2nd Edition). Canadian Society of Soil Science.
- Duong Thi Loi (2017). Integration of GIS and Remote Sensing for Evaluating Forest Canopy Density Index in Thai Nguyen Province, Vietnam. **International Journal of Environmental Science and Development** 8, 539–541.
- Green. E. P. (1997). "Estimating Leaf Area Index of Mangrova from Satellite Data". **Aquatic Botany**, 58, 11–19.
- IPCC (2014). **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change**. Cambridge Cambridge University Press.
- IPCC. (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. **International Panel on Climate Change**. (I. P. o. C. Change Ed. Vol. 4). Japan: IGES.
- J. Kumar (2017). Assessment of Forest Cover Conditions and Canopy Density using Remote Sensing and GIS Techniques in Parts of Jharkhand State. **International Journal of Research in Agriculture and Forest**, 4(4), 12–17.
- Limsakul, A. (2020). Trends in Thailand's extreme temperature indices during 1955–2018 and their relationship with global mean temperature change. **Applied Environmental Research**, 42(2), 94–107.
- Marod, D., S. Sangkaew, A. Panmongkal, A. Jingjai. (2014). Influences of environmental factors on tree distribution of lower montane evergreen forest at Doi Sutep–Pui National park, Chiang Mai Province. **Thai Journal of Forestry**. 33(3), 23–33.
- Mongkolsawat C. (2001). Evaluation of Drought Risk Area in Northeast Thailand using Remotely Sensed Data and GIS. **Asian Journal of Geoinformatics**, 1(4), 33–44.
- Moral R.D. (2007). Insights gained from succession for the restoration of landscape structure

and function. In: Walker, L.R., Walker, J., Hobbs, R.J. (Eds.). **Linking Restoration and Ecological Succession**, 19–41.

Nitanan Koshy Matthew (2018). Carbon Stock and Sequestration Valuation in a Mixed Dipterocarp Forest of Malaysia. **Arboricultural Journal**. 47(3), 447–455.

Walkley and Black (1947). A Critical Examination of a Rapid Method for Determining Organic Carbon in Soils – Effect of Variations in Digestion Conditions and of Inorganic Soil Constituents. **Soil Science**. 63(4), 251–264.

World Meteorological Organization (WMO) (2022). **State of the Global Climate 2021**. Geneva, English.

เกษราภรณ์ ชุ่มเกิด. (2558). การประเมินมูลค่าคาร์บอนที่กักเก็บในไม้ยืนต้นของป่าชุมชนเขาวง จังหวัดชัยภูมิ. **วารสารวนศาสตร์**, 34(1), 29–38.

กรมป่าไม้ (2565). **เนื้อที่ป่าไม้ของประเทศไทย แยกรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2551–2560**. กรุงเทพฯ, สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมป่าไม้. (2565). **โครงการจัดทำข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ ปี พ.ศ. 2565**. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2556). **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการพัฒนาที่ยั่งยืน**. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร.

ณัฐนิชา นาคน้อย. (2565). ลักษณะสังคมพืชและปัจจัยดินของป่าผสมผลัดใบ ในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านปาง อำเภอลอง จังหวัดแพร่. **วารสารวนศาสตร์ไทย**, 41(2), 93–108.

ดอกรัก มารอด. (2560). การจัดกลุ่มหมู่ไม้ และการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรัง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร. **วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย**, 1(1), 1–9.

นวลปราง นวลอุไร. (2548). การเปรียบเทียบค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพและมวลคาร์บอนสะสมที่อยู่นิ่งของพื้นดินของระบบนิเวศป่า จากการสำรวจด้านป่าไม้และการรับรู้ระยะไกลบริเวณอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน. กรุงเทพฯ, วท.ม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญวงศ์ ไทยอุตสาห. (2547). **มาตรการในการเพิ่มและการจัดการพื้นที่สีเขียวในเขตชุมชนอย่างยั่งยืน รายงานฉบับสมบูรณ์**. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

- ปรัชญาภรณ์ ศรีคุณ. (2564). ลักษณะสังคมพืชและปัจจัยดินของป่าเต็งรังแคระป้องกันไฟ 40 ปี ในพื้นที่วนอุทยานแพะเมืองผีจังหวัดแพร่. **วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย**, 5(1), 33– 52.
- ปริญญา ภูศักดิ์สาย. (2561). มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของพรรณไม้ป่า 4 ชนิด ณ สถานีวนวัฒนวิจัยประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. **วารสารวนศาสตร์**, 37(2), 13–26.
- ภาควิชาวนวัฒนวิทยา. (2550). **พื้นฐานการปลูกป่า**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กองทุนจัดพิมพ์ตำราภาควิชาวนวัฒนวิทยา: คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วรพรรณ หิมพานต์ และสันต์ เกตุปราณีต (2551). ผลของไฟต่อพืชพรรณในป่าเต็งรังในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี. **วารสารวนศาสตร์**, 27(1), 43–55.
- วรรณชัย วรรณสิงห์ (2562). **การสะสมซากพืชและปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินในป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม**. ป.ร.ด., มหาสารคาม, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วิษณุวิสิฐ เกษรสิทธิ์. (2562). การสร้างชั้นภูมิโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มด้วยอัลกอริทึมเคมีสำหรับการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**, 29(2), 321–331.
- ลาโรจน์ วัฒนสุขสกุล. (2555). **ความหลากหลายชนิดพันธุ์ไม้และการสะสมคาร์บอนในป่าเต็งรังที่มีไฟป่าและไม่มีไฟป่า บริเวณสถานีวนวัฒนวิจัยอินทขิล จังหวัดเชียงใหม่**. 31(3): 1–14.
- สำนักงานกลุ่มวิจัยจุลอุตุนิยมหาวิทยาลัย. (2562). **ภูมิอากาศจังหวัดพะเยา**. สืบค้นเมื่อ 5 เมษายน 2565, จาก <http://climate.tmd.go.th>
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. (2559). **รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานการณ์องค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย พ.ศ. 2559**, กรุงเทพฯ: ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยน.
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2564). **รายงานความก้าวหน้า SDGs ของประเทศไทย พ.ศ. 2559–2563**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- สำนักป่าชุมชน. (2557). **คู่มือการสำรวจการกักเก็บคาร์บอนและความหลากหลายทางชีวภาพในป่าชุมชน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ส่วนพัฒนางานวนศาสตร์ชุมชน.
- สุธีระ เข็มฮัก. (2564). อิทธิพลของปัจจัยแวดล้อมต่อการกระจายของชนิดไม้ป่าเต็งรังป่าสงวน

ป่าสนทราย อำเภอสนทราย จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้
เมืองไทย, 5(1), 17-32.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2559). คู่มืออ้างอิงการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือน
กระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทยสาขาป่าไม้และการเกษตร.
พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(อบก.). (2566). การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของ
ไม้ตายและเศษซากพืช (Calculation for Carbon Sequestration in Dead
Wood and Litter) T-VER-TOOL-FOR/AGR-03. กรุงเทพฯ: องค์การบริหาร
จัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(อบก.). (2566). การคำนวณการสะสมคาร์บอนในดิน
(Calculation for Soil Carbon) T-VER-TOOL-FOR/AGR-02. กรุงเทพฯ:
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(อบก.). (2566). ระเบียบวิธีลดก๊าซเรือนกระจกภาค
สมัครใจสำหรับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความ
เสื่อมโทรมของป่าและการเพิ่มพูนการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าในระดับ
โครงการ. กรุงเทพฯ: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).

อัญชัน พิมพ์สวรรค์. (2561). ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของ
ป่าชุมชนบ้านหินลาดและป่าชุมชนบ้านหินลาด-แก่น้อย จังหวัดมหาสารคาม.
วิทยานิพนธ์ วท.ม. มหาสารคาม, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เครื่องมือและการตรวจวัดของต้นไม้

การเตรียมเครื่องมือ การตรวจวัดและความถี่ของการตรวจวัด ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของ อบก. โดยพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัด (ตาราง 18) ดังนี้

ตาราง 18 พารามิเตอร์ที่ต้องมีการติดตามผล

พารามิเตอร์	หน่วย	ความหมาย
ที่ตั้งโครงการ	UTM หรือ Latitude, Longitude	ค่าพิกัดบอกตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่โครงการอย่างน้อยจำนวน 4 จุด ที่ระบุข้อมูลตำแหน่งที่ชัดเจน ได้แก่ ทิศเหนือสุด ทิศใต้สุด ทิศตะวันออกสุดและทิศตะวันตกสุด
A	ไร่	พื้นที่โครงการทั้งหมด
a	ไร่	พื้นที่แปลงตัวอย่างที่ทำการสำรวจข้อมูลข้อมูลตัวอย่างเพื่อใช้ในการประเมินปริมาณการเก็บกักคาร์บอน
DBH	เซนติเมตร	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้ ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร
H	เมตร	ความสูงทั้งหมดของต้นไม้
C _{TT}	ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้
D _{Dead}	ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของไม้ตาย
SOC	ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของอินทรีย์วัตถุในดิน

ภาคผนวก ข เครื่องมือ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการวางแผนของต้นไม้

การเตรียมเครื่องวางแผนสำรวจ การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็น สำหรับการวางแผนตัวอย่าง เช่น เทปวัดระยะสำหรับตีแปลง เครื่องบอกพิกัด GPS มีด เชือก ขอนหมุด เป็นต้น

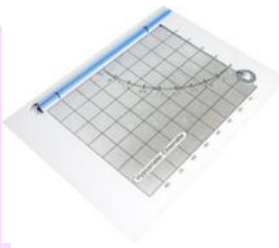
ตาราง 19 เครื่องมือ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการวางแผน

ลำดับ	รายการ	วัตถุประสงค์	ภาพตัวอย่าง
1	เครื่องหาพิกัด (Garmin eTrex 10 GPS)	นำทางเพื่อเข้าถึงจุดวางแผน ตัวอย่างและบันทึกค่าพิกัดทาง ภูมิศาสตร์ – สามารถรับสัญญาณจาก ดาวเทียม GPS (USA) และ GLONASS (รัสเซีย) ทำให้การระบุ ตำแหน่งแม่นยำขึ้น – สามารถแสดงตำแหน่งพิกัดทั้ง ระบบพิกัด UTM และ Latitude/ Longitude – สามารถแสดงค่าพิกัดบน Datum สากล	
2	เทปวัดระยะ สำหรับตีแปลง	วัดขนาดและกำหนดขอบเขตแปลง ตัวอย่าง – เทปมีความยาว 100 เมตร / 330 ฟุต – สามารถอ่านค่าได้ทั้ง 2 หน้าของ สายเทป ด้านหน้า อ่านค่าเป็น เซนติเมตร / เมตร ด้านหลัง อ่านค่า เป็น นิ้ว / ฟุต	

ตาราง 20 (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	วัตถุประสงค์	ภาพตัวอย่าง
3	ค้อน	ตอกเหล็กเส้น	
4	เชือกฟางม้วนใหญ่	กำหนดขนาดและขอบเขตแปลงตัวอย่าง	
5	เหล็กเส้นหรือข้ออ้อย ขนาด 3 หุน ขึ้นไป	หมุดแปลง	

ตาราง 21 (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	วัตถุประสงค์	ภาพตัวอย่าง
4	Fiberglass Measuring Stick	กำหนดบริเวณวัดขนาดความโต บนต้นไม้	
5	ไคลโนมิเตอร์ แบบประดิษฐ์ (เครื่องวัด ความสูง)	เครื่องวัดความสูงต้นไม้ - แผ่นกระดาษที่มีมุมมาตรฐาน และด้ายยาว 12 ซม. - แหวนโลหะอลูมิเนียมขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลาง 2 ซม.	
6	เทปวัด เส้นผ่าศูนย์กลาง Lufkin W606PM (2 เมตร)	- ใช้วัดได้ทั้งขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางและเส้นรอบวง - สายเทปมีสองด้าน ด้านหนึ่ง สำหรับวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 64 ซม. ในหน่วยมิลลิเมตรและ เซนติเมตร อีกด้านสำหรับวัดระยะ 200 ซม. ในหน่วยมิลลิเมตรและ เซนติเมตร	

ภาคผนวก ง การวิเคราะห์และการเครื่องมือเก็บตัวอย่างดิน

การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็น สำหรับชุดหรือเจาะเก็บดิน เช่น พลั่ว จอบ และเสียม รวมถึงการเตรียมภาชนะที่ใส่ดิน เช่น ถังพลาสติก กล่องกระดาษแข็ง กระบุง ผ้ายางหรือผ้า พลาสติก และ ถุงพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่างดินเพื่อส่งไปวิเคราะห์

ตาราง 21 เครื่องมือ/อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

ลำดับ	รายการ	วัตถุประสงค์	ภาพตัวอย่าง
1	พลั่ว	เก็บตัวอย่างหน้าดิน ที่ความลึก 15-30 ซม. แซะดินข้างหลุม (ด้านเรียบ) ให้ได้ดินเป็นแผ่น หนาประมาณ 2-3 ซม.	
2	จอบ	ถากหญ้ากวาดเศษพืชหรือวัสดุ ที่อยู่ผิวหน้าดิน	
4	ถังพลาสติก	รวบรวมดินในแต่ละจุด	
5	ถุงพลาสติก สำหรับใส่ ตัวอย่างดิน	เก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ	

ตารางที่ 22 (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	วัตถุประสงค์	ภาพตัวอย่าง
6	ผ้าพลาสติก	คลุมเคล้าดินแต่จะแปลงที่เก็บมา	



ภาคผนวก จ วิเคราะห์ SOC ในห้องปฏิบัติการ

อุปกรณ์และเครื่องมือ การวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในดิน (Organic Carbon; OC)

1. เครื่องชั่ง (Balance) 2 ตำแหน่ง
2. ตู้ดูดควัน (Hood)
3. โถดูดความชื้น (Dessicator)
4. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. ปีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 150, 250 และ 500 มิลลิลิตร
6. ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100, 250, 500 และ 1,000 มิลลิลิตร
7. ปิเปตแบบปริมาตร (Volumetric pipette) ขนาด 10 มิลลิลิตร
8. ปิเปตแบบใช้ดวง (Measuring pipette) ขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
9. กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 50 มิลลิลิตร
10. บิวเรตพร้อมขาตั้ง (Burette & Stand) ขนาด 50 มิลลิลิตร
11. แท่งแก้วคนสาร (Stirring rod)
12. หลอดหยด (Dropper)
13. ขวดน้ำกลั่น (Distilled water bottle)
14. ช้อนตักสาร (Scoop)
15. ลูกยางปิเปตขวดแก้วใส่สารเคมี

สารเคมี

1. โพแทสเซียมไดโครเมท (Potassium dichromate ; $K_2Cr_2O_7$)
2. เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous ammonium sulfate ; $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$)
3. เฟอรัสซัลเฟต เฮปตะไฮเดรต (Ferrous sulfate hepta hydrate ; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$)
4. ออร์โท-ฟีแนนโทรลีน (O-Phenanthroline ; $C_{12}H_8N_2$)
5. กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid ; H_2SO_4)

การเตรียมสารละลาย

1. สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมท (Potassium dichromate ; $K_2Cr_2O_7$) 1 N

ชั่ง 13 กรัม โพแทสเซียมไดโครเมทใส่ปิกเกอร์ขนาด 150 มิลลิลิตร อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Dessicator) แล้วชั่ง 12.25 กรัม ใส่ปิกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่นถ่ายลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 250 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายโดยกลับวัดปริมาตรขึ้น – ลง (ถ่ายใส่ขวดแก้วสีชาขนาด 250 มิลลิลิตร)

2. สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous ammonium sulphate ; $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) 0.5 N

ชั่ง 100 กรัม เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (อบสารแล้วในโถดูดความชื้น) ใส่ในปิกเกอร์ 500 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นลงไป 12.5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นถ่ายลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร (Volumetric flask) แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 500 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายโดยกลับวัดปริมาตร ขึ้น–ลง (ถ่ายลงในขวดแก้วสีชาขนาด 500 มิลลิลิตร)

3. สารละลายออร์โทฟีแนนทโรรีน อินดิเคเตอร์ (O-Phenanthroline indicator ; $C_{12}H_8N_2$) 0.025 M

เฟอร์รัสซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต (Ferrous sulphate hepta hydrate ; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$) 0.7 กรัม ใส่ในปิกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร และชั่งออร์โทฟีแนนทโรรีน 1.48 กรัม ลงบนกระดาษชั่งสารน้ำทั้ง 2 สารผสมกันและละลายด้วยน้ำกลั่น เทลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร (Volumetric flask) แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายโดยกลับวัดปริมาตรขึ้น–ลง (ถ่ายลงในขวดแก้วสีชาขนาด 100 มิลลิลิตร)

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างดิน 1.00 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. ใช้ปิเปตแบบปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมท 1 N 10 มิลลิลิตร
3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร เขย่าขวดแก้วเบา ๆ เป็นเวลา 1–2 นาที ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที (ครั้งแรกให้เติมกรดซัลฟูริก 5 มิลลิลิตร เขย่าขวดแก้วเบา ๆ แล้วค่อยเติมอีก 10 มิลลิลิตร เขย่าขวดแก้วให้ทำในตู้ดูดควัน)
4. เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตรโดยใช้กระบอกรดตวง เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น (ในตู้ดูดควัน)
5. หยดออร์โทฟีแนนทโรรีน อินดิเคเตอร์ 5 หยด

6. ไทเทรตด้วย 0.5 N สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต เพื่อหาปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมทที่เหลือจากปฏิกิริยาจนกระทั่งสีของสารละลายดินเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดงที่จุดยุติ
7. จดบันทึกปริมาณเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้
8. ทำ Blank เช่นเดียวกับตัวอย่าง แต่ไม่ต้องใส่ดิน (ตั้งแต่ข้อ 2-7)
9. คำนวณปริมาณอินทรีย์วัตถุ



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	กฤษณะ วังสอง
วัน เดือน ปี เกิด	3 กันยายน 2540
สถานที่เกิด	มหาสารคาม
วุฒิการศึกษา	2563 วศ.บ.(พลังงานและสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยราชภัฏ มหาสารคาม, มหาสารคาม
ที่อยู่ปัจจุบัน	461/1 ถนนถีนานนท์ อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000
ผลงานตีพิมพ์	กฤษณะ วังสอง, วัชรวิศ สุชาติตระกูล, จตุรวิษณุ จันทร์ฉาย, วุฒิภัทร อ่อนสิงห์, พุฒิพงศ์ นันทกัป, พัชรภา บุญทาคำ, ตฤณ เสรมะธากุล, พิมพ์ศิริ สุวรรณพัฒน์ และ วนาวัลย์ ปราภฏ. 2567. การสะสม คาร์บอนของป่าไม้: แปลงศึกษาในพื้นที่มหาวิทยาลัยพะเยา. การ ประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย ครั้งที่ 13. พะเยา: มหาวิทยาลัย พะเยา, 977-989.

