การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก (*Tectona grandis* Linn.f.) ในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่

สโรชา ลามู

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการป่าไม้
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2565

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก (*Tectona grandis* Linn.f.) ในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่

สโรชา ลามู

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการป่าไม้
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการประเมิน
การกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก (*Tectona grandis* Linn.f.)
ในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่

สโรชา ลามู

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการป่าไม้

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต่อลาภ คำโย)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์ ดร.ปิยะพิศ ขอนแก่น)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์ ดร.อิสรีย์ ฮาวปินใจ)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากร ลัทธิถีระสุวรรณ)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รองอธิการบดี
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการประเมิน การกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก (*Tectona grandis* Linn.f.) ในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่

ชื่อผู้เขียน นางสาวสโรชา ลามู

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการป่าไม้

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต่อลาภ คำโย

บทคัดย่อ

การศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก ในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ ครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของไม้สักในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ โดยการวางแปลงขนาด 20 × 20 เมตร ในแปลงปลูกไม้สักตั้งแต่อายุ 1 ปี จนถึงสักอายุ 40 ปี จำแนกอายุได้ 27 ปี 81 แปลง ทำการวัดไม้สักที่มีขนาดความสูงทั้งหมดตั้งแต่ 1.30 เมตรขึ้นไปและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูงระดับอก (DBH) มากกว่า 4.5 เซนติเมตร พร้อมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลโดยหามวลชีวภาพของไม้สัก การกักเก็บคาร์บอน ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการปลดปล่อยออกซิเจนในพื้นที่ และจำแนกระดับศักยภาพของพื้นที่ในการแบ่งกลุ่มข้อมูล (Classification) โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks) ในโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ผลการศึกษาพบว่ามวลชีวภาพของไม้สักในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ ทั้งหมดเท่ากับ 32,153.38 ตันต่อเฮกตาร์ คิดเป็นปริมาณกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดเท่ากับ 15,112.09 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 55,411.00 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และการปลดปล่อยออกซิเจนเท่ากับ 40,298.91 ตันออกซิเจนต่อเฮกตาร์ จากการทำแผนที่การกระจายของมวลชีวภาพไม้สัก จำแนกระดับศักยภาพของพื้นที่ในแต่ละปัจจัย พบว่า ระดับการกระจายของปัจจัยต่างๆ มีการกระจายอยู่ในระดับปานกลางมีพื้นที่การครอบคลุมสูงที่สุดทุกปัจจัยซึ่งคิดเป็นพื้นที่เท่ากับ 924.94 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 29.67 โดยที่ มวลชีวภาพมีค่าอยู่ระหว่าง 15.84-24.41 ตัน การกักเก็บคาร์บอนมีค่าอยู่ระหว่าง 7.54-11.47 ตันคาร์บอน ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าอยู่ระหว่าง 27.28-42.06 ตันคาร์บอน และ ปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจนมีค่าอยู่ระหว่าง 19.85-30.59 ตันออกซิเจน และเมื่อทำการประเมินเปรียบเทียบมูลค่าคาร์บอนเครดิตในแต่ละพื้นที่ พบว่าประเทศไทยมีมูลค่าคาร์บอนเครดิตเท่ากับ 1.03 ดอลลาร์สหรัฐต่อเฮกตาร์ คิดมูลค่ารวมของพื้นที่สวนป่าเป็น 15,565.45 ดอลลาร์สหรัฐ เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่มีมูลค่าสูง

ที่สุด คือ ยุโรปมีมูลค่าคิดเป็น 49.78 ดอลลาร์สหรัฐต่อเฮกตาร์ มูลค่ารวมของพื้นที่สวนป่า คิดเป็น 752,279.83 ดอลลาร์สหรัฐ ดังนั้นสวนป่าขุนแม่คำมีถือว่าทำหน้าที่เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนแห่งหนึ่ง เมื่อมีการอนุรักษ์และลดความเสื่อมโทรมของป่าหรือการปลูกป่าก็จะทำให้มีพื้นที่ที่เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันการจัดการสวนป่าจะพบว่าเป็นการเก็บคาร์บอนที่เป็นประโยชน์ เนื่องจากมีการใช้ไม้ตามรอบตัดฟันและปลูกทดแทนต่อเนื่องก่อให้เกิดการจัดการการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ : ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, การประเมินการกักเก็บคาร์บอน, ไม้สัก, สวนป่าขุนแม่คำมี, จังหวัดแพร่

Title GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM ASSESSMENT ASSISTEDCARBON STOCK OF TEAK (TECTONA GRANDIS LINN.F.) IN KHUN MAE KHUM MEE PLANTATION, PHRAE PROVINCE

Author Miss Sarocha Lamu

Degree Master of Science in Forest Management

Advisory Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Torlarp Kamyo

ABSTRACT

The study on apply geographic information system GIS to assess the carbon sequestration of teak *Tectona grandis* Linnfin Khun Mae Khammi plantation, Phrae Province biomass and carbon sequestration of teakThe purpose was assessed biomass and carbon sequestration of teak by plots measuring 20 × 20 meters since 1 year of teak to 40 years separated to 27 years for 81 plots. Total height was measured at 1.30 meters and diameter at breast height (DBH) of more than 4.5 centimeters were measured, along with data analysis by finding biomass of teak, Carbon sequestration, Carbon Dioxide Absorption, and the release of oxygen in the area and classifying the potential level in the data segmentation (Classification) by Natural Breaks (Jenks) analyzing in the Geographic Information System program.

The results showed that the biomass of teak in the Khun Mae Kham Mee plantation, Phrae province total 32,15338 tonsha, the total carbon storage of 15,11209 tons of carbonhaCarbon dioxide adsorption amount is was 55,41100 tons of carbonhaand the oxygen emission was 40,29891 tons of oxygenhaThe distribution map of teak biomass was classified the potential level of each factor. It was found that the distribution level of the factorshas distributed moderately with the highest coverage of all factors, which was 924.94 hectares or 29.67 percent, with biomass ranging from 15.84-24.41 tons, Carbon sequestration ranges from 7.54-11.47 tons of carbon, carbon dioxide adsorption ranged from 27.28-42.06 tons of carbon, and oxygen emissions ranged from 19.85-30.59 tons of oxygen. It was found that Thailand had carbon credit

value of 1.03 US dollars per hectare. The total value of the plantation was 15,565.45 US dollars, compared with the highest-value Europe at 49.78 US dollars per hectare. The total value of the forest plantation was 752,279.83 US dollars. Therefore, Khun Mae Kham Mee plantation had serves as a carbon storage facility. The conserving and reducing forest degradation or reforestation, carbon storagewill be increased. At the same time, plantation management was found the beneficial carbon storage as the timber cycle and continuous replanting contributes to sustainable management of utilization.

Keywords : Geographic Information System, Assessment Carbon Stock, Teak, Khun Mae Khum Mee Plantation, Phrae Province

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ดำเนินการสำเร็จผลได้ด้วยดีโดยรับความกรุณาจาก ผศ.ดร.ต่อลาภ คำโย ดร.ปิยะพิศ ขอนแก่น และ ดร.อิสรีย์ ฮาวปินใจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ซึ่งคอยให้ความรู้ ความช่วยเหลือ คำปรึกษา และแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัย รวมทั้งให้ความเมตตาและความเข้าใจที่ดีเสมอมา ตลอดจนงานวิจัยสำเร็จบรรลุตามวัตถุประสงค์

ขอขอบคุณ ดร.ปณิดา กาจีนะ ผู้ทรงคุณวุฒิประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบคุณหัวหน้าสวนป่าขุนแม่คำมีและเจ้าหน้าที่ หน่วยงานเจ้าของพื้นที่ ที่อนุญาตให้เข้าทำวิจัยในพื้นที่และอนุเคราะห์อำนวยความสะดวกในการสำรวจภาคสนามดำเนินงานวิจัย

ขอขอบคุณ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ และนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ช่วยในการสำรวจและเก็บข้อมูลในพื้นที่ส่งผลให้เกิดการศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จ

และขอขอบคุณ ทุนนักศึกษาเรียนดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้ และกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กสว.) : งบประมาณปกติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

สโรชา ลามู

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร 3

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 3

การกักเก็บคาร์บอน 13

ไม้สัก 15

สวนป่า 22

สวนป่าขุนแม่คำมี 22

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 26

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ 29

วัสดุและอุปกรณ์ 29

พื้นที่ศึกษา 29

แผนการดำเนินงาน 30

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ 33
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 47
สรุปผล 47
ข้อเสนอแนะ 48
บรรณานุกรม 49
ภาคผนวก 53
ประวัติผู้วิจัย 56

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตารางแสดงลักษณะเกณฑ์การวัดในระดับต่าง ๆ 7

ตารางที่ 2 การจำแนกระดับศักยภาพพื้นที่มวลชีวภาพของไม้สัก โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks) 38

ตารางที่ 3 การจำแนกระดับศักยภาพพื้นที่การกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks) 40

ตารางที่ 4 การจำแนกระดับศักยภาพพื้นที่ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้สัก โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks) 42

ตารางที่ 5 การจำแนกระดับศักยภาพพื้นที่ปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจนของไม้สัก โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks) 44

ตารางที่ 6 มูลค่าคาร์บอนเครดิตของไม้สักในแต่ละพื้นที่ 46

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ไม้สัก 17
ภาพที่ 2 แผนที่สวนป่าขุนแม่คำมี 23
ภาพที่ 3 พื้นที่ศึกษาสวนป่าขุนแม่คำมี อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ 30
ภาพที่ 4 แปลงตัวอย่างการเก็บข้อมูล 31
ภาพที่ 5 มวลชีวภาพ 33
ภาพที่ 6 การกักเก็บคาร์บอน 34
ภาพที่ 7 ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 36
ภาพที่ 8 การปลดปล่อยออกซิเจน 37
ภาพที่ 9 แผนที่กระจายมวลชีวภาพของไม้สัก โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks) 39
ภาพที่ 10 แผนที่กระจายการกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks) 41
ภาพที่ 11 แผนที่กระจายปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้สัก โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks) 43
ภาพที่ 12 แผนที่กระจายปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจนของไม้สัก โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks) 45

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันความผิดปกติของสภาพอากาศที่เกิดขึ้นในประเทศไทยและทั่วโลกนั้นเป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งเกิดจากความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในชั้นบรรยากาศทำให้เกิดภาวะโลกร้อน การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นเหตุทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกปัจจุบันสูงกว่าของยุคก่อนอุตสาหกรรมแล้ว 1.1 องศาเซลเซียส และจะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่านี้อีก 0.5 องศาเซลเซียส ถ้าไม่ลดผลกระทบจากมลภาวะในชั้นบรรยากาศ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 0.5 องศาเซลเซียส จะเพิ่มความรุนแรงและความถี่ของความร้อนสุดขั้วและปริมาณน้ำฝนที่ตกหนัก รวมไปถึงความแห้งแล้งในบางภูมิภาค เนื่องจากอุณหภูมิมีความผันผวนทุกปี (IPCC, 2021)

ประเทศไทยมีแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้นจากกิจกรรมการพัฒนาประเทศ จากข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ.2554 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 305.52 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ และจากการคาดการณ์ปริมาณการปล่อยมีสูงถึง 555 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในปี พ.ศ.2573 โดยภาคเศรษฐกิจที่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ ภาคพลังงาน รองลงมาคือ ภาคเกษตร กระบวนการทางอุตสาหกรรม และของเสีย (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2559) เนื่องจากต้นไม้สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงและนำมาสะสมไว้ในรูปของมวลชีวภาพ (Timilsina, 2014) แต่เมื่อพื้นที่ป่าไม้มีปริมาณที่ลดลงการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะลดลงตามไปด้วย

จากการสำรวจพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยในปี พ.ศ.2563 อยู่ที่ 102,353,484.76 ไร่ คิดเป็น 31.64% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ (กรมป่าไม้, 2563) พื้นที่ส่วนหนึ่งเกิดจากการปลูกสร้างสวนป่า ซึ่งได้เริ่มดำเนิดการตั้งแต่ปี พ.ศ.2511 คิดเป็นเนื้อที่ 585,833 ไร่ จำนวน 94 สวนป่า (องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้, 2559) ถือว่าเป็นพื้นที่กักเก็บคาร์บอนขนาดใหญ่ ทั้งนี้สวนป่าขุนแม่คำมีเป็นสวนป่าขนาดใหญ่แห่งหนึ่งที่สำคัญของจังหวัดแพร่ เป็นสวนป่าโครงการที่ 1 ปลูกตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติเริ่มปลูกสร้างแปลงสวนป่าไม้สักตั้งแต่ปี พ.ศ.2511 ถึงปี พ.ศ.2528 มีการปลูกไม้สักมากถึง 18 แปลง คิดเป็นพื้นที่ปลูก 19,587.40 ไร่ (งานสวนป่าขุนแม่คำมี, 2564) โดยสวนป่าทำการปลูกสร้างสวนป่าไม้สัก (*Tectona grandis* Linn.f.) ซึ่งมีเนื้อไม้สามารถใช้ประโยชน์ได้

หลายรูปแบบ เนื้อไม้มีความละเอียด ตกแต่งได้ง่าย ลวดลายสวยงาม และมีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศ (กรมป่าไม้, 2556) จึงเป็นไม้ที่มีบทบาทสูงมากในสวนป่าเศรษฐกิจและสังคมไทย

ปัจจุบันมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีอย่างมากมาย นั้นก็คือระบบสาระสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) คือกระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำให้เห็นลักษณะทางภูมิศาสตร์ภายในพื้นที่ที่ศึกษาได้สะดวกและชัดเจนมากขึ้น มีการนำระบบสาระสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) มาประยุกต์ใช้กับงานทางด้านป่าไม้หลากหลายด้าน เช่นเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ การแบ่งกลุ่มข้อมูล (Classification) โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks) ซึ่งเป็นการแบ่งช่วงชั้นสำหรับพื้นที่ที่อิงจากการจับกลุ่มของข้อมูลตามธรรมชาติ ช่วงที่มีการจัดกลุ่มจะเป็นพื้นที่ที่คล้ายกัน วิธีนี้จะลดความแปรผันภายในแต่ละช่วงดังนั้นพื้นที่ในแต่ละช่วงจึงมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด (ศูนย์วิจัยและพัฒนานวัตกรรมอุทยานแห่งชาติ, 2561) แต่ในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมียังไม่มีการนำระบบสาระสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) มาประยุกต์ใช้ในการการประเมินการกักเก็บคาร์บอน

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก ในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ และประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก ตลอดจนเป็นข้อมูลพื้นฐานให้กับหน่วยงานเพื่อพัฒนาพื้นที่สวนป่าต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก ในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่
2. เพื่อประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการประเมินการกระจายพื้นที่ของปริมาณคาร์บอนของไม้สัก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงการกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก ในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่
2. สามารถประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการประเมินการกระจายพื้นที่ของปริมาณคาร์บอนของไม้สัก

บทที่ 2
ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร

การศึกษาหัวข้อเรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก (*Tectona grandis* Linn.f.) ในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ ได้ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเด็นต่อไปนี้

1. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
2. การกักเก็บคาร์บอน
3. ไม้สัก
4. สวนป่าขุนแม่คำมี
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) ประกอบด้วย 2 คำ คือ “ระบบสารสนเทศ” (Information System) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการรวบรวมจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลอย่าง เป็นขั้นตอน สามารถค้นคืนข้อมูลที่ต้องการให้ภายในเวลาอันรวดเร็ว และสามารถนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ ในกระบวนการตัดสินใจของผู้บริหาร ส่วนคำว่า “ภูมิศาสตร์” (Geography) มาจากรากศัพท์ “geo” หมายถึง โลกและ “graphy” หมายถึงการเขียน ภูมิศาสตร์จึงหมายถึงการเขียนเรื่องราวเกี่ยวกับโลก หรือมุ่งเน้นไปที่ความสัมพันธ์ของมนุษย์กับพื้นที่ (Spatial Relationship) ซึ่งโดยสรุปแล้วระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบสารสนเทศที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อใช้รวบรวมจัดเก็บ วิเคราะห์ข้อมูลภูมิศาสตร์ รวมทั้งการค้นคืนข้อมูล และการแสดงผลข้อสนเทศ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นทั้งระบบฐานข้อมูลที่มีความสามารถในการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ของแผนที่เชิงเลข และข้อมูลเชิงคุณลักษณะเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้นได้ผลออกมาเป็นข้อสนเทศและนำไปใช้ประโยชน์ในการตัดสินใจ (สรรค์ใจ, 2542)

Burrough (1987) ได้กล่าวว่า GIS เป็นเครื่องมือที่ใช้รวบรวม จัดเก็บ นำสารสนเทศนั้นกลับมาใช้และยังสามารถเปลี่ยนแปลงระบบการจัดเก็บ รวมทั้งสามารถแสดงสารสนเทศเชิงพื้นที่ตามลักษณะที่ต้องการได้

วิเชียร (2547) ให้ความหมายว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือระบบที่จัดเก็บบันทึกข้อมูล นำเข้าข้อมูลและปรับปรุงข้อมูลให้มีความสามารถในการวิเคราะห์ และแสดงข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ ได้ เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่และเชื่อมโยงผสมผสานทั้งข้อมูลพื้นที่ และข้อมูลคุณลักษณะเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลสามารถดัดแปลง แก้ไข และวิเคราะห์ แสดงผล รวมทั้งการนำเสนอข้อมูลเพื่อแสดงให้เห็นมิติความสัมพันธ์ของข้อมูลพื้นที่

จากความหมายต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ GIS คือ ระบบที่มีการจัดเก็บข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล การวิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลทางภูมิศาสตร์ โดยการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ที่เหมาะสม ซึ่งในปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้ในการจัดทำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ คอมพิวเตอร์ โดยเชื่อมโยงการใช้เทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์กราฟิก และระบบการจัดการฐานข้อมูลเข้าด้วยกัน ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) และข้อมูลที่ไม่อยู่ในเชิงพื้นที่ (non-spatial data) เข้าด้วยกัน และสามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่มีจำนวนมากและมีความซับซ้อนเพื่อตอบคำถามต่าง ๆ หรือจำลองสถานการณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (จิตนพา และพงศ์ภัค, 2557)

1. องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยหลักการแล้วจะประกอบด้วย 5 ส่วน (วิเชียร, 2550) คือ
   1.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) คือ เครื่องมือที่เป็นองค์ประกอบที่สามารถจับต้องได้ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องต่างๆ เช่น ตัวเครื่องคอมพิวเตอร์, จอภาพ, สายไฟ, ดิจิไทเซอร์ และเครื่อง printer ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในระบบ GIS ต้องมีองค์ประกอบที่ต่างจากเครื่องประมวลผลอื่น โดยต้องมีสมรรถนะเพียงพอที่จะจัดการกับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีปริมาณมากได้
   1.2 ซอฟท์แวร์ (Software) คือโปรแกรมหรือชุดคำสั่ง ที่สั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามที่เราต้องการซอฟท์แวร์ด้าน GIS เช่น Arcview Mapinfo SPANS Geomedia โดยซอฟท์แวร์ด้าน GIS ควรมีลักษณะที่สำคัญ 5 ประการ คือ สามารถป้อนข้อมูลและตรวจสอบข้อมูล สามารถจัดเก็บข้อมูลและจัดการฐานข้อมูล สามารถคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลได้ สามารถรายงานผลข้อมูล และมีระบบอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้
   1.3 บุคลากร (Peopleware) คือ ผู้มีหน้าที่จัดการให้องค์ประกอบทั้ง 4 อย่างข้างต้น ทำงานประสานกันจนได้ผลลัพธ์ออกมา ซึ่งต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ด้าน GIS และการจัดการฐานข้อมูล
   1.4 วิธีการปฏิบัติงาน (Methodology หรือProcedure) คือขั้นตอนการทำงานซึ่งเราเป็นผู้กำหนดให้เครื่องคอมพิวเตอร์จัดการกับข้อมูล

1.5 ข้อมูล (Data) คือ ข้อมูลจัดเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของระบบสารสนเทศทุกประเภท โดยระบบย่อมไม่สามารถสร้างข้อสนเทศที่เป็นประโยชน์ได้ถ้าขาดข้อมูลที่ถูกต้อง สมบูรณ์และทันสมัย

2. ประเภทข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วยข้อมูล 2 รูปแบบ (วิเชียร, 2550) คือ

2.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูลต่าง ๆ บนพื้นโลก สามารถอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geo-referenced) ซึ่งข้อมูลเชิงพื้นที่สามารถแสดงสัญลักษณ์ได้ 3 รูปแบบ คือ

- จุด (Point) จะใช้แสดงข้อมูลที่เป็นลักษณะของตำแหน่งที่ตั้ง ได้แก่ ที่ตั้งโรงเรียนในสังกัด กทม., ที่ตั้งศูนย์บริการสาธารณสุข, ที่ตั้งสำนักงานเขต เป็นต้น
- เส้น (Line) จะใช้แสดงข้อมูลที่เป็นลักษณะของเส้น เช่น ถนน, แม่น้ำ, ทางด่วน เป็นต้น
- พื้นที่ (Area or Polygon) จะใช้แสดงข้อมูลที่เป็นลักษณะของพื้นที่ เช่น พื้นที่ขอบเขตการปกครอง, พื้นที่อาคารเป็นต้น

2.2 ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Non-Spatial data) เป็นข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute) ซึ่งจะอธิบายถึงคุณลักษณะต่าง ๆ ในพื้นที่นั้น ๆ ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง หรือหลาย ๆ ช่วงเวลา เช่น ข้อมูลจำนวนประชากรในเขตต่าง ๆ ข้อมูลจำนวนนักเรียนแต่ละชั้นของโรงเรียนสังกัด กทม. เป็นต้น สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

- ตารางข้อมูลที่เชื่อมโยงกับกราฟฟิก (Graphic table)
- ตารางข้อมูลที่ไม่เชื่อมโยงกับกราฟฟิก (Non-Graphic table)

3. ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่แบ่งได้ 2 ประเภท คือ Vector และ Raster (วิเชียร, 2550)

3.1 ข้อมูลแสดงทิศทาง (Vector Data) คือข้อมูลที่แสดงด้วย จุด เส้น หรือพื้นที่ ที่ประกอบด้วยจุดพิกัดทางแนวราบ (X, Y) และ/หรือ แนวดิ่ง หรือระบบ Cartesian Coordinate System ถ้าเป็นพิกัดตำแหน่งเดียวก็จะเป็นค่าของจุด ถ้าจุดพิกัดสองจุดหรือมากกว่าจะเป็นค่าของเส้น ส่วนพื้นที่นั้นจะต้องมีจุดมากกว่า 3 จุดขึ้นไป และจุดพิกัดเริ่มต้นและจุดพิกัดสุดท้ายจะต้องอยู่ตำแหน่งเดียวกัน ตัวอย่างข้อมูลแสดงทิศทาง เช่น ถนน แม่น้ำ ขอบเขตการปกครอง โรงเรียน เป็นต้น ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบเวกเตอร์ทำให้การกำหนดตำแหน่งบนผิวโลกทำได้อย่างแม่นยำจะมีลักษณะและรูปแบบ (Spatial Features) ต่างๆ กันพอสรุปได้ดังนี้คือ

- รูปแบบของจุด (Point Features) เป็นตำแหน่งพิกัดที่ไม่มีขนาดและทิศทาง โดยจุดไม่มีมิติจุดจะบันทึกบนแผนที่ เป็นค่าพิกัด x, y 1 คู่จะใช้แสดงข้อมูลที่เป็นลักษณะของตำแหน่งใด ๆ เช่น ที่ตั้งของโรงเรียน เป็นต้น ซึ่งการแสดงข้อมูลภูมิศาสตร์นั้นขึ้นอยู่กับ

มาตราส่วนของแผนที่หากมาตราส่วนเล็กที่ตั้งของโรงเรียนอาจแสดงเป็นจุด ถ้าเป็นแผนที่มาตราส่วนใหญ่อาจแสดงเป็นพื้นที่รูปปิด

- รูปแบบของเส้น (Linear Features) มีระยะและทิศทางระหว่างจุดเริ่มต้น ไปยังจุดแนวทาง (Vector) และจุดสิ้นสุด เส้นใช้แทนวัตถุที่มี 1 มิติ ถูกบันทึกเป็นกลุ่มค่าพิกัด x, y 1 ชุดประกอบไปด้วยลักษณะของเส้นตรงเส้นหักมุม และเส้นโค้งเช่น ถนน ทางด่วน คลอง เป็นต้น

- รูปแบบของพื้นที่ (Polygon Features) มีระยะและทิศทางระหว่างจุดเริ่มต้น จุดแนวทาง (Vector) และจุดสิ้นสุด ใช้แทนวัตถุที่มี 2 มิติถูกบันทึกเป็นกลุ่มค่าพิกัด x, y ของเส้นโค้งที่ลากมาบรรจบกันเป็นขอบเขตของพื้นที่นั้น ๆ ที่ประกอบกันเป็นรูปหลายเหลี่ยมมีขนาด พื้นที่ (Area) และเส้นรอบรูป (Perimeter) เช่น ขอบเขตการปกครองขอบเขตหมู่บ้าน

3.2 ข้อมูลแสดงลักษณะเป็นกริด (Raster Data) คือข้อมูลที่มีโครงสร้างเป็นช่องตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดเท่า ๆ กัน เรียกว่าจุดภาพ (Grid cell, Pixel) เรียงต่อเนื่องกันในแนวราบและแนวดิ่ง ในแต่ละเซลล์สามารถเก็บค่าได้ 1 ค่าความสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ (Resolution) ณ จุดพิกัดที่ประกอบขึ้นเป็นฐานข้อมูลแสดงตำแหน่งชุดนั้น ค่าที่เก็บในแต่ละเซลล์สามารถเป็นได้ทั้งข้อมูลลักษณะสัมพันธ์หรือรหัสที่ใช้อ้างอิงถึง ข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูล ตำแหน่งของแต่ละเซลล์จะกำหนดโดยตัวเลขประจำและแถวค่าที่กำหนดให้แต่ละเซลล์จะแสดงถึงค่าของคุณลักษณะที่เซลล์นั้นเป็นตัวแทน เช่น จุด ๆ หนึ่ง (บ้านหนึ่งหลัง) แสดงด้วยเซลล์ 1 เซลล์เส้นหนึ่งเส้น (แนวถนน) แสดงด้วยเซลล์หลายเซลล์ที่มีค่าเหมือนกัน เกิดเป็นกลุ่มเซลล์ที่เรียงต่อเนื่องกัน รูปหลายเหลี่ยม (ขอบเขตแปลงที่ดิน) แสดงด้านกลุ่มเซลล์ที่ทุกเซลล์มีค่าเหมือนกัน ดังนั้น เซลล์ที่มีข้อมูลมากกว่า 1 ค่า จะถูกแยกเก็บคนละแฟ้มข้อมูล เช่น ข้อมูลชนิดดิน 1 แฟ้ม ข้อมูลประเภทการใช้ที่ดินของพื้นที่เดียวกันต้องแยกเก็บอีก1 แฟ้ม การแก้ไขข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลจะวิเคราะห์แฟ้มข้อมูลหลาย ๆ แฟ้มร่วมกัน Raster Data อาจแปรรูปมาจากข้อมูล Vector หรือแปรจาก Raster ไปเป็น Vector ได้แต่จะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นระหว่างการแปรรูปข้อมูล

4. ลักษณะข้อมูลเชิงคุณลักษณะ คือ คุณสมบัติหรือคุณลักษณะประจำข้อมูลภูมิศาสตร์ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่ใช่เชิงพื้นที่ (Non-Spatial Data) (วิเชียร, 2550) สามารถจำแนกได้ดังนี้

4.1 Nominal Level เป็นระดับที่มีการวัดข้อมูลอย่างหยาบ ๆ โดยจะกำหนดตัวเลขหรือสัญลักษณ์เพื่อจำแนกลักษณะของสิ่งต่างๆ เท่านั้น เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นหนึ่งจำแนกได้เป็น ป่าไม้ แหล่งน้ำ ทุ่งหญ้า ฯลฯ เป็นต้น ลักษณะเหล่านี้อาจจะแทนค่าโดยตัวเลข

เช่น 1 = ป่าไม้ 2 = ทุ่งหญ้า 3= แหล่งน้ำ เป็นต้น ซึ่งค่าเหล่านี้ไม่สามารถทำการเปรียบเทียบกันได้ว่า 1 มากกว่า 2 หรือ มากกว่า 3 ในแง่ของค่าตัวเลข

4.2 Ordinal Level หรือ Renking Level เป็นการเปรียบเทียบลักษณะในแต่ละปัจจัยว่ามีขนาดเล็กกว่า เท่ากัน หรือ ใหญ่กว่า เช่น พื้นที่ป่าไม่มีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่ทุ่งหญ้าหรือ 1 > 2 หรือการให้สัญลักษณ์แทนลักษณะของถนน เช่น ถนนสายเอเชีย =1 และถนน 2 เลน = 2 ถนนทางลูกรัง = 3 อาจจะบ่งบอกถึงความสำคัญว่า 1 สำคัญกว่า 2 แต่บอกไม่ได้ว่าสำคัญกว่าเป็นปริมาณเท่าใด

4.3 Interval - Ratio Level เป็นการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ในระหว่างแต่ละปัจจัยของ Ordinal Level ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด เช่น พื้นที่ป่าไม้มีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่ทุ่งหญ้า 2 เท่าหรือเส้นชั้นความสูงที่ระดับ 500 เมตร สูงกว่าที่ระดับ 400 เมตรอยู่ 100 เมตร เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดของเกณฑ์การวัดในระดับต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 1 ตารางแสดงลักษณะเกณฑ์การวัดในระดับต่าง ๆ

เกณฑ์การวัด	**NOMINAL**	**ORDINAL**	**INTERVAL-RATIO**
ความสำคัญของสารสนเทศ	แสดงเอกลักษณ์ของวัตถุได้	แสดงเอกลักษณ์ของวัตถุได้ เปรียบเทียบหรือจัดลำดับชั้นได้	แสดงเอกลักษณ์ของวัตถุได้ เปรียบเทียบหรือจัดลำดับชั้นได้ และหาค่าความแตกต่างได้
OPERATION ที่ทำได้	Operation ทางด้านตรรกวิทยาบางคำสั่ง เช่น เท่ากัน/ไม่เท่า	Operation ทางตรรกได้ทุกคำสั่ง	Operation ทางตรรกและคณิตศาสตร์ได้
ความสัมพันธ์ทาง STATISTICS	MODE CONTINGENCY COEFFICIENT	MEDIAN PERCENTILES	MEAN, VAREANCE COEDDICIENT OF CORRELATION

5. กระบวนการทำงานในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แบ่งออกเป็น 4 กระบวนการ , 2550) ดังนี้

5.1 การนำเข้าข้อมูล เป็นการบันทึกรหัสข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ในรูปที่สามารถอ่านและเขียนข้อมูลลงสู่ฐานข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นกระบวนการที่เสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง ข้อมูลที่มีคุณภาพต้องประกอบด้วยคุณลักษณะที่สำคัญ ๆ ดังนี้

- ต้องเป็นข้อมูลที่ทันสมัย
- ตำแหน่งของข้อมูลเชิงพื้นที่ต้องถูกต้อง
- การจำแนกข้อมูลต้องถูกต้องและสมบูรณ์
- วิธีการที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลตลอดจนการบันทึกรหัสข้อมูลจะต้องถูกต้องตามหลักวิชาการ
- ข้อมูลที่จะนำเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ

การนำเข้าข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีอยู่ 4 วิธีได้แก่

1. การนำเข้าข้อมูลด้วยแผงแป้นอักขระ (Keyboard) สามารถนำเข้าได้ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ
2. การนำเข้าข้อมูลด้วยการบันทึกค่าพิกัดข้อมูลลายเส้น (Digitizing) การบันทึกข้อมูลลายเส้น หรือเรียกว่าการดิจิไทซ์เป็นการแปลงข้อมูลแผนที่ เป็นข้อมูลเชิงเลขรายละเอียดบนแผนที่จะถูกบันทึกเป็นชุด หรือกลุ่มของพิกัด x และ y โดยมีอุปกรณ์ประกอบด้วยเครื่องอ่านพิกัดข้อมูลลายเส้น (Digitizer) โต๊ะ (Table) หรือโต๊ะอ่านพิกัดขนาดเล็ก (Tablet) มีเส้นลวดพาดผ่านเป็นตาราง มีตัวชี้ตำแหน่ง (Cursor) ที่ภายในมีวงขดลวดอยู่ซึ่งจะปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นช่วง ๆ ภายใต้การควบคุมของผู้ปฏิบัติงาน ตัวชี้ตำแหน่ง จะถูกตรวจจับได้โดยขดลวดตารางกริด แล้วส่งผ่านค่าพิกัดของตำแหน่งที่ตรวจจับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปยังคอมพิวเตอร์โดยแสดงเป็นค่าพิกัด x, y ปัจจุบันเครื่องอ่านพิกัดมีหลายขนาด ตั้งแต่เล็กสุด คือขนาด 27 x 27 เซนติเมตร ถึงใหญ่สุดขนาด 1 x 1.5 เมตรกระบวนการในการบันทึกพิกัดข้อมูลลายเส้นประกอบด้วย
3. การเตรียมแผนที่ตรวจสอบแผนที่ที่จะใช้ในการนำข้อมูลเข้าว่าเป็นแผนที่ที่สมบูรณ์น่าเชื่อถือ
4. การบันทึกค่าพิกัด การนำแผนที่มาตรึงบนเครื่องอ่านพิกัด ใช้ตัวชี้วัดตำแหน่งเป็นอุปกรณ์ในการถ่ายโอนพิกัด กำหนดจุดควบคุม (Control Point) โดยเลือกอย่างน้อย 4 จุด จากแผนที่ที่จะนำเข้า และใส่ค่าพิกัดภูมิศาสตร์หรือค่าพิกัด ยูทีเอ็ม

ซอฟต์แวร์จะใช้จุดควบคุมเหล่านี้ในการแปลงพิกัดบนเครื่องอ่านพิกัดเป็นค่าพิกัดในภูมิประเทศ

อย่างไรก็ตาม ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการดิจิไทซ์มีดังนี้

- ไม่ได้เชื่อมต่อ (Snap) เส้นเข้าด้วยกันที่จุดต่อ (Node)
- ลากเส้นเกินจุดต่อหรือลากเส้นไม่ถึงจุดต่อ
- ลืมบันทึกค่าพิกัดของเส้นหรือจุด
- การบันทึกค่าพิกัดของจุด หรือเส้นซ้ำซ้อน
- ให้ค่ารหัสของข้อมูลไม่ถูกต้อง

5.2 การจัดการข้อมูล ระบบ GIS มีข้อมูลอยู่ 2 รูปแบบ คือ Spatial Data และ Non-spatial data ซึ่งต้องมีการจัดเก็บอย่างเป็นระบบ รวมทั้งข้อมูลทั้ง 2 รูปแบบนี้จะต้องมีการเชื่อมโยงกัน ซึ่งข้อมูลในแบบ GIS จะถูกเก็บอยู่ในรูปแบบฐานข้อมูล ซึ่งเป็นรูปแบบข้อมูลดิจิตอล มีการจัดเก็บอย่างเป็นระบบ สามารถนำมาประมวลผล วิเคราะห์ ได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่นอกจากนี้ยังสะดวกในการบำรุงรักษาโดยสรุปแล้วระบบฐานข้อมูลมีข้อดี ดังนี้

- ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล ในการเก็บข้อมูลของชั้นข้อมูลต่างๆทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงคุณลักษณะ การแสดงผลไม่ว่าจะในรูปของแผนที่ หรือข้อมูลตารางจะแสดงเฉพาะที่จ าเป็นต่อการวิเคราะห์เท่านั้น
- มีการกำหนดความสัมพันธ์อย่างชัดเจน ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงคุณลักษณะ ใช้กุญแจในการเชื่อมข้อมูลเชิงคุณลักษณะกับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกันนั้น รวมทั้งใช้ความสัมพันธ์แวดล้อมในการเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่แต่ละชนิด
- มีการปรับปรุงแฟ้มข้อมูลที่สัมพันธ์กันให้ทันสมัยโดยอัตโนมัติเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงภายในแฟ้มข้อมูลหนึ่งจะนำการเปลี่ยนแปลงนั้นมาปรับปรุงข้อมูลนั้นในทุกแฟ้มข้อมูลของฐานข้อมูล
- มีศูนย์ควบคุมระบบฐานข้อมูลด้วยการรักษาความปลอดภัยและตรวจสอบความต่อเนื่องของข้อมูลอยู่เสมอ

5.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ในระบบ GIS สามารถตอบคำถามตามความต้องการของผู้ใช้ได้ตั้งแต่ด้านพื้นฐานไปจนถึงระดับที่มีความซับซ้อน ซึ่งโดยสรุปแล้วระบบ GIS สามารถตอบคำถามในเรื่องต่าง ๆ ได้ดังนี้ (ดนุพล, 2544)

- การสอบถามข้อมูลการหาที่ตั้ง (Location) โดยผู้ใช้ฐานข้อมูลสามารถสอบถามได้ว่า “มีอะไรอยู่ที่ไหน (What is at...?)” เป็นคำถามที่สามารถตอบได้ด้วย GIS ซึ่งหากมีการเตรียมแผนที่ GIS ได้อย่างถูกต้อง ทำให้ผู้สอบถามข้อมูลจากฐานข้อมูลสามารถตอบคำถาม

ได้ว่า จุดที่ตั้งสถานีวัดปริมาณน้ำฝนตั้งอยู่ที่ตำบล หรืออำเภอ หรือจังหวัดใด หรืออาจจะอยู่ใกล้กับถนนใด เพื่อให้ง่ายต่อการไปถึงจุดที่ต้องการ และสามารถสอบถามรายละเอียดอื่นๆ เพิ่มเติมได้และทำให้เราทราบถึงพิกัดทางภูมิศาสตร์ได้

- การสอบถามข้อมูลโดยการตั้งเงื่อนไข (Condition) โดยตั้งเงื่อนไขในการสอบถามหรือวิเคราะห์ข้อมูลว่า “สิ่งที่สอบถามนั้นอยู่ที่ไหน (Where is it?)” GIS สามารถช่วยค้นหาพื้นที่ที่ตั้งเงื่อนไขไว้ และสามารถแสดงผลในรูปแบบแผนที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะได้ เช่น ต้องการสร้างสถานีวัดปริมาณน้ำฝนเพิ่มเติมในพื้นที่ ซึ่งควรอยู่บริเวณใดในพื้นที่ศึกษา เช่น ห่างจากแม่น้ำ 500 เมตร ห่างจากถนนไม่เกิน1000 เมตรและไม่ตั้งอยู่ในพื้นที่การเกษตร เพื่อไม่ให้สูญเสียการใช้ประโยชน์ที่ดินทางด้านการเกษตร เป็นต้น

- การสอบถามข้อมูลถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง (Trends) โดยที่ผู้ใช้ฐานข้อมูล GIS สามารถสอบถามข้อมูลการเปลี่ยนแปลงในฐานข้อมูลที่รวบรวมไว้ว่า “ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมามีอะไรในพื้นที่ศึกษาเปลี่ยนแปลงไปบ้าง (What has changed since...?) เช่น สภาพการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปในระยะ 10 ปีจากพื้นที่เกษตรไปเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมในปัจจุบันนี้ มีเนื้อที่เท่าไร หรืออยู่บริเวณใดบ้าง ซึ่งสามารถทำให้เห็นแนวโน้มหรือพัฒนาการของพื้นที่ศึกษาหรือชุมชนในพื้นที่ศึกษาได้

- การสอบถามข้อมูลรูปแบบการเปลี่ยนแปลง (Patterns) ในการสอบถามข้อมูลถึงรูปแบบของสิ่งที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนี้จะต้องใช้การแสดงแผนที่หรือข้อมูลในรูปแบบความสัมพันธ์ของสิ่งที่ปรากฏบนแผนที่เพื่อตรวจสอบดูว่า “ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันในด้านพื้นที่เป็นอย่างไร (What spatial patterns exist?)” อยากจะหาสาเหตุของการกระจายตัวของอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ในชุมชนชนบท หรือพื้นที่ศึกษา บางแห่งมีการกระจุกตัวของโรงงานอุตสาหกรรม SMEs เป็นจำนวนมาก เมื่อแสดงด้วยแผนที่แล้วพบว่าการกระจายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นนี้ส่วนใหญ่จะตั้งไปตามเส้นทางคมนาคมทางบกเป็นปัจจัยสำคัญ เพราะวางตัวไปตามแนวถนนหลัก และปัจจัยรองคือแหล่งน้ำเนื่องจากมีน้ำประปา และน้ำบาดาลที่ใช้ในกระบวนการผลิตอย่างพอเพียง และสามารถคาดการณ์ไปได้อีกว่าการกระจายตัวจะไปทิศทางใด

- การสอบถามข้อมูลด้วยการสร้างแบบจำลอง (Modeling) ซึ่งในการจัดทำแบบจำลองสถานการณ์นี้สามารถทำให้ผู้ใช้ฐานข้อมูลซึ่งจะต้องมีความรู้ด้าน GIS มาบ้าง สามารถใช้งานได้ในการกำหนดรูปแบบจำลองโดยใช้ฐานข้อมูล และทำให้คาดการณ์ถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นต่อไปหากมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยหรือตัวแปรใด ๆ ในฐานข้อมูล (What if...?)

ในระบบ GIS สามารถแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลได้ 3 รูปแบบ คือ

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Analysis of Spatial Data)
2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงบรรยาย (Analysis of Attribute Data)
3. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ร่วมกับข้อมูลเชิงบรรยาย (Integrated Analyses of Spatial and Attribute Data)

5.4 การแสดงผล เช่น แผนที่ รายงาน กราฟ ตาราง เพื่อที่จะนำผลการศึกษาไปประกอบการตัดสินใจหรือการวางแผนในเรื่องต่างๆ ต่อไป ซึ่งการแสดงผลสามารถแบ่งได้ดังนี้

- การแสดงผลเป็นสำเนาถาวร เป็นการพิมพ์เอกสารออกทางเครื่องพิมพ์แบบต่างๆ ได้แก่ เครื่องพิมพ์แบบจุด (Dot Matrix Printer) เครื่องพิมพ์แบบฉีดหมึก (Ink Jet Printer) เครื่องพิมพ์แบบ Laser (Laser Printer) เครื่องวาด (Plotter)

- การแสดงผลให้ปรากฏบนจอภาพ เป็นการแสดงผลแบบชั่วคราว โดยให้แสดงผลการวิเคราะห์ขณะปฏิบัติงานบนจอภาพ

- การแสดงผลโดยการทำสำเนาเก็บไว้ในรูปไฟล์ โดยข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์อาจ Save เป็น file เก็บไว้ในโปรแกรมที่ใช้ในการท างาน หรือ Export ภาพแผนที่ ตารางหรือข้อมูลอื่นๆ ออกมา โดยแผนที่สามารถ Export เป็น file รูปภาพ นามสกุล .jpg, .tif ฯลฯ และสามารถนำ file เหล่านั้นไปใส่ในรายงาน หรือใน Presentation

6. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในด้านต่างๆ มีดังนี้ (วรเดช และสมบัติ, 2545)

- ด้านเศรษฐกิจ ในต่างประเทศมีการประยุกต์ใช้ GIS เพื่อช่วยเหลือในการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจกันอย่างแพร่หลาย เช่น การวางแผนการใช้ทรัพยากรในการผลิต การวิเคราะห์ความพร้อมของวัตถุดิบและแรงงาน รวมถึงความต้องการของประชากรในแต่ละพื้นที่จากข้อมูลพื้นฐาน เช่น อายุการศึกษา รายได้ เป็นต้น การวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสินค้าหรือวัตถุดิบตามศักยภาพของแต่ละพื้นที่ การตั้งศูนย์กระจายสินค้า เป็นต้น

- ด้านคมนาคมขนส่ง GIS สามารถใช้ในการเพิ่มประสิทธิผลทางด้านการคมนาคมขนส่ง เช่น การวางแผนเส้นทางการเดินรถประจ าทาง การวางแผนการสร้างเส้นทางคมนาคม ทางรถไฟ ทางด่วน ทางเดินเรือและเส้นทางการบิน ฯลฯ ได้เป็นอย่างดี เพราะหนึ่งในความสามารถในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของ GIS คือ การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) การวิเคราะห์ความหนาแน่นของปริมาณการจราจรในแต่ละพื้นที่

- ด้านสาธารณูปโภคพื้นฐาน การจัดหาสาธารณูปโภคพื้นฐานไปยังพื้นที่ต่างๆ ตามความต้องการของประชาชนนั้น GIS ได้เข้ามามีบทบาทอันสำคัญในการวางแผนในการสร้างถนน การเดินสายไฟฟ้า ท่อประปา รวมถึงการวางแผนในการบำรุงรักษาสาธารณูปโภคพื้นฐานเหล่านี้ นอกจากนี้ยังใช้ในการวิเคราะห์ถึงเงื่อนไขความต้องการสาธารณูปโภคในด้าน

ต่าง ๆ เช่น วิเคราะห์ความเร่งด่วนในการให้บริการตามความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่หรือความเปลี่ยนแปลงของประชากรในพื้นที่ต่าง ๆ ซึ่งจะมีผลต่อการใช้บริการสาธารณูปโภคพื้นฐานเหล่านั้น

- ด้านการสาธารณสุข การประยุกต์ใช้ GIS ในการบริหารจัดการภาครัฐกับงานทางด้านสาธารณสุข มีใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เช่น การระบุตำแหน่งของผู้ป่วยโรคต่าง ๆ การวิเคราะห์ การแพร่ของโรคระบาด หรือแนวโน้มการระบาดของโรค ซึ่งการประยุกต์ใช้ GIS จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถวางแผนในการป้องกันและแก้ไขปัญหาทางด้านสาธารณสุขได้อย่างมีประสิทธิผลยิ่งขึ้น

- ด้านการบริการชุมชน การประยุกต์ใช้ GIS ในการบริการชุมชน จะเกี่ยวข้องในส่วนของการให้บริการของรัฐกับประชาชนโดยทั่ว ๆ ไป ซึ่งประชาชนในแต่ละพื้นที่ จะมีความต้องการบริการจากภาครัฐแตกต่างกันไป การใช้ GIS จะช่วยให้ผู้บริหารทราบถึงความต้องการของประชาชนโดยการให้บริการสาธารณะได้อย่างเป็นพลวัตร

- ด้านการบังคับใช้กฎหมายและการป้องกันอาชญากรรม มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น การกำหนดจุดเสี่ยงต่อการเกิดอาชญากรรมเพื่อตั้งป้อมตำรวจ การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอาชญากรรม โดยการบันทึกจุดที่เกิดอาชญากรรมไว้ แล้วนำมาวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยง ซึ่งเจ้าหน้าที่ ผู้รักษากฎหมาย สามารถวางแผนและให้ความสำคัญกับบางพื้นที่ที่ต้องท าการดูแลเป็นพิเศษ เพื่อลดปัญหาอาชญากรรมได้

- ด้านการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน การประยุกต์ใช้ GIS เพื่อช่วยในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นหนึ่งในกิจกรรมการประยุกต์ใช้ GIS ที่แพร่หลายที่สุด เพราะความสามารถในการวิเคราะห์ ประเมินผล และนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ ในเชิงพื้นที่ที่จำเป็นต่อการวางผังเมือง และการจัดการเมือง สามารถกระทำได้อย่างสะดวก ทั้งการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพในการใช้ประโยชน์ของแต่ละพื้นที่

- ด้านการจัดเก็บภาษี การประยุกต์ใช้ GIS เพื่อช่วยในการจัดเก็บภาษี โดยอาศัยข้อมูลแผนที่มาตราส่วนขนาดใหญ่ เช่น 1:1,000 ซึ่งสามารถมองเห็นขอบเขตของอาคาร เพื่อใช้ในการนำเข้าข้อมูลการชำระภาษีอากร ซึ่งภาครัฐสามารถทำการติดตาม ตรวจสอบผลการจัดเก็บภาษีได้โดยสะดวก เพราะ ข้อมูลของสถานประกอบการ บ้านเรือน ฯลฯ ที่ชำระค่าภาษีอากรต่าง ๆ แล้วจะสามารถแสดงให้เห็นความแตกต่าง ได้โดยเฉดสีบนแผนที่ ทำให้สามารถค้นหา หรือติดตามการชำระภาษีอากรได้โดยสะดวก และทำให้การจัดเก็บภาษีมีประสิทธิภาพมากขึ้น

- ด้านสิ่งแวดล้อม การประยุกต์ใช้ GIS เพื่อทดลองสร้างแบบจำลองทางด้านสิ่งแวดล้อม มีใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เช่น การสร้างแบบจำลองสามมิติแสดงการถล่มของภูเขา การสร้างแบบจำลองระดับน้ำใต้ดิน แบบจำลองความสูงของภูมิประเทศ แบบจำลองแสดงการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ ป่าไม้ตามเวลาที่เปลี่ยนไป แบบจำลองแสดงการแพร่กระจายของมลพิษในอากาศหรือแบบจำลองสามมิติของเมือง ซึ่งการสร้างแบบจำลองใน GIS จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจกับลักษณะของพื้นที่ได้โดยง่าย และเป็นการเพิ่มการรับรู้แบบเสมือนจริงในรูปแบบของแบบจำลองสามมิติ ซึ่งช่วยลดความผิดพลาดในการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ GIS สามารถประยุกต์ใช้ทั้งในการวางแผนและบริหารจัดการ การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเรื่องวิกฤตสิ่งแวดล้อม การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม ศึกษาหาสาเหตุปัจจัยแหล่งก าเนิดมลพิษ ตลอดจนการวิเคราะห์เพื่อสร้าง Model ในการวางแผนการใช้ที่ดินให้เหมาะสมกับศักยภาพของที่ดิน และสอดคล้องกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งการวิเคราะห์ดังกล่าวส่งผลต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างยิ่ง

- ด้านการจัดการภาวะฉุกเฉินและภัยพิบัติ สิ่งที่จำเป็นมากที่สุดในการจัดการในสภาวะ ฉุกเฉินคือ การรับรู้ข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องให้มากที่สุด เพื่อทำการตัดสินใจให้เร็วที่สุด ผิดพลาดน้อยที่สุด และมีประสิทธิผลมากที่สุด GIS ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลในเชิงพื้นที่ได้อย่างทั่วถึงในเวลา อันรวดเร็ว รวมถึงรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจำเป็นต่อมาตรการในการป้องกันแก้ไข นอกจากนี้ยังใช้ GIS วิเคราะห์ถึงผลกระทบต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นอยู่ในรัศมีของการได้รับผลกระทบจากสารพิษ เป็นต้น

การกักเก็บคาร์บอน

การกักเก็บคาร์บอน คือ กระบวนการตรึงคาร์บอนจากชั้นบรรยากาศมาเก็บไว้ พืชสีเขียวทุกชนิดดูดคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศมาปรุงเป็นอาหาร แล้วกลายเป็นเนื้อไม้ โดยเนื้อไม้ทั่ว ๆ ไปมีคาร์บอนอยู่ราวร้อยละ 50 ของมวลชีวภาพ (สมศักดิ์ และคณะ, 2559)

1. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในชั้นบรรยากาศเกิดจากธรรมชาติและเกิดจากฝีมือของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ และการตัดไม้ทำลายป่า เพื่อใช้เป็นที่อยู่อาศัยหรือการเกษตรกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งการตัดไม้ทำลายป่านี้กว่า 20% มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่บรรยากาศ ทั้งนี้เนื่องจากต้นไม้และป่าไม้มีคุณสมบัติที่ดีคือสามารถดูดซับ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ก่อนที่จะลอยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ดังนั้นพื้นที่ป่าลดน้อยลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะลอยขึ้นไปสู่ชั้นบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น

2. การกักเก็บคาร์บอน

การเก็บทางอ้อมกัน คือการเก็บคาร์บอนที่ดีที่สุดคือการเก็บไว้ในต้นไม้และป่าไม้เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญที่สุด ดังนั้นป่าไม้จึงมีบทบาททั้งในด้านการกักเก็บและปลดปล่อยคาร์บอน การกักเก็บหรือดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จะผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งต้นไม้จะนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการสร้างอาหารและเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพ

3. การกักเก็บคาร์บอนในเนื้อไม้

สำหรับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือ เนื้อไม้ การสร้างเนื้อไม้ขึ้นมา 1 ตันจะสามารถดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 1.81 ตันและยังปล่อยก๊าซออกซิเจนประมาณ 1.32 ตัน (สมชัย, 2559)

4. วัฏจักรคาร์บอน

เป็นวัฏจักรชีวธรณีเคมี ซึ่งคาร์บอนถูกแลกเปลี่ยนระหว่างสิ่งมีชีวิต พื้นดิน น้ำ และบรรยากาศของโลกคาร์บอนเป็นธาตุสำคัญธาตุหนึ่งของสิ่งมีชีวิต เป็นองค์ประกอบประมาณ 50% ของเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต และในรูปคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช การหมุนเวียนของคาร์บอนในระบบนิเวศแบ่งได้เป็น 3 แบบ ตามระยะเวลาที่ใช้ในการหมุนเวียนให้ครบรอบคือ ระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว

4.1 การหมุนเวียนระยะสั้น

เป็นการหมุนเวียนของคาร์บอนในรูปคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและการหายใจ เริ่มจากพืชตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมาสังเคราะห์เป็นสารอินทรีย์ คาร์บอนจากบรรยากาศจึงเคลื่อนย้ายเข้าสู่พืช เกิดขึ้นได้ทั้งบนบกและในน้ำ ดังสมการ

$$6CO_2 + 6H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

ในการสังเคราะห์ด้วยแสง พืชจะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมี บางส่วนถูกใช้ไป บางส่วนถูกเก็บสะสมในรูปคาร์โบไฮเดรต

การย่อยสลายของจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้สองสภาวะคือ สภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน ในสภาวะที่มีออกซิเจน คาร์บอนในสารอินทรีย์จะถูกปล่อยออกมาในรูปคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนในสภาวะไม่มีออกซิเจน คาร์บอนถูกปล่อยออกมาในรูปก๊าซมีเทน โดยการทำงานของแบคทีเรียกลุ่ม Methanogen

ก๊าซมีเทนจะถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ โดยแบคทีเรียกลุ่ม Methylotroph เช่น Methylomonas

4.2 การหมุนเวียนระยะยาว

เป็นการหมุนเวียนของคาร์บอนผ่านระบบโครงสร้างของโลกทั้งในแผ่นดิน มหาสมุทรและหินปูน องค์ประกอบสำคัญของหินปูนคือแคลเซียมคาร์บอเนต หินปูนเป็นแหล่งสะสมคาร์บอนที่สำคัญของพื้นโลก การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศและการกัดเซาะจะชะแคลเซียม ซิลิกา และคาร์บอนออกจากหินปูน ดังสมการ

$$CaCO_3 + CO_2 \longrightarrow Ca_{2+} + 2HCO_{3-}$$

$$CaSiO_3 + 2CO_2 + H_2O \longrightarrow 2HCO_{3-} + SiO_2$$

สิ่งที่ได้จากการกัดเซาะจะลงสู่แม่น้ำและไปยังมหาสมุทร Ca_{2+} และ HCO_{3-} บางส่วนจะถูกไปใช้ในการสร้างโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบ เช่นเปลือกหอย บางส่วนกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กลับสู่บรรยากาศ เมื่อสิ่งมีชีวิตตาย จะถูกย่อยสลายได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำลึก ซึ่งจะกลับสู่บรรยากาศเมื่อน้ำในบริเวณนั้นม้วนตัวขึ้นมา

5. คาร์บอนมอนอกไซด์

เป็นรูปหนึ่งของคาร์บอนที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีแสงของมีเทน หรือจากการเผาไหม้ของมวลชีวภาพ โดยปกติ คาร์บอนมอนอกไซด์เป็นสารพิษต่อสิ่งมีชีวิต แต่ก็มีสิ่งมีชีวิตบางกลุ่มใช้คาร์บอนมอนอกไซด์เป็นแหล่งพลังงานได้ เช่น Pseudomonas carboxidoflava และ Pseudomonas carboxydohydrogena ซึ่งจะเปลี่ยนคาร์บอนมอนอกไซด์ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาวะที่มีออกซิเจน ส่วนในสภาวะไม่มีออกซิเจน Methanosarcina barkeri จะเปลี่ยนคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นก๊าซมีเทน และ Clostridium thermoaceticu เปลี่ยนคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นกรดน้ำส้ม

ไม้สัก

1. ลักษณะทั่วไปของไม้สัก

ไม้สัก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Tectona grandis* Linn.f. ชื่อสามัญภาษาอังกฤษ คือ Teak อยู่ในวงศ์ LABIATAE พบขึ้นอยู่ตามธรรมชาติใน 4 ประเทศแถบเอเชียเท่านั้น คือ ประเทศไทย ประเทศพม่า ประเทศอินเดีย และบางส่วนของประเทศลาว สำหรับในประเทศไทยจะพบกระจายอยู่ทั่วไปทางภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน สุโขทัย

อุตรดิตถ์ พิษณุโลก พิจิตร เพชรบูรณ์ ตาก กำแพงเพชร นครสวรรค์ และอุทัยธานี รวมพื้นที่ป่าที่มีไม้สักขึ้นอยู่ตามธรรมชาติประมาณ 30,000 ตารางกิโลเมตร (กรมป่าไม้, 2556)

สักเป็นไม้ที่มีชื่อเสียงรู้จักกันแพร่หลายทั่วโลก เนื้อไม้สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบ เนื่องจากมีคุณสมบัติของเนื้อไม้ละเอียด ตกแต่งได้ง่าย ลวดลายสวยงาม และมีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศ พบมากในพื้นที่เป็นดินร่วนปนทรายที่อุดมสมบูรณ์ สักในประเทศไทย จะพบกระจายอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติทางภาคเหนือ และมีคุณภาพดี เช่นเดียวกับสักจากประเทศพม่า ซึ่งถือว่าเป็นสักที่มีคุณภาพดีที่สุดในโลก และเป็นที่ต้องการของตลาดโลกอย่างมาก สักมีลำต้นเปลาตรง ความสูงเมื่อโตเต็มที่ตั้งแต่ 20 เมตรขึ้นไป ปราศจากกิ่งก้านจนใกล้ถึงเรือนยอด โคนต้นเป็นพูพอน มีรอยหยักเว้าเรือนยอดเป็นพุ่มกว้าง ลำต้นสีน้ำตาลปนเทา เปลือกนอกหนาประมาณ 1 – 2 เซนติเมตรแตกเป็นร่องตื้นตามความยาว ของลำต้น เปลือกในมีสีน้ำตาล และเขียวอ่อน กระพี้หนาสีขาว เนื้อไม้มีสีน้ำตาลทอง เห็นเส้นวงปีชัดเจน และลายเส้นวงปีนี้จะบอกถึงอายุของสัก โดยวงปี 1 วงจะใช้เวลา 1 ปี ใบสักจะแตกออกตามกิ่งก้าน และลำต้นใน ลักษณะเป็นคู่ตรงข้ามกัน เมื่อสักอายุยังน้อย ใบสักมีขนาดใหญ่มาก อาจมีความกว้างถึง 40 เซนติเมตร และยาว 80 เซนติเมตร เมื่อสักมีอายุมากขึ้นขนาดของใบจะลดลง รูปของใบมีลักษณะโป่งตรงกลาง และเรียวแหลมทั้งโคน และปลายใบ ผิวของใบสาก เพราะมีขนแข็งขนาดเล็ก หลังใบมีสีเขียวเข้ม เห็นลายเส้นเป็นร่างแหชัดเจน และมีต่อมสีดำเล็ก ๆ ท้องใบมีสีเขียวอ่อน เห็นลายเส้นนูน ใบอ่อนที่แตกใหม่มีสีน้ำตาลแดง และมีขนอ่อนนุ่ม เมื่อขยี้จะมีสีแดงคล้ายเลือด เนื่องจากมีสารแทรกในใบ สักเป็นไม้ผลัดใบ ใบเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง น้ำตาล และแดง ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม และจะทิ้งใบหมดทั้งต้น ในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม เมื่อเริ่มมีฝนตก ในเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม จะแตกใบอ่อนใหม่ ซึ่งจะเติบโตเต็มที่ในเดือนกรกฎาคม ช่อดอกสักจะเริ่มแทงออกมาเป็นดอกสักขนาดเล็ก เริ่มทยอยบานไปเรื่อย ๆ ใช้เวลาประมาณ 3 – 4 สัปดาห์ ดอกสักจะบานในช่วงเดือนกันยายน ดอกสักช่อหนึ่งๆ ยาวประมาณ 40 – 60 เซนติเมตร แต่ละช่อดอกประกอบด้วยดอกเล็กสีขาว หรือสีขาวแกมม่วง มีจำนวน 750 – 3,000 ดอก ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของช่อดอก และลำต้น แมลงที่ช่วยผสมเกสร ได้แก่ ชันโรง ผึ้ง ผีเสื้อ และมด เมื่อมีการผสมเกสรแล้วดอกสักจะเติบโตเป็นผลขนาดเล็ก และเจริญเต็มที่ในเดือนมกราคม รวมระยะประมาณ 50 วัน ผลที่แก่จัดหรือแห้งมีสีน้ำตาล และร่วงหล่นตามธรรมชาติ เมื่อมีพายุฝนแรกในกลางเดือนเมษายน ผลแก่จะขยายตัวพองกลม มีเปลือกนอกสีน้ำตาล เป็นแผ่นบางหุ้ม ซึ่งเปลี่ยนสภาพมาจากกลีบดอกหลังการผสมเกสร ลักษณะเปลือกในของผลกลมแข็งมีสองชั้น ชั้นนอกเหนียว มี

ขนสีน้ำตาลห่อหุ้ม เปลือกชั้นในแข็ง โดยข้างในสุดของผลเป็นโพรง เมื่อถึงฤดูฝน ผล หรือเมล็ดสักเหล่านี้จะแตกออก และพัฒนาเป็นกล้าไม้ต่อไป (กรมป่าไม้, 2556)

ภาพที่ 1 ไม้สัก

2. การจำแนกชนิดของไม้สัก

การจำแนกชนิดของไม้สัก (กรมป่าไม้, 2556) มีดังนี้

1) สักทอง เป็นสักที่ขึ้นอยู่ในป่าโปร่งขึ้นไกลห้วย หรือแห้งแล้งแต่ใกล้ห้วย ดินค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ การแตกของเปลือกเช่นเดียวกับสักหยวก เรือนยอดสมบูรณ์ ใบมีขนาดปานกลาง เนื้อไม้จะเป็นเส้นตรงผ่าง่าย มีความแข็งแรงกว่าสักหยวก เป็นสีน้ำตาลเหลือง หรือที่เรียกกันว่าสีทอง สักหยวกและสักทอง จะอยู่ในทำเลที่คล้ายกัน และมีลักษณะภายนอกคล้ายกัน แต่อาจจะพิจารณาได้จากร่องของเปลือกที่แตกเป็นร่องตรงเหมือนกัน สักหยวกมีขนาดร่องกว้างกว่าสักทอง

2) สักหยวก เป็นสักที่ขึ้นอยู่ในป่าโปร่งชื้นริมห้วย ลำต้นตรง เปลือกแตกเป็นร่องตื้น และยาวตรง เรือนยอดสมบูรณ์ ใบขนาดกลาง เนื้อไม้มีแก่นเป็นสีน้ำตาลอ่อน ตัดและถากได้ง่าย

3) สักไข เป็นสักที่ขึ้นอยู่ในป่าโปร่งแล้ง มีการเติบโตช้า ร่องของเปลือกลึก และตัวเปลือกเป็นสันกว้างระหว่างร่อง ลำต้นตรงเปลา แต่มีลักษณะแคระแกร็น พุ่มของเรือนยอดบอบบาง และจะทราบได้ว่าเป็นสันไข ก็ต่อเมื่อถึงมือช่างไม้ เพราะเนื้อไม้มีสีน้ำตาลเข้มปนเหลือง จะมีไขปน ทำให้ขัดและทาแซลแลค หรือแลคเกอร์ยาก

4) สักหิน เป็นสักที่ขึ้นอยู่ในป่าโปร่งแล้งระดับสูง การแตกของเปลือกเป็นร่องลึก และเรือนยอด ไม่ค่อยแข็งแรง ใบมีขนาดเล็กกว่าปกติ จะทราบได้แน่นอน เมื่อมีการโค่นล้ม หรือตกแต่ง โดยช่างไม้ เพราะเนื้อไม้มีสีน้ำตาลเข้ม จะแข็ง และเปราะกว่าสักทั่วไป

5) สักขี้ควาย เป็นสักที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่ค่อนข้างแล้งในป่าผสมผลัดใบ มักจะพบอยู่พื้นที่รอยต่อ (Transition zone) ของป่าโปร่งผลัดใบ และป่าแพะ ลักษณะของเรือนยอดมักไม่สมบูรณ์ ลำต้นจะตายบ้าง กิ่ง หรือเรือนยอดแห้งตายไปบ้างกิ่งสองกิ่ง เปลือกแตกเป็นร่องไม่สม่ำเสมอเป็นตอนๆ และเป็นร่องลึก จะทราบแน่นอนว่าเป็นสักขี้ควาย ก็ต่อเมื่อโค่นลงมาเลื่อย จะเห็นได้ชัดว่าเนื้อไม้มีสีเขียวปนน้ำตาล น้ำตาลแก่ น้ำตาลอ่อน ปนคละกันอยู่

3. การขยายพันธุ์และการผลิตกล้าไม้สัก (กรมป่าไม้, 2556)

การขยายพันธุ์ไม้สักอาจกระทำได้ทั้งวิธีการเพาะเมล็ด โดยวิธีใช้เมล็ดและวิธีไม่อาศัยเมล็ด การใช้เมล็ดขยายพันธุ์เป็นวิธีที่ใช้ปฏิบัติโดยทั่วไปในการปลูกสร้างสวนป่าเพราะเป็นวิธีที่ง่ายและเหมาะสมสำหรับผลิตกล้าหรือเหง้าสักจำนวนมาก ๆ สิ่งที่ควรคำนึงก็คือ เมล็ดที่ใช้ควรเก็บมาจากแม่พันธุ์หรือแหล่งพันธุ์ที่มีลักษณะดีหรือได้รับการปรับปรุงพันธุ์มาแล้ว เช่น แหล่งเก็บเมล็ดพันธุ์หรือสวนผลิตเมล็ดพันธุ์เท่านั้น

1) การขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด จะเริ่มต้นด้วยการเก็บหรือจัดหาเมล็ดพันธุ์มาเพาะหว่านในแปลงเพาะ ขนาดกว้างประมาณ 1 เมตร ยาวประมาณ 20 เมตรหรือตามสภาพพื้นที่ โดยใช้เมล็ด 1 ลิตร ต่อพื้นที่แปลงเพาะ 1 ตารางเมตรโดยพยายามหว่านให้เมล็ดกระจายอย่างสม่ำเสมอ หรืออาจจะหว่านเป็นแถวในร่องบนแปลงเพาะซึ่งห่างกันแถวละ 10 เซนติเมตร ก็ได้แล้วกลบเมล็ดด้วยหน้าดิน หลังจากหว่านเสร็จก็มีการดูแลรักษาโดยการกำจัดวัชพืช ป้องกันโรคและแมลง ลิดใบและใส่ปุยตามความจำเป็น

2) การผลิตเหง้าสัก เมื่อกล้าไม้สักงอกและเจริญเติบโตอยู่ในแปลงเพาะเป็นเวลาประมาณ 1 ปี แล้วจึงถอนขึ้นมาตัดแต่งให้เป็นเหง้าโดยตัดส่วนของลำต้นออกให้เหลือตา 1 - 2 คู่ หรือยาวประมาณ 1 - 2 เซนติเมตร พร้อมทั้งตัดรากแขนง และปลายรากแก้วออก เหลือแต่ส่วนของรากแก้วยาวประมาณ 15 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อตัดแต่งแล้วจะเรียกว่า “เหง้าสัก” สำหรับใช้ในการปลูกต่อไป ขนาดของเหง้าที่เหมาะสมสำหรับปลูก ควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางตรงคอรากประมาณ 1 - 2 เซนติเมตร สำหรับเหง้าขนาดเล็กควรนำไปปักชำในถุงพลาสติกเพื่อให้แตกเป็นต้นกล้าก่อนแล้วจึงนำไปปลูกต่อไป การขยายพันธุ์โดยไม่อาศัยเมล็ดนั้นเป็นวิธีการที่ค่อนข้างจะยุ่งยากต้องใช้เทคนิคและค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง วิธีนี้ประกอบด้วยการติดตา การปักชำ และการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Tissue Culture) หาก

เป็นการขยายพันธุ์จากต้นที่ได้รับการคัดเลือกหรือผ่านขบวนการปรับปรุงพันธุ์มาแล้ว ก็จะได้กล้าไม้ที่มีลักษณะดีโตเร็วและเมื่อนำไปปลูกจะเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอกันดีมีรูปทรงตามที่ต้องการ

3) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อน่าจะเป็นวิธีที่จะนำมาใช้ได้เหมาะสมที่สุด เพราะไม่เกิดปัญหาการไม่ยอมรับกันของต้นตอกับกิ่งหรือตาที่นำมาติดเช่นที่พบในการติดตาและต่อกิ่ง และเพิ่มจำนวนได้รวดเร็วกว่าการปักชำมากนอกจากนี้สวนป่าที่ได้ จะมีการเจริญเติบโตที่สม่ำเสมอ เพราะถ่ายทอดลักษณะที่ดีจากแม่ไม้มาทั้งหมด แต่เมื่อทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไม้สักอย่างจริงจัง เพื่อเพิ่มจำนวนไม้สักพันธุ์ดีขึ้นเรื่อย ๆ กลับพบว่ามีปัจจัยและอุปสรรคที่จะทำให้การดำเนินงานอาจล้มเหลวได้หลายประการ เช่น อาการผิดปกติต่าง ๆ ของเนื้อเยื่อระหว่างการเพาะเลี้ยงตั้งแต่เริ่มต้นการทำความสะอาดเนื้อเยื่อ การขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนไปจนกระทั่งถึงการย้ายปลูก อีกทั้งการขยายพันธุ์ไม้ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อนั้น ต้องการความรู้ความสามารถเฉพาะบุคคล ประสบการณ์ความละเอียดอ่อนใช้เวลาในการศึกษาวิจัยก่อน และมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับการขยายพันธุ์วิธีอื่น ๆ ดังนั้นผู้วางแผนการปลูกป่าจะต้องมีข้อมูลในการตัดสินใจเลือกวิธีการขยายพันธุ์ไม้สักที่จะนำไปปลูกสร้างสวนป่าอย่างถูกต้องต่อไป

4. การเตรียมพื้นที่ปลูกไม้สัก (กรมป่าไม้, 2556)

1) การคัดเลือกพื้นที่

การคัดเลือกพื้นที่สำหรับปลูกไม้สัก ควรพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ ที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของไม้สัก ตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อพื้นที่ที่เหมาะสมกับการปลูกให้มากที่สุด

2) การเตรียมพื้นที่

การปลูกสักในเชิงธุรกิจ ควรเตรียมพื้นที่ปลูกโดยใช้เครื่องจักรกล เช่น รถแทรกเตอร์เกรดปรับที่และ ไถบุกเบิก 1 ครั้ง และไถพรวนสลับอีก 1 ครั้งหากพื้นที่มีขนาดใหญ่ ควรแบ่งออกเป็นแปลงย่อย แปลงละประมาณ 50 - 100 ไร่ โดยเกรดเป็นทางตรวจการรอบ ๆ เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน การดูแลรักษาและแนวกันไฟ

เมื่อเตรียมพื้นที่เสร็จแล้ว ทำการปักหลักหมายปลูก โดยใช้ไม้ไผ่ผ่าซีกขนาดความยาวประมาณ 0.50 - 1.00 เมตร ปักตามระยะที่กำหนดไว้ระยะปลูกที่เหมาะสมหากสภาพพื้นที่ดีมากอาจปลูกระยะ 4 x 4 เมตร (100 ต้นต่อไร่) สภาพดีปานกลาง ควรปลูกระยะ 3 x 3 เมตร (178 ต้นต่อไร่) หรือ 2 x 4 เมตร (200 ต้นต่อไร่) ส่วนในสภาพพื้นที่ไม่ค่อยดีควรปลูกให้ถี่หน่อย คือ 2 x 2 เมตร (400 ต้นต่อไร่)

5. การปลูกไม้สัก (กรมป่าไม้, 2556)

การปลูกสัก มีวิธีปลูกและจัดการจะแตกต่างกับการทำการเกษตร สวนผลไม้ สวนสักต้องใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตนานกว่าการทำการเกษตร สวนสักมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการเนื้อไม้ ราคาไม้ขึ้นกับอยู่คุณภาพ ขนาดและอายุของต้นไม้สิ่งสำคัญในการพิจารณาปลูกสัก คือ ความเหมาะสมของพื้นที่ การจัดการ รูปแบบการปลูก ขนาดของพื้นที่ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ควรวางแผนให้เป็นระบบรอบหมุนเวียน ให้ตัดไม้ได้อย่างต่อเนื่อง

ช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับปลูกสักที่จะให้ผลดีที่สุด คือ ช่วงต้นฤดูฝนหลังจากที่มีฝนตกหนักและดินชุ่มชื้นเพียงพอ (เดือนพฤษภาคม) หลังจากปลูกแล้วหากเกิดฝนทิ้งช่วง ก็ควรรดน้ำช่วยจะทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงและมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง

วิธีการปลูกด้วยเหง้า กระทำโดยใช้เหล็กชะแลงกระทุ้งดินให้เป็นรูลึกเท่าความยาวของเหง้าสัก แล้วนำเหง้าที่เตรียมไว้เสียบลงไปให้พอดีกับระดับดินหรือต่ำกว่าผิวดินเล็กน้อยใช้ชะแลงอัดดินข้างรูปลูกให้แน่น เพื่อให้เหง้าฝังแน่นกระชับอยู่ในดิน วิธีปลูกด้วยเหง้านี้เป็นวิธีที่ง่าย เสียค่าใช้จ่ายถูกและยังทำให้ต้นไม้เจริญเติบโตดีด้วย เพราะในเหง้าสักมีการสะสมอาหารไว้สำหรับการเจริญเติบโต การปลูกด้วยเหง้าควรคัดเลือกเหง้าที่มีขนาดเท่ากันปลูกในบริเวณเดียวกันเพื่อให้ต้นไม้เติบโตอย่างสม่ำเสมอมากที่สุด

การปลูกด้วยกล้าชำถุง เหมาะสำหรับการปลูกในพื้นที่ไม่มากนัก หากได้มีการคัดเลือกกล้าเป็นอย่างดีก็จะได้ต้นสักที่เจริญเติบโตเร็ว และสม่ำเสมอเช่นกันการปลูกสักด้วยกล้านี้ควรขุดหลุมปลูกขนาด 20 x 20 x 20 เซนติเมตร รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยเคมีผสมกับหน้าดิน และเศษใบไม้ หรือวัชพืช กล้าไม้ ที่นำไปปลูกควรมีขนาดสูงไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร และได้รับการทำให้แกร่งเป็นอย่างดีแล้ว เมื่อปลูกแล้วอัดดินรอบ ๆ โคนต้นไม้ให้แน่น หากทำการรดน้ำด้วยในช่วงฝนทิ้งช่วงก็จะทำให้ต้นไม้เจริญเติบโตได้ดีขึ้น

6. การดูแลรักษาไม้สัก (กรมป่าไม้, 2556)

การบำรุงดูแลรักษาต้นสักที่ปลูกแล้ว ต้องกระทำอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะในช่วงแรกๆ เพื่อให้ต้นไม้มีการเจริญเติบโตดีรอดตายสูง ปราศจากโรคและแมลงทำลาย การบำรุงรักษาสวนไม้สักประกอบด้วย

1) การแผ้วกางวัชพืช ควรกำจัดวัชพืชให้โล่งเตียนตลอดเวลา เพื่อลดการแก่งแย่งธาตุอาหารในดิน และเบียดบังแสงแดดซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโต และยังช่วยป้องกันไฟป่าอันอาจจะเกิดขึ้นในฤดูแล้งได้ด้วย

2) การใส่ปุ๋ย ในพื้นที่ที่มีดินเลว ควรใส่ปุ๋ยเพื่อเร่งการเจริญเติบโตในระยะแรกๆ โดยใส่ปุ๋ยสูตร 15 – 15 - 15 หรือ 22 – 11 - 11 ใส่ต้นไม้ปีละ 1 - 2 ครั้ง โดยปีแรกใส่ครั้งละ 25 กรัมต่อต้น ปีที่ 5 50 กรัมต่อต้น, ปีที่ 3 75 กรัมต่อต้น, ปีที่ 4 - 5 ประมาณ 100 กรัมต่อต้น หากใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักด้วย ก็จะทำให้โครงสร้างของดินดีขึ้น
3) การป้องกันไฟป่า โดยทำทางตรวจการและแนวป้องกันไฟรอบ ๆ แปลงและควบคุมวัชพืชซึ่งเป็นเชื้อเพลิงในบริเวณสวนให้โล่งเตียนตลอดฤดูแล้งเพราะหากเกิดไฟป่าในสวนสักจะทำให้ต้นไม้ที่ยังเล็กอยู่ได้รับความเสียหายได้
4) การป้องกันโรคและแมลง โรคระบาดในแปลงเพาะสักส่วนใหญ่แล้วไม่ค่อยจะปรากฏทั้งนี้เพราะแปลงเพาะสักเป็นแปลงเพาะแบบเปิด (Open nursery) ได้รับแสงสว่างอย่างเต็มที่อย่างไรก็ตามในสภาพที่ร้อนชื้น (hot and humid) หรือในสภาวะที่การระบายน้ำของดินไม่ดีหรือในกรณีที่มีการนำเอาดินติดเชื้อมาใส่กล้าสักโดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะแรกงอก หรือระยะเริ่มตั้งตัวอาจถูกทำลายโดยโรคเน่าคอดิน (damping-off) ได้ซึ่งลำต้นและรากจะถูกทำลายโดยเชื้อรา (fungi) ที่ระดับดินทำให้เหี่ยวเฉาตาย ซึ่งการรักษาอาจทำโดยทำลายกล้าในแปลงที่เกิดการระบาด หรือพ่นกล้าสักด้วยยาฆ่าเชื้อรา (fungicide) ต่าง ๆ ที่มีขายตามท้องตลาด
5) การลิดกิ่ง (pruning) การลิดกิ่ง เป็นการตัดกิ่งที่อยู่ช่วงล่างของลำต้นเพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพของลำต้นของต้นไม้ส่วนใหญ่ที่เป็นท่อนซุงให้ตรงเปลาปราศจากตา การลิดกิ่งต้นสักควรใช้เลื่อย เพื่อการลิดกิ่งโดยเฉพาะตัดกิ่ง ให้รอยตัดเสมอกับผิวของลำต้นแล้วใช้สีขาวหรือปูนขาวป้ายรอยตัดนั้น เพื่อป้องกันเชื้อราเข้าทำลาย ควรเริ่มการลิดกิ่งตั้งแต่ปีที่ 2 ไปเรื่อย ๆ แต่ในระยะแรกนี้ควรเป็นกิจกรรมร่วมกับการแผ้วถางวัชพืชจากโรงงานปีที่ 4 จึงเริ่มลิดกิ่งอย่างจริงจัง โดยตัดกิ่งล่างๆ ออกไม่เกินร้อยละ 30 หรือ 1 ใน 3 ส่วนของเรือนยอด จากนั้นควรกระทำในช่วงปีที่ 6 - 9 อีกครั้งหนึ่ง ในปีใดปีหนึ่งตามความเหมาะสมของอัตราการเจริญเติบโต การลิดกิ่งควรกระทำจนถึงระดับความสูง 5 เมตร ซึ่งเป็นความยาวของซุงท่อนแรกผลการลิดกิ่งจะปรากฏเมื่อถึงคราวต้นสักโตได้ขนาดตัดมาใช้ประโยชน์ โดยที่ซุงท่อนแรกจะปราศจากตาขนาดใหญ่ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มชั้นคุณภาพของท่อนซุงอันเป็นการเพิ่มทั้งคุณค่าและราคาแก่ไม้ ค่าลงทุนลิดกิ่งต้นหนึ่งเพียงส่วนน้อยแต่ราคาที่เพิ่มขึ้นของไม้ต้นนั้นเพิ่มเป็นหลายเท่าตามลักษณะคุณภาพไม้
6) การตัดสางขยายระยะ (thinning) สวนสักที่ใช้ระยะปลูก 4 x 4 เมตร หรือ 100 ต้นต่อไร่ ถ้ามีเปอร์เซ็นต์รอดตายถึง 90 เปอร์เซ็นต์เมื่อค่าความโตทางเส้นรอบวง (GBH) เฉลี่ยของสวนสักถึง 40 เซนติเมตร ก็เริ่มทำการตัดขยายระยะได้ สำหรับไม้ที่ตัดออกนี้จะเป็น

รายได้เบื้องต้นที่เกษตรกรได้รับในการปลูกสร้างสวนป่าสักและเพื่อเปิดโอกาสให้ต้นไม้เจริญเติบโตได้เต็มที่

สวนป่า

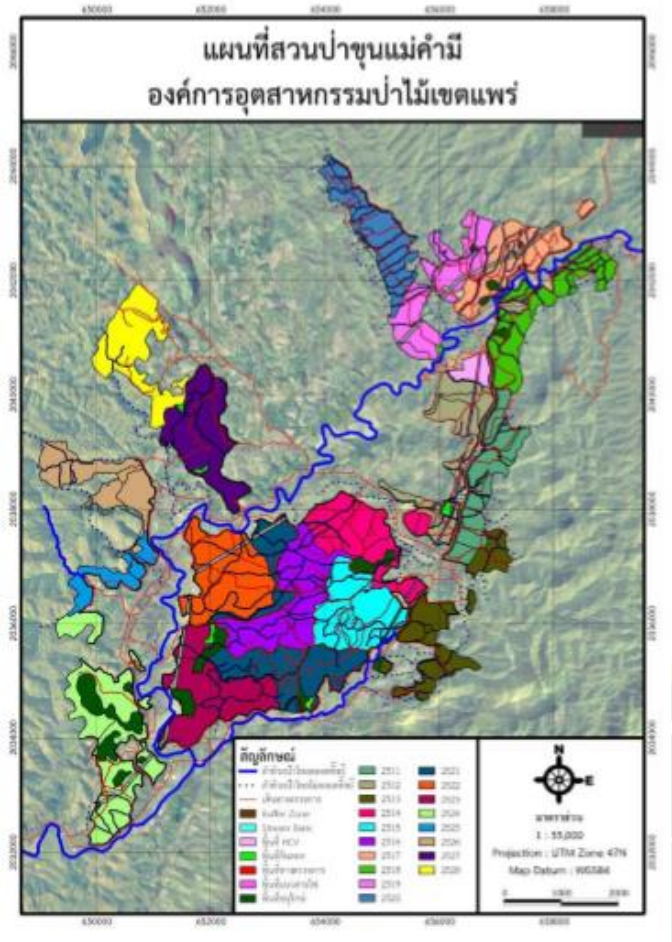
สวนป่า คือ บริเวณที่ปลูกพรรณไม้ทดแทนป่าที่ถูกทำลาย มักเป็นไม้ที่มีค่าทางเศรษฐกิจ อาจปลูกไม้ ชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกันก็ได้เพื่อใช้ไม้ทำเครื่องเรือน เยื่อกระดาษ หรืออนุรักษ์พรรณไม้ที่ใกล้จะสูญพันธุ์ เป็นต้น เช่น สวนป่าสัก สวนป่าไม้ยาง เนื่องจากประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้ลดน้อยลงอย่างรวดเร็ว อาทิ ในปี พ.ศ. 2516 พื้นที่ป่าไม้มีประมาณ 138 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 43.21 ของพื้นที่ประเทศ ต่อมาในปี 2536 พื้นที่ป่าไม้ ลดลงเหลือเพียงประมาณ 83 ล้านไร่ หรือร้อยละ 26.03 ของพื้นที่ประเทศ (วนิดา, 2558)

แม้ว่ารัฐบาลในยุคก่อนๆ จะมองหามาตรการต่าง ๆ เพื่อกำกับดูแลพื้นที่ป่าไม้ก็ตาม โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2532 รัฐบาลได้ประกาศยกเลิกสัมปทานทำไม้ในพื้นที่ป่าบกทั้งหมดหรือที่เรียกกันว่า "ปิดป่า" และในปี พ.ศ. 2535 ประกาศใช้กฎหมายว่าด้วยสวนป่าเพื่อส่งเสริมให้ภาครัฐและภาคเอกชนปลูกสร้างสวนป่าเพื่อการค้ามากขึ้น แต่ในการปลูกสร้างสวนป่าก็ยังต้องใช้ระยะเวลานานพอสมควรที่จะพัฒนาทรัพยากรป่าไม้ให้กลับมาสมดุลและยั่งยืน ซึ่งจากข้อมูลการสำรวจพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2556 – 2557 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ของ ประเทศ มีเหลือเพียงประมาณ 102 ล้านไร่ หรือร้อยละ 31.62 ของพื้นที่ประเทศเท่านั้น (สำนักจัดการที่ดินป่าไม้, 2558)

สวนป่าขุนแม่คำมี

1. ที่ตั้ง

สวนป่าขุนแม่คำมี สังกัดองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้เขตแพร่ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือบน องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ เป็นสวนป่าโครงการ 1 ปลูกตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติเริ่มปลูกสร้างแปลงสวนป่าไม้สัก ตั้งแต่ปี พ.ศ.2511 ถึงปี พ.ศ.2528 รวม 18 แปลง พื้นที่ปลูก 19,587.40 ไร่ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวได้ขึ้นทะเบียนที่ดินเป็นสวนป่าตาม พ.ร.บ. สวนป่า พ.ศ. 2535 สำนักงานสวนป่าขุนแม่คำมีตั้งอยู่ในพิกัดจากดาวเทียมระบบ UTM E 656210 N 2040550 ที่ตั้งสำนักงานสวนป่าขุนแม่คำมี หมู่ที่ 6 ตำบลห้วยโรง อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ อยู่ห่างจังหวัดประมาณ 57 กิโลเมตร พื้นที่สวนป่าฯ ตั้งอยู่ในเขตตำบลห้วยโรง และตำบลไผ่โทน (งานสวนป่าขุนแม่คำมี, 2564)



ภาพที่ 2 แผนที่สวนป่าขุนแม่คำมี

2. วิสัยทัศน์และพันธกิจ (งานสวนป่าขุนแม่คำมี, 2564)

2.1 วิสัยทัศน์ คือ เป็นหน่วยงานหลักขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ในการพัฒนาสวนป่าเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน

2.2 พันธกิจ มีดังนี้

1) การบริหารจัดการสวนป่าไม้สักเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน

สวนป่าขุนแม่คำมี มุ่งมั่นที่จะปลูกสร้างสวนป่าไม้สักเศรษฐกิจและพัฒนาพื้นที่ที่อยู่ในความรับผิดชอบ ให้เป็นสวนป่าไม้สักเศษฐกิจที่สมบูรณ์ อำนวยประโยชน์สูงสุดทางด้านการป่าไม้พร้อมกับเป็นหน่วยงานหลักในการสร้างรายได้ให้กับองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้อย่างยั่งยืน

2) การบริหารจัดการด้านสังคม

การมีส่วนร่วมในการพัฒนาชุมชนท้องถิ่นโดยรอบพื้นที่สวนป่า พร้อมทั้งเป็นแหล่งศึกษา ดูงาน เรียนรู้ดำเนินงานต้านอุตสาหกรรมป่าไม้แบบครบวงจร รวมถึงเป็นแหล่งรวมผลิตผล พืช ป่าไม้เพื่อการใช้สอยในครัวเรือนสำหรับชุมชน

3) การบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อม

การสงวน อนุรักษ์ ฟื้นฟูและพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน

3. สภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ

ลักษณะทางภูมิศาสตร์พื้นที่สวนป่าโดยทั่วไป จะเป็นภูเขาและเนินเขาค่อนข้างสูงสลับกับร่องห้วยลึก เป็นพื้นที่มีความลาดชันค่อนข้างสูงประมาณ 22-30 เปอร์เซ็นต์ มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 350-700 เมตร ลักษณะสภาพภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝนทั้งปีเฉลี่ย 1,260-1,340 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 30.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 18.2 องศาเซลเซียส

4. ทรัพยากรดิน

เนื้อดินเป็นดินเหนียวและดินร่วนเหนียว ดินมีความลึกมาก คือ ลึกตั้งแต่ 90 เซนติเมตรขึ้นไป ลักษณะดินโดยส่วนใหญ่เป็นกลุ่มชุดดินที่ 14 ดินเปรี้ยวจัดสีกปานกลาง และมีชั้นดินเลนที่ศักยภาพก่อให้เกิดเป็นดินเปรี้ยวจัด หรือดินกรดกำมะถันภายในความลึก 150 ซม. จากผิวดิน ดินบนปฏิกิริยาเป็นกรดจัดมาก และดินล่างมีปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่าง การระบายน้ำเลวถึงค่อนข้างเลว ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

5. ทรัพยากรธรณี

ลักษณะธรณีวิทยาทั่วไปของสวนป่าขุนแม่คำมี ประกอบด้วยตะกอน หินตะกอน หินแปร และหินอัคนีชนิดต่าง ๆ ที่พบกระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่ โดยมีอายุตั้งแต่ยุคคาร์บอนิเฟอร์รัส (360 ล้านปี) ถึงตะกอนยุคควอเทอร์นารีปัจจุบัน (กรมทรัพยากรธรณี สำนักธรณีวิทยา ส่วนพัฒนาและเผยแพร่องค์ความรู้ด้านธรณีวิทยา, 2555) สามารถวิเคราะห์ลักษณะธรณีวิทยาพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี ได้แก่

หมวดหินก้างปลา (Trkp) ประกอบด้วยหินปูนสีเทาแสดงชั้นบางถึงชั้นมวลหนาหรือเป็นปื้น หมวดหินผาแดง (Trpd) ประกอบด้วย หินทราย หินทรายแป้ง หินโคลนและหินกรวดมนสีแดง หินยุคเพอร์เมียน-ไทรแอสซิก (PTr) ประกอบด้วย หินทราย หินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินปูนเนื้อดิน หินไรโอลิติกทัฟฟ์กึ่งแปรสภาพ หินดินดาน หินปูนเป็นเลนส์ หินเชิร์ตและหินปูนเนื้อไข่ปลา หินยุคจูแรสซิก (Jv) ประกอบด้วย หินไรโอไลต์ หินไรโอลิติกทัฟฟ์และหินแอนดิซิติกทัฟฟ์ และหมวดหินวังชิ้น (Trwc) ประกอบด้วย หินโคลนสีเทาเข้มแทรกสลับด้วยทราย แสดงชั้นบางถึงหนา

6. ทรัพยากรน้ำ

ทรัพยากรน้ำบริเวณพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี มีลำห้วยขนาดเล็กมากมายกระจายทั่วพื้นที่ สำหรับห้วยที่สำคัญประกอบไปด้วย ห้วยแม่คำมี ห้วยจำเตา ห้วยทรายตูนแง่ขวา ห้วยทรายตูนแง่ซ้าย ห้วยชมพู่ ห้วยโปร่ง ห้วยปางแดง ห้วยเชี้ยะ ห้วยสวนส้ม ห้วยจำผง ห้วยข้าวหลาม ห้วยหลาว ห้วยเดื่อ ห้วยโรง ห้วยกิ่วกอก ห้วยน้ำริน ห้วยถ้ำน้ำ ห้วยปูเชียง ห้วยลึก ห้วยเส้า ห้วยไผ่ ห้วยไผ่โทน และห้วยแก๊ต ส่วนใหญ่เป็นลำห้วยที่มีน้ำเฉพาะช่วงน้ำหลากในฤดูฝน มีน้ำตกท้วยโรง ซึ่งอยู่บริเวณใกล้เคียงกับสวนป่าขุนแม่คำมี โดยมีน้ำตลอดทั้งปีแต่จะมีปริมาณน้อยในช่วงฤดูแล้ง ลำห้วยต่าง ๆ เหล่านี้ถือเป็นส่วนหนึ่งของลุ่มน้ำยม

7. ทรัพยากรป่าไม้

สภาพป่าเดิมเป็นป่าเบญจพรรณที่มีไม้สักขึ้นผสมป่าเต็งรัง นอกจากนี้ยังมีไม้ประดู่ แดง มะกอก กระโดน ผ่าเสี้ยน กระพี้เครือ เสี้ยวป่า แคหางค่าง กระพี้จั่น ตะคร้อ ส้มกบ มะขามป้อม งิ้ว เปล้าหลวง เพกา ตะคร้ำ มะตึ่ง พันชั้น ปอยาบ สารเงิน เปล้าตองแตก เก็ดดำ คูณ เหว มะหวดป่า มะเกลือ แหน ส้มป่อย เนา เครือตีนตั่ง เครือแหน กวาวเครือ หนามจี้ หนามทัน หนามเล็บแมว หนามเครือปู่ย่า สาบเสือ หมามุ่ย ไผ่ชาง พง แขม หญ้าคา ฯลฯ

8. ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การใช้ที่ดินรูปแบบของการใช้ที่ดินในอดีตบริเวณสวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ จากการสำรวจพบว่า สวนป่าขุนแม่คำมี ในอดีตมีการใช้ที่ดินหลายลักษณะประกอบด้วย ป่าผสมผสัดใบซึ่งพบอยู่โดยรอบของสวนป่าขุนแม่คำมี ป่าเต็งรังจะพบอยู่บริเวณส่วนกลางของพื้นที่สวนป่า ทุ่งหญ้ามีขนาดเล็กพบทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือ ไร่ร้าง พบเป็นหย่อมขนาดเล็ก ชุมชนพบทางด้านทิศใต้ของสวนป่า และพื้นที่เกษตรกรรม พบกระจายทั่วไป มีพื้นที่ขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังพบป่าดิบเขาอยู่บริเวณใกล้เคียงทางด้านทิศตะวันออกของพื้นที่อีกด้วย แต่ในปัจจุบันได้ถูกเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่สวนป่า และคงเหลือป่าธรรมชาติไว้เฉพาะในเขตพื้นที่อนุรักษ์ของสวนป่าเท่านั้น ทรัพยากรป่าไม้บริเวณใกล้เคียงสวนป่าขุนแม่คำมี และบริเวณป่า ประกอบด้วยป่าธรรมชาติ 4 ชนิด ได้แก่ ป่าเต็งรัง, ป่าเต็ง, ป่าเต็งรัง – ไม้สน, ป่าผสมผลัดใบ และป่าดิบแล้ง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขนิษฐา และคณะ (2557) ที่ได้ทำการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าดิบเขา บริเวณดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ ใช้ตัวอย่างแปลงขนาด 50 x 50 ตารางเมตร จำนวน 5 แปลง โดยสุ่มวางแปลงในแปลงแบบถาวร ขนาด 15 เฮกตาร์ (500 : 300 ตารางเมตร) วัดเส้นรอบวงลำต้นที่ระดับอก (GBH) ตั้งแต่ 3.15 เซนติเมตร และความสูงของไม้ยืนต้นทุกชนิดที่มีความสูง 1.30 เมตรขึ้นไป มีพันธุ์ไม้ทั้งหมด 122 ชนิด 19 วงศ์ พบพันธุ์ไม่ในวงศ์อบชยมากที่สุด ความหนาแน่นของต้นไม้เท่ากับ 7, 391.2 ตันต่อเฮกตาร์ ดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ (SWI) เท่ากับ 5.72 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 308.34 ตันต่อเฮกตาร์ แยกเป็นมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง และใบ 254.73, 48.58 และ 5.03 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ โดยมีการสะสมมากในพันธุ์ไม้วงศ์ก่อ วงศ์อบเชย และวงศ์ชิบะดุ คิดเป็นปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพ 153.20 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ แยกเป็นส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ เท่ากับ 127.11, 23.66 และ 2.23 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีผลผลิตไม้ในรูปเนื้อไม้ 474.04 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ คิดเป็นมูลค่า 1,219,414.50 บาทต่อเฮกตาร์ และมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน เท่ากับ 232.66 บาทต่อเฮกตาร์ คิดเป็นมูลค่ารวมทั้งหมดของผลผลิตไม้และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพันดินป่าดิบเขาดอยอินทนนท์ เท่ากับ 1,219,647 บาทต่อเฮกตาร์

ชนิตา (2555) ได้ศึกษามวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก ณ สวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ทำการศึกษาโดยการวางแปลงตัวอย่างขนาด 60 × 60 เมตร ไม้สักชั้นอายุต่าง ๆ จำนวน 12 ชั้นอายุ (ตั้งแต่ 4 - 31 ปี) ชั้นอายุละ 2 แปลง ทำการวัดความสูงทั้งหมด และเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ประเมินมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของไม้สักด้วยสมการแอลโลเมตรี และประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ ผลการศึกษาพบว่า ส่วนใหญ่มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้สักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุของสวนป่า แต่มีบางชั้นอายุที่มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพมีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเพิ่งมีการตัดขยายระยะ และ/หรือ เกิดจากความแตกต่างของคุณภาพพื้นที่ปลูก ทั้งนี้ จากการประเมินมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้สักในปี พ.ศ. 2552 ของสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งมีพื้นที่ปลูกไม้สักทั้งหมด 2,213.89 เฮกตาร์ พบว่า มีมวลชีวภาพรวม และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 133,642.90 และ 66,219.56 ตัน ตามลำดับ นับว่าเป็นแหล่งสะสมคาร์บอนของป่าไม้ที่สำคัญแห่งหนึ่งในประเทศไทย

ชโลธร (2555) ทำการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในสวนป่าสักจังหวัดพะเยา โดยศึกษาสวนป่าสักที่มีอายุแตกต่างกัน 4 ช่วงอายุ ได้แก่ 2 ปี 9 ปี 15 ปี และ 34 ปี ทำการเก็บข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอกและความสูงของต้นสัก เก็บข้อมูลไม้หนุ่ม กล้าไม้ ไม้พื้นล่าง ไม้เถาเฟิร์น พืชล้มลุก หญ้าและซากพืช นำมาอบหาความชื้นแล้วคำนวณเป็นมวลชีวภาพ เก็บตัวอย่างดินดินเพื่อวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ โดยใช้วิธีของ Walkley และ Black พบว่าสวนป่าสักอายุ 34 ปี 15 ปี 9 ปี และ 2 ปี มีปริมาณมวลชีวภาพ เท่ากับ 233.18 ตันต่อเฮกตาร์ 184.63 ตันต่อเฮกตาร์ 60.83 ตันต่อเฮกตาร์ และ 9.44 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับและพบว่า สวนป่าสักอายุ 34 ปี 15 ปี 9 ปี และ 2 ปี มีค่าการกักเก็บคาร์บอน 116.59 ตันต่อเฮกตาร์ 92.32 ตันต่อเฮกตาร์ 30.42 ตันต่อเฮกตาร์ และ 4.72 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในดินของสวนป่าสัก อายุ 34 ปี 15 ปี 9 ปี และ 2 ปี เท่ากับ 104.95, 52.39, 43.33, และ 33.46 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ จากสถิติการส่งเสริมปลูกไม้สักในจังหวัดพะเยามีพื้นที่ 2,208.04 เฮกตาร์ คิดเป็นการกักเก็บคาร์บอนในสวนป่าสักทั้งสิ้น 127,798.48 ตันคาร์บอน

ชัญษา (2559) ที่ทำการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพืชที่มีเนื้อไม้ ป่าชุมชนห้วยข้าวก่ำ อำเภอจุน จังหวัดพะเยา พื้นที่สำรวจรวม 4,000 ตารางเมตร เก็บข้อมูลพรรณไม้โดยวิธีการวางแปลงตัวอย่าง (Quadrat) 5 สถานี คำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโดยใช้สมการแอลโลเมตริก วิเคราะห์องค์ประกอบและความสำคัญของพรรณไม้ (Important Value Index, IVI) ผลการสำรวจ พบพรรณไม้ใน 23 วงศ์ 48 สกุล 58 ชนิด มวลชีวภาพรวม 74,949.67 กิโลกรัม (ต่อ 4,000 ตารางเมตร) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนโดยรวม เท่ากับ 38,547.23 กิโลกรัมคาร์บอน (ต่อ 4,000 ตารางเมตร) ดัชนีความสำคัญสูงสุดคือ เต็ง (*Shorea obtusa* Wall. Ex Blume) (14%) รองลงมาคือ ขว้าว (*Haldina cordifolia* (Roxb.) Ridsdale) (10%) สัก (*Tectona grandis* L.f.) (8%) รัง (*Shorea siamensis* Miq.) (7%) และมะเดื่อปล้อง (*Ficus hispida* L.f.) (5%) ตามลำดับ ดัชนีความหลากหลาย Shannon diversity index เฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 2.79 ดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (Fisher index) มีค่าเท่ากับ 15.92 ค่าดัชนีความมากมายของชนิด (species richness) มีค่าเท่ากับ 8.93 และค่าดัชนีความสม่ำเสมอของชนิด (evenness) มีค่าเท่ากับ 0.66

นิวัฒน์ (2553) ได้ศึกษาการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนป่าไม้สัก: กรณีศึกษาสวนป่าเกริงกระเวีย อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี โดยได้คัดเลือกพื้นที่ศึกษาในสวนป่าเป็นแปลงสวนป่าที่จำแนกตามปี พ.ศ. ที่ปลูก รวมพื้นที่ทั้งหมด 10,523.75 ไร่ โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกพื้นที่สวนป่าเพื่อการจัดการอย่างยั่งยืนประกอบด้วย อายุของไม้ การปฏิบัติทางวนวัฒน์

ตำแหน่งที่ตั้งของแปลงปลูกป่า และปริมาณมวลชีวภาพต่อไร่ และในส่วนของการประเมินปริมาณคาร์บอนได้กำหนดให้ค่าการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ของมวลชีวภาพ ผลการศึกษาพบว่า สวนป่าเกริงกระเวีย สามารถจำแนกสวนป่าไม้สักเพื่อการจัดการได้จำนวน 8 หน่วยการจัดการ มีมวลชีวภาพรวมทั้งสิ้นเท่ากับ 147,631.55 ตัน และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเท่ากับ 73,851.77 ตัน และเมื่อพิจารณาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ยต่อไร่ พบว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ยต่อไร่ระหว่าง 5.86 ถึง 11.63 ตันต่อไร่ และงานวิจัยนี้ ยังได้ประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน โดยแยกตามส่วนต่าง ๆ ของไม้สักด้วย

วสันต์ (2563) ได้ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในสังคมพืชป่าไม้ชนิดต่าง ๆ ณ สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา โดยการวางแปลงตัวอย่างชั่วคราว 40 x 40 เมตร จำนวน 28 แปลง แบบชั้นภูมิ (stratum) กระจายตามระดับความสมบูรณ์ของป่า 3 ระดับ มาก ปานกลาง และน้อย ในพื้นที่ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ และสวนป่ายูคาลิปตัส จำนวน 13, 9, 3 และ 3 แปลง ตามลำดับ บริเวณสถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา และวัดมิติต่าง ๆ ของต้นไม้เพื่อนำ ไปประมาณหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้ดินจากสมการแอลโลเมตริก ผลการศึกษาพบพรรณไม้ยืนต้น 148 ชนิด ส่วนปริมาณคาร์บอนสะสม พบว่า ป่าดิบแล้งมีปริมาณคาร์บอนสะสมทั้งหมด 104.52 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ โดยแบ่งเป็นการกับเก็บคาร์บอนในดิน มวลชีวภาพเหนือดิน มวลชีวภาพใต้ดิน และไม้ตายกับซากพืช ร้อยละ 43, 43, 7 และ 6 ตามลำดับ ส่วนป่าเบญจพรรณมีปริมาณคาร์บอนสะสมทั้งหมด 85.89 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ โดยแบ่งเป็นการกักเก็บคาร์บอนในดิน มวลชีวภาพเหนือดิน มวลชีวภาพใต้ดิน และไม้ตายกับซากพืช ร้อยละ 54, 37, 6 และ 3 ตามลำดับ ในขณะที่ป่าเต็งรังมีปริมาณคาร์บอนสะสมทั้งหมดน้อยที่สุดเท่ากับ 65.59 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และสวนป่ายูคาลิปตัสมีปริมาณคาร์บอนสะสม 67.81 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ โดยปริมาณคาร์บอนสะสมส่วนมากจะอยู่ในแหล่งสะสมในดิน (ร้อยละ 29-50) และมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (ร้อยละ 28-45) จากข้อมูลดังกล่าวทำ ให้ทราบว่าระบบนิเวศป่าไม้คือ แหล่งกักเก็บคาร์บอนขนาดใหญ่และแหล่งกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนขนาดใหญ่ ดังนั้น จึงควรส่งเสริมการปลูกป่าผสมผสานและสวนป่าเศรษฐกิจแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มพื้นที่เก็บกักคาร์บอนมากกว่าการปลูกแบบเชิงเดี่ยว

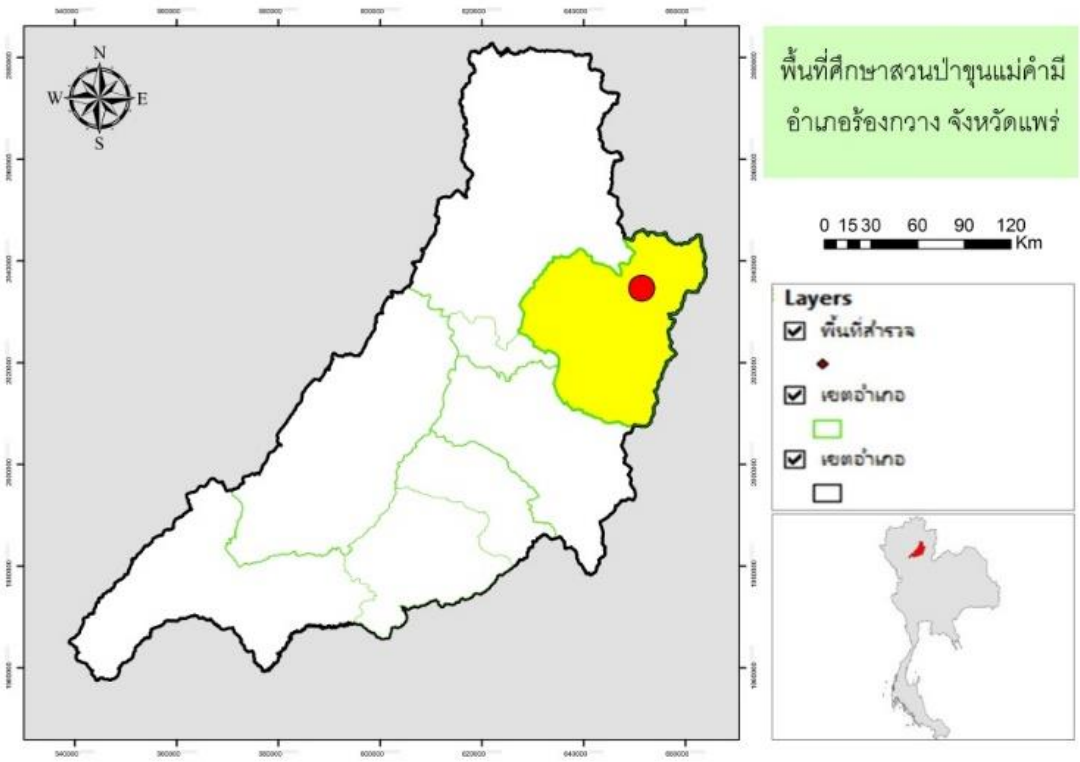
บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุและอุปกรณ์

1. เทปวัดระยะ
2. เชือก
3. หมุดสำรวจ หรือท่อ PVC
4. GPS
5. Diameter tap
6. กล้องวัดความสูง Rangefinder
7. กล้องถ่ายรูป
8. อุปกรณ์จดบันทึก
9. คอมพิวเตอร์
10. โปรแกรม ArcGIS

พื้นที่ศึกษา

สวนป่าขุนแม่คำมี สังกัดองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้เขตแพร่ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือบน องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ พื้นที่ปลูก 19,587.40 ไร่ สำนักงานสวนป่าขุนแม่คำมีตั้งอยู่ในพิกัดจากดาวเทียมระบบ UTM E 656210 N 2040550 ที่ตั้ง สำนักงานสวนป่าขุนแม่คำมี หมู่ที่ 6 ตำบลห้วยโรง อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ อยู่ห่างจังหวัดประมาณ 57 กิโลเมตร ตั้งอยู่ในเขต ตำบลห้วยโรง และตำบลไผ่โทน (ภาพที่ 3)



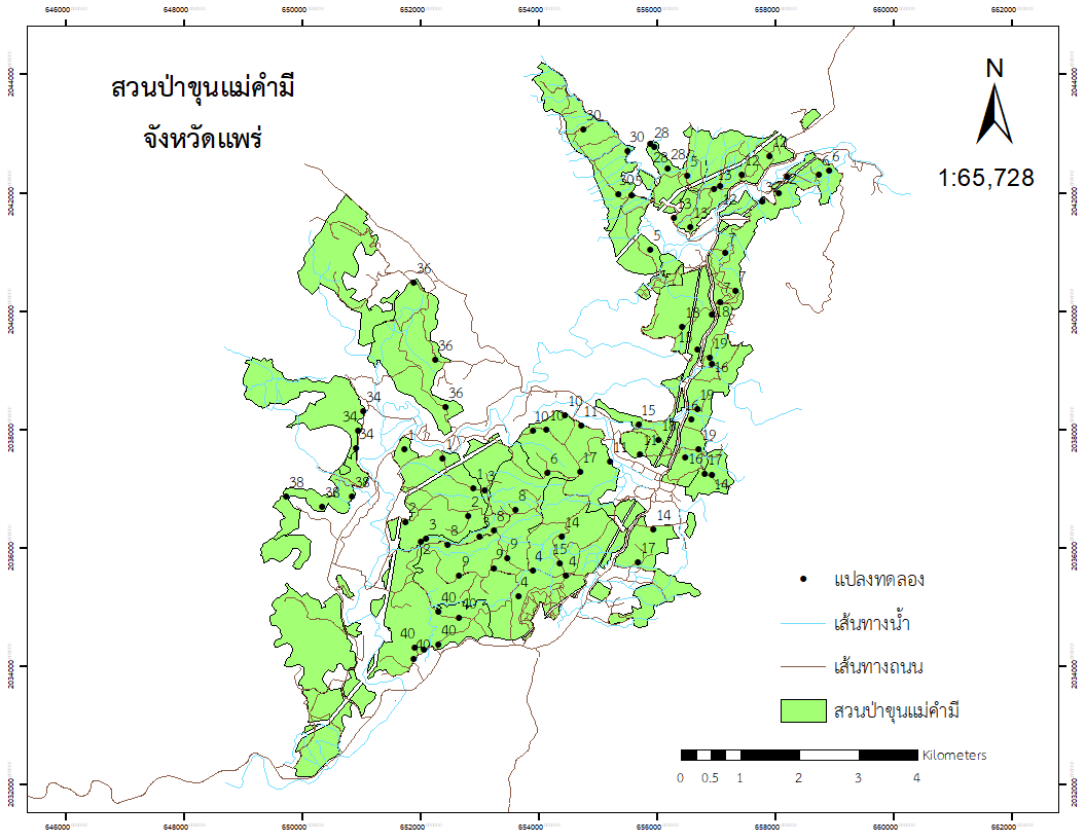
ภาพที่ 3 พื้นที่ศึกษาสวนป่าขุนแม่คำมี อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่

แผนการดำเนินงาน

1. การสำรวจและเก็บข้อมูล

1.1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) ในแปลงปลูกไม้สักตั้งแต่อายุ 1 ปี จนถึงสักอายุ 40 ปี จำแนกได้ 27 อายุสัก (ภาพที่ 4)

1.2 ทำการวางแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร × 20 เมตร ทำการวัดไม้สักที่มีขนาดความสูงทั้งหมดตั้งแต่ 1.30 เมตร ขึ้นไปและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูงระดับอก (DBH) มากกว่า 4.5 เซนติเมตร



ภาพที่ 4 แปลงตัวอย่างการเก็บข้อมูล

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 คำนวณหามวลชีวภาพของไม้สักขนาดใหญ่ ใช้สมการของ ชิงชัย และกันตินันท์ (2554) ดังนี้

$$W_T = 0.0358 (D^2H)^{0.9468}$$

โดยที่ W_T = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กิโลกรัม)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (เซนติเมตร)

H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

2.2 คำนวณหามวลชีวภาพของไม้หนุ่ม (พันธุ์ไม้ที่มีขนาด DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตรแต่มีความสูงตั้งแต่ 1.30 เมตรขึ้นไป) ใช้สมการของ ธิติ และชลธิดา (2547)

$$W_S = 0.0702 (D^2H)^{0.8737}$$

$$W_B = 0.0093 (D^2H)^{0.9403}$$

$$W_L = 0.0244 (D^2H)^{1.0517}$$

$$W_T = W_S + W_B + W_L$$

โดยที่ D = เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (เซนติเมตร)

H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

W_S = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กิโลกรัม)

W_B = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กิโลกรัม)

W_L = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กิโลกรัม)

W_T = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กิโลกรัม)

2.3 คำนวณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ตามสมการของ IPCC (2006) ดังนี้

กักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน = มวลชีวภาพ × 0.47

2.4 คำนวณปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ Meepol (2010) ดังนี้

คาร์บอนไดออกไซด์ = การกักเก็บคาร์บอน × 44/12

2.5 คำนวณปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจน ใช้สมการของ สมศักดิ์ และคณะ (2559) ดังนี้

การปลดปล่อยออกซิเจน = การกักเก็บคาร์บอน × 32/12

3. การจำแนกระดับศักยภาพของพื้นที่

นำเข้าข้อมูลพิกัดตำแหน่งของแปลงทดลองจำนวน 81 แปลง โดยใช้เครื่องสำรวจพิกัดดาวเทียม (GPS) พร้อมข้อมูลที่ได้จากการคำนวณหามวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจน และแผนที่ขอบเขตการศึกษา นำมาประยุกต์กับเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ การแบ่งกลุ่มข้อมูล (Classification) โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks) ในโปรแกรม ArcGis 10.6 (ศูนย์วิจัยและพัฒนานวัตกรรมอุทยานแห่งชาติ, 2561) โดยแบ่งระดับศักยภาพออกเป็น 5 ระดับ คือ

1) พื้นที่ที่มีการกระจายน้อยที่สุด

2) พื้นที่ที่มีการกระจายน้อย

3) พื้นที่ที่มีการกระจายปานกลาง

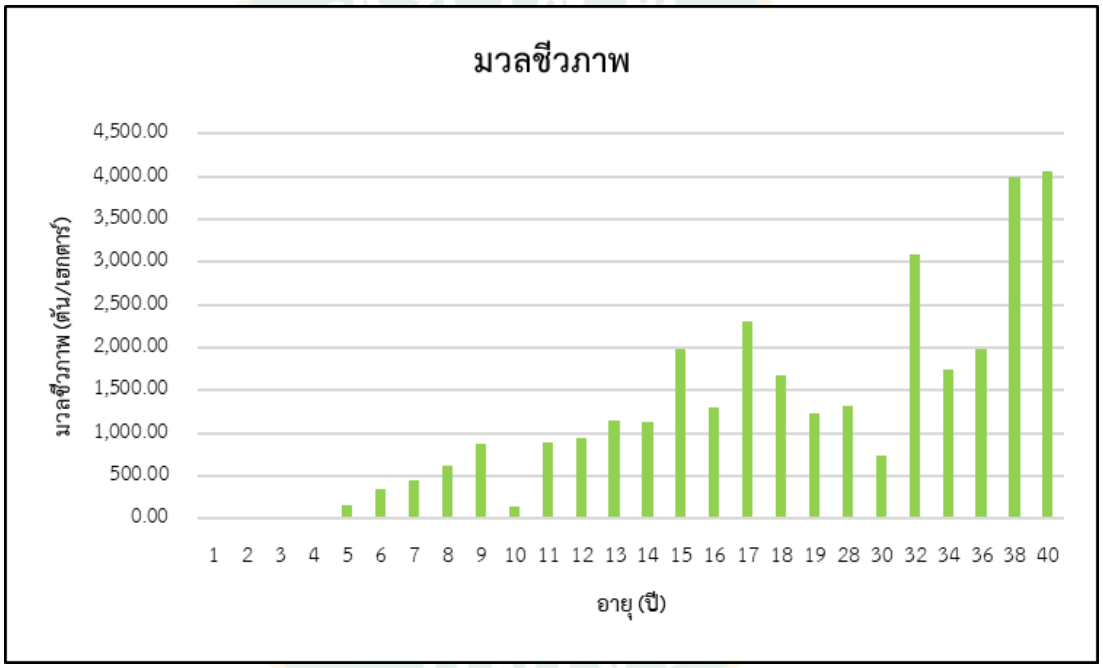
4) พื้นที่ที่มีกระจายมาก และ

5) พื้นที่ที่มีการกระจายมากที่สุด

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

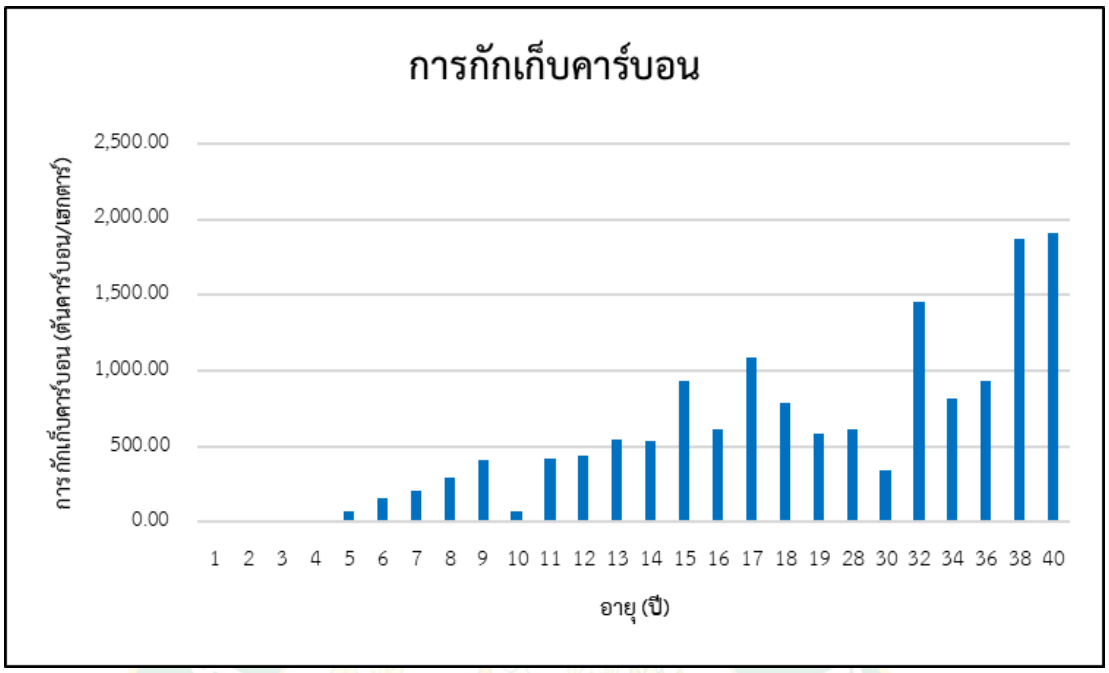
1. มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก

จากการศึกษามวลชีวภาพ พบว่า มวลชีวภาพรวมของไม้สักทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 32,153.38 ตันต่อเฮกตาร์ พบมวลชีวภาพมากที่สุดในอายุ 40 ปี มีค่าเท่ากับ 4,057.48 ตันต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ อายุ 38 ปี 32 ปี 17 ปี และ 15 ปี มีค่าเท่ากับ 3,988.85, 3,087.02, 2,312.50 และ 1,985.48 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 มวลชีวภาพ

จากการศึกษาการกักเก็บคาร์บอน พบว่า การกักเก็บคาร์บอนรวมของไม้สักทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 15,112.09 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ พบการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดอายุ 40 ปี มีค่าเท่ากับ 1,907.02 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ อายุ 38 ปี 32 ปี 17 ปี และ 15 ปี มีค่าเท่ากับ 1,874.76, 1,450.90, 1,086.88 และ 933.18 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การกักเก็บคาร์บอน

ผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาของ (นิวัฒน์, 2553) ที่ทำการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนป่าไม้สัก สวนป่าเกริงกระเวีย จังหวัดกาญจนบุรี (ชนิตา, 2555) ที่ทำการศึกษามวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก ณ สวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี และ(ชโลธร, 2555) ทำการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในสวนป่าสักจังหวัดพะเยา พบว่าเมื่ออายุไม้สักเพิ่มขึ้นเส้นรอบวงของไม้สักก็จะเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของไม้สักเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่เนื่องจากสวนป่าเกริงกระเวีย สวนป่าทองผาภูมิ และสวนป่าขุนแม่คำมีเป็นสวนป่าไม้เศรษฐกิจซึ่งมีการตัดสางขยายระยะในช่วงไม้สักอายุ 20-30 ปี ทำให้มีปริมาณต้นไม้สักลดน้อยลงซึ่งมีผลทำให้ปริมาณมวลชีวภาพลดลงด้วย

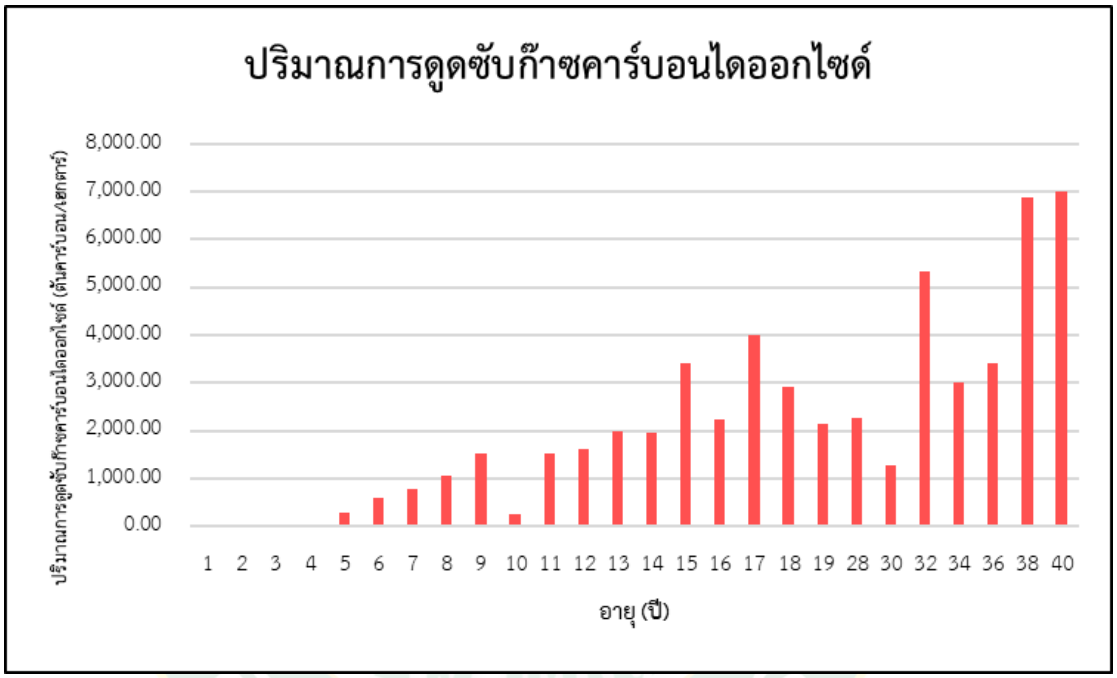
ผลการศึกษานี้สนับสนุนการศึกษาของ (ชัญษา, 2559) ที่ทำการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพืชที่มีเนื้อไม้ ป่าชุมชนห้วยข้าวก่ำ อำเภอจุน จังหวัดพะเยา พบว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนขึ้นอยู่กับมวลชีวภาพของต้นไม้และมีความแปรผันตาม ชนิด ขนาดความโตของลำต้น และจำนวนต้นไม้ พื้นที่เพาะปลูกที่มีการจัดการที่ดีสามารถช่วยฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปรับปรุงสภาพภูมิอากาศ ปกป้องระบบดินและน้ำ ตลอดจนเป็นแหล่งอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ (Bennett, 2008)

Pinyarat (2021) ได้กล่าวว่าการจัดการสวนป่าไม้สักสามารถลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ (Jaruntorn and Issarapap, 2017) ได้กล่าวว่าสวนไม้สักสามารถช่วยบรรเทาปัญหาการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศได้ และ (FAO, 2006) กล่าวว่าการกักเก็บคาร์บอนที่เพิ่มทั่วโลก เกิดจากการตัดไม้ทำลายป่าที่ลดลง การเพิ่มใหม่ของป่า และการปลูกวนเกษตรที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถชดเชยของการปล่อยคาร์บอนได้ประมาณ 15%

เมื่อนำปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมาเปรียบเทียบกับป่าธรรมชาติ (ขนิษฐา และคณะ, 2557) ที่ได้ทำการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าดิบเขาบริเวณดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่ามีปริมาณการกักเก็บคาร์บอน 153.20 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ จากการศึกษาปริมาณกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่โครงการก่อสร้างเขื่อนแม่วงก์ จังหวัดนครสวรรค์และกำแพงเพชรของ (ธรรมนูญ และคณะ, 2560) ป่าเบญจพรรณมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอน 49.66 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ป่าเต็งรังมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอน 66.85 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และป่ารุ่นสอง มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอน 33.53 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ (วสันต์, 2563) ได้ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในสังคมพืชป่าไม้ชนิดต่าง ๆ ณ สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ป่าดิบแล้งมีปริมาณคาร์บอนสะสมทั้งหมด 104.52 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ป่าเบญจพรรณมีปริมาณคาร์บอนสะสมทั้งหมด 85.89 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ป่าเต็งรังมีปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 65.59 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และสวนป่ายูคาลิปตัสมีปริมาณคาร์บอนสะสม 67.81 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ จะเห็นได้ว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี มีการกักเก็บคาร์บอนที่มากกว่าเนื่องจากมีจำนวนต้นไม้ที่มากว่า และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่มีขนาดใหญ่กว่า ซึ่งทำให้เห็นว่าสวนป่านอกจากที่เป็นพื้นที่ป่าเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศแล้วอีกทั้งยังเป็นพื้นที่หนึ่งที่ช่วยในการกักเก็บคาร์บอนขนาดใหญ่อีกด้วย

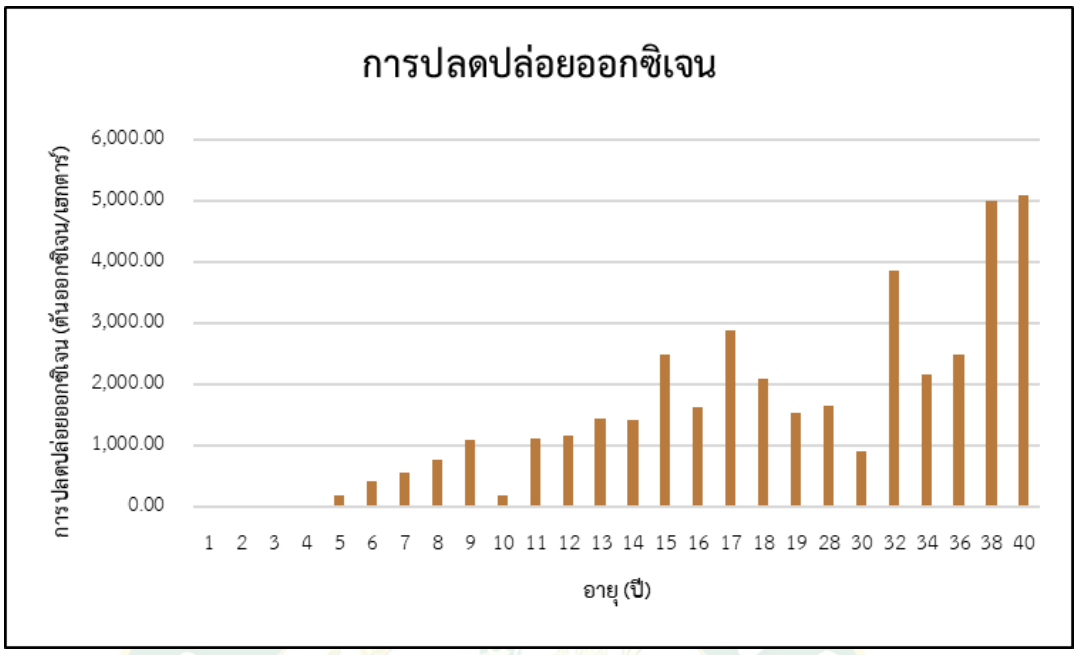
2. ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจนของไม้สัก

จากการศึกษาปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมของไม้สัก มีค่าเท่ากับ 55,411 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ พบปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดอายุ 40 ปี มีค่าเท่ากับ 6,992.39 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ อายุ 38 ปี 32 ปี 17 ปี และ 15 ปี มีค่าเท่ากับ 6,874.12, 5,319.97, 3,985.22 และ 3,421.65 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จากการศึกษาการปลดปล่อยออกซิเจน พบว่า การปลดปล่อยออกซิเจนรวมของไม้สัก มีค่าเท่ากับ 40,298.91 ตันออกซิเจนต่อเฮกตาร์ พบปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจนมากที่สุดอายุ 40 ปี มีค่าเท่ากับ 5,085.37 ตันออกซิเจนต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ อายุ 38 ปี 32 ปี 17 ปี และ 15 ปี มีค่าเท่ากับ 4,999.36, 3,869.07, 2,898.34 และ 2,488.47 ตันออกซิเจนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ การปลดปล่อยออกซิเจนที่พบน้อยที่สุดคือช่วงอายุ 21-30 ปี มีค่าเท่ากับ 32,565.98 ตันออกซิเจนต่อเฮกตาร์ ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การปลดปล่อยออกซิเจน

ผลการศึกษาสนับสนุนการศึกษาของ (สำนักนวัตกรรมไม้เศรษฐกิจ, 2559) ได้ทำการศึกษาปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่สวนป่า องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ พบว่าในช่วงปี พ.ศ.2533 พ.ศ.2543 และ พ.ศ.2552 ไม้สักมีพื้นที่ทั้งหมด 61,767.04เฮกตาร์, 65,817.92 เฮกตาร์ และ 99,239.77 เฮกตาร์ ตามลำดับ ซึ่งพบปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 19,178,666, 26,656,258 และ 40,192,108 ตัน ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างการกักเก็บคาร์บอนกับปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจน จะเห็นได้ว่าถ้าหากปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเพิ่มขึ้นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจนก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

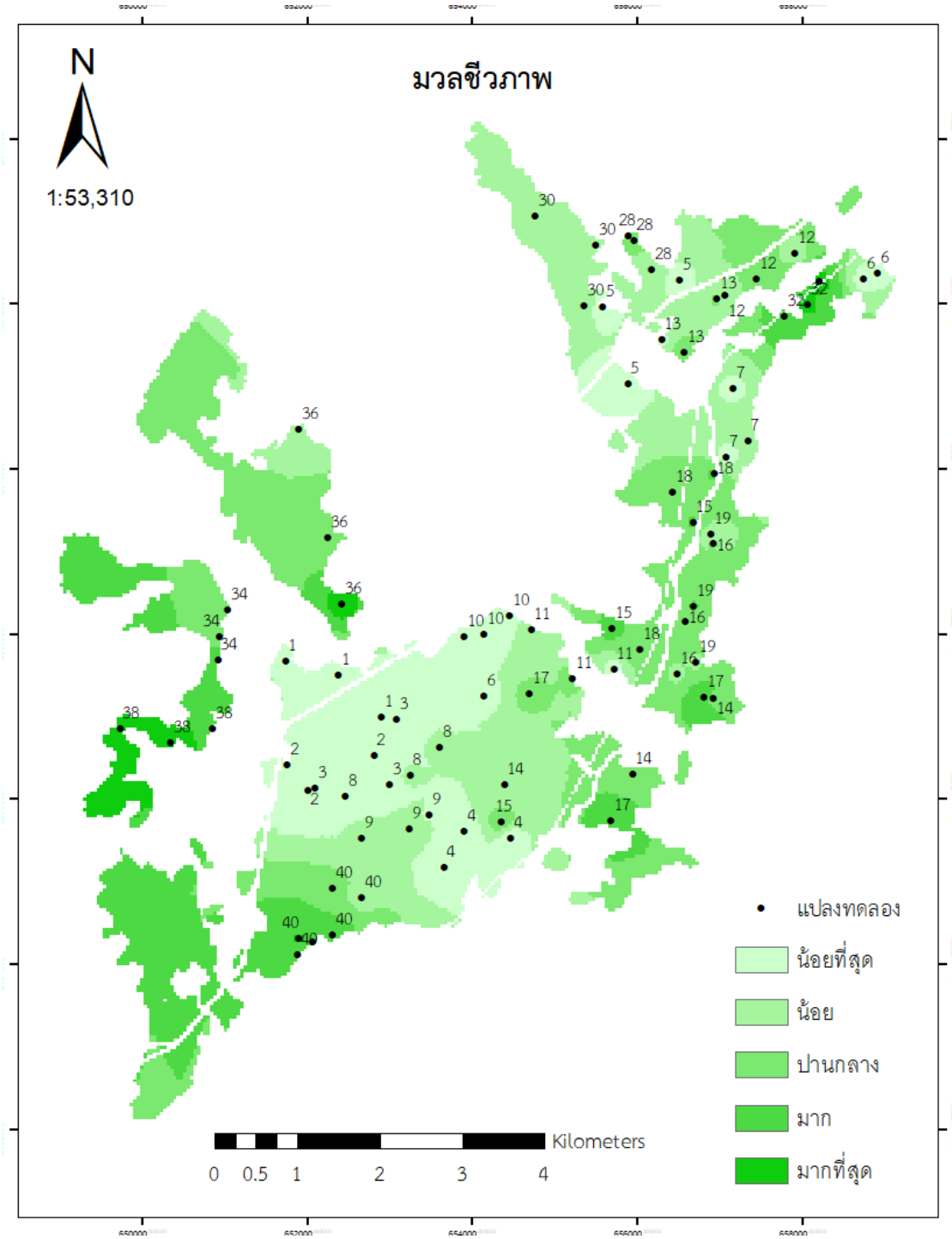
3. การจำแนกระดับศักยภาพของพื้นที่ โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks)

จากการจำแนกระดับศักยภาพพื้นที่ของมวลชีวภาพ โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks) พบว่ามีการแบ่งออกเป็น 5 ช่วงชั้นจากน้อยที่สุดถึงมากที่สุด โดยที่ระดับการกระจายของไม้สักมีมวลชีวภาพระหว่าง 0.01-68.39 ตัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การจำแนกระดับศักยภาพพื้นที่มวลชีวภาพของไม้สัก โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks)

ระดับการกระจายของไม้สัก	พื้นที่ (เฮกตาร์)	ร้อยละ	มวลชีวภาพ
น้อยที่สุด	680.81	21.84	0.01-8.05
น้อย	914.55	29.34	8.06-15.83
ปานกลาง	924.94	29.67	15.84-24.41
มาก	513.83	16.48	24.42-39.16
มากที่สุด	83.10	2.67	39.17-68.39

จากตารางที่ 2 พบการกระจายมวลชีวภาพของไม้สักมากที่สุดอยู่ในระดับการกระจายปานกลาง มีพื้นที่เท่ากับ 924.94 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 29.67 มีมวลชีวภาพอยู่ระหว่าง 15.84-24.41 ตัน รองลงมาได้แก่ ระดับการกระจายน้อย มีพื้นที่เท่ากับ 914.55 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 29.34 มีมวลชีวภาพอยู่ระหว่าง 8.06-15.83 ตัน พบการกระจายของมวลชีวภาพน้อยที่สุดอยู่ในระดับการกระจายมากที่สุด มีพื้นที่เท่ากับ 83.10 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 2.67 มีมวลชีวภาพอยู่ระหว่าง 39.17-68.39 ตัน (ภาพที่ 9)



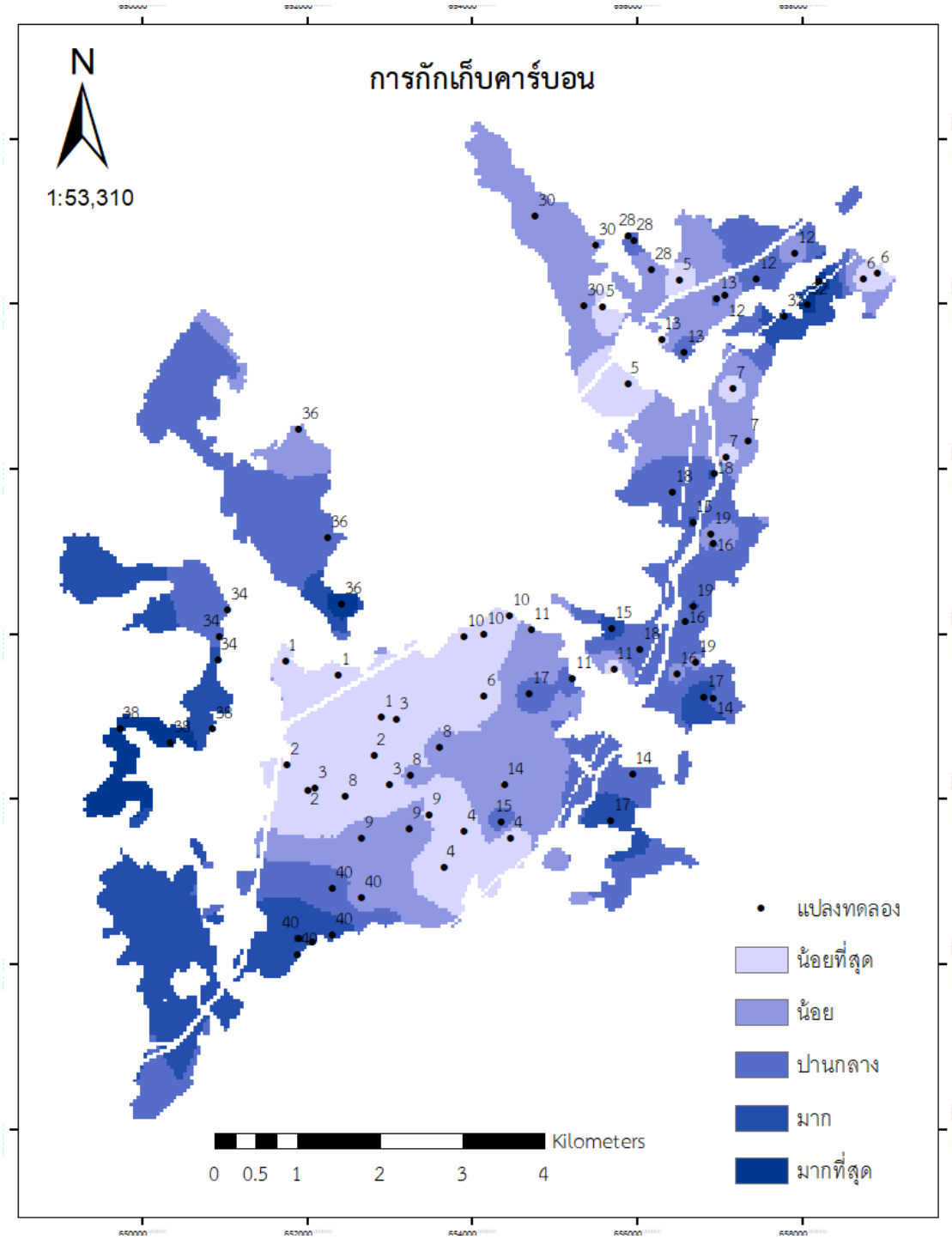
ภาพที่ 9 แผนที่กระจายมวลชีวภาพของไม้สัก โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks)

จากการจำแนกระดับศักยภาพพื้นที่ของการกักเก็บคาร์บอน โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks) พบว่ามีการแบ่งออกเป็น 5 ช่วงชั้นจากน้อยที่สุดถึงมากที่สุด โดยที่ระดับการกระจายของไม้สักมีการกักเก็บคาร์บอนระหว่าง 0.00-32.14 ตันคาร์บอน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การจำแนกระดับศักยภาพพื้นที่การกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks)

ระดับการกระจายของไม้สัก	พื้นที่ (เฮกตาร์)	ร้อยละ	การกักเก็บคาร์บอน (ตันคาร์บอน)
น้อยที่สุด	680.81	21.84	0.00-3.78
น้อย	914.55	29.34	3.79-7.44
ปานกลาง	924.94	29.67	7.54-11.47
มาก	513.83	16.48	11.48-18.40
มากที่สุด	83.10	2.67	18.41-32.14

จากตารางที่ 3 พบการกระจายการกักเก็บคาร์บอนของไม้สักมากที่สุดอยู่ในระดับการกระจายปานกลาง มีพื้นที่เท่ากับ 924.94 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 29.67 มีการกักเก็บคาร์บอนอยู่ระหว่าง 7.54-11.47 ตันคาร์บอน รองลงมาได้แก่ ระดับการกระจายน้อย มีพื้นที่เท่ากับ 914.55 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 29.34 มีกักเก็บคาร์บอนอยู่ระหว่าง 3.79-7.44 ตันคาร์บอน พบการกระจายของการกักเก็บคาร์บอนน้อยที่สุดอยู่ในระดับการกระจายมากที่สุด มีพื้นที่เท่ากับ 83.10 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 2.67 มีกักเก็บคาร์บอนอยู่ระหว่าง 18.41-32.14 ตันคาร์บอน (ภาพที่ 10)



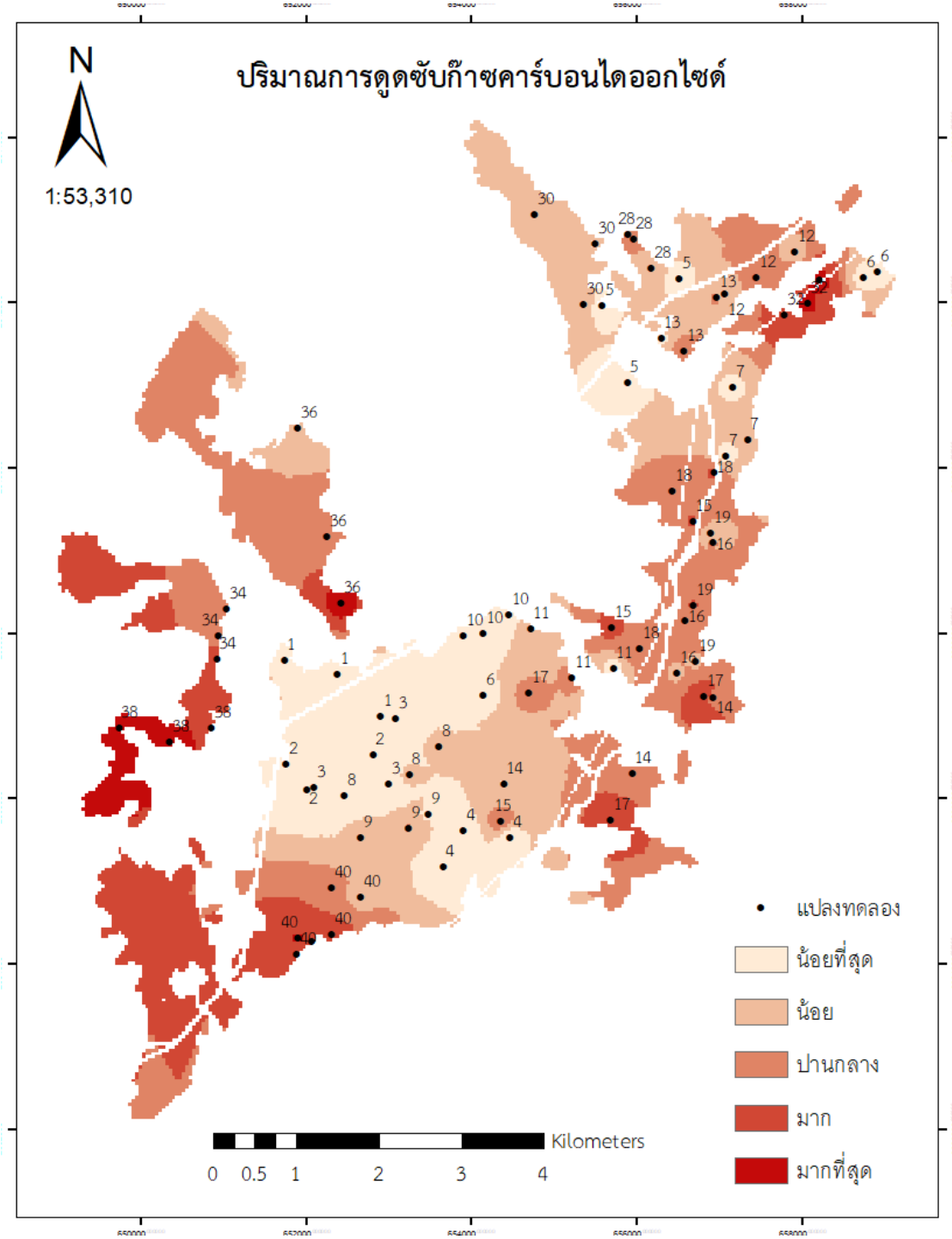
ภาพที่ 10 แผนที่กระจายการกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks)

จากการจำแนกระดับศักยภาพพื้นที่ของปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks) พบว่ามีการแบ่งออกเป็น 5 ช่วงชั้นจากน้อยที่สุดถึงมากที่สุด โดยที่ระดับการกระจายของไม้สักมีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่าง 0.01-117.86 ตันคาร์บอน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การจำแนกระดับศักยภาพพื้นที่ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้สัก โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks)

ระดับการกระจายของไม้สัก	พื้นที่ (เฮกตาร์)	ร้อยละ	ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตันคาร์บอน)
น้อยที่สุด	680.81	21.84	0.01-13.87
น้อย	914.55	29.34	13.88-27.27
ปานกลาง	924.94	29.67	27.28-42.06
มาก	513.83	16.48	42.07-67.48
มากที่สุด	83.10	2.67	67.49-117.86

จากตารางที่ 4 พบการกระจายปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้สักมากที่สุดอยู่ในระดับการกระจายปานกลาง มีพื้นที่เท่ากับ 924.94 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 29.67 มีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ระหว่าง 27.28-42.06 ตันคาร์บอน รองลงมาได้แก่ ระดับการกระจายน้อย มีพื้นที่เท่ากับ 914.55 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 29.34 มีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ระหว่าง 13.88-27.27 ตันคาร์บอน พบการกระจายของปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุดอยู่ในระดับการกระจายมากที่สุด มีพื้นที่เท่ากับ 83.10 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 2.67 มีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ระหว่าง 67.49-117.86 ตันคาร์บอน (ภาพที่ 11)



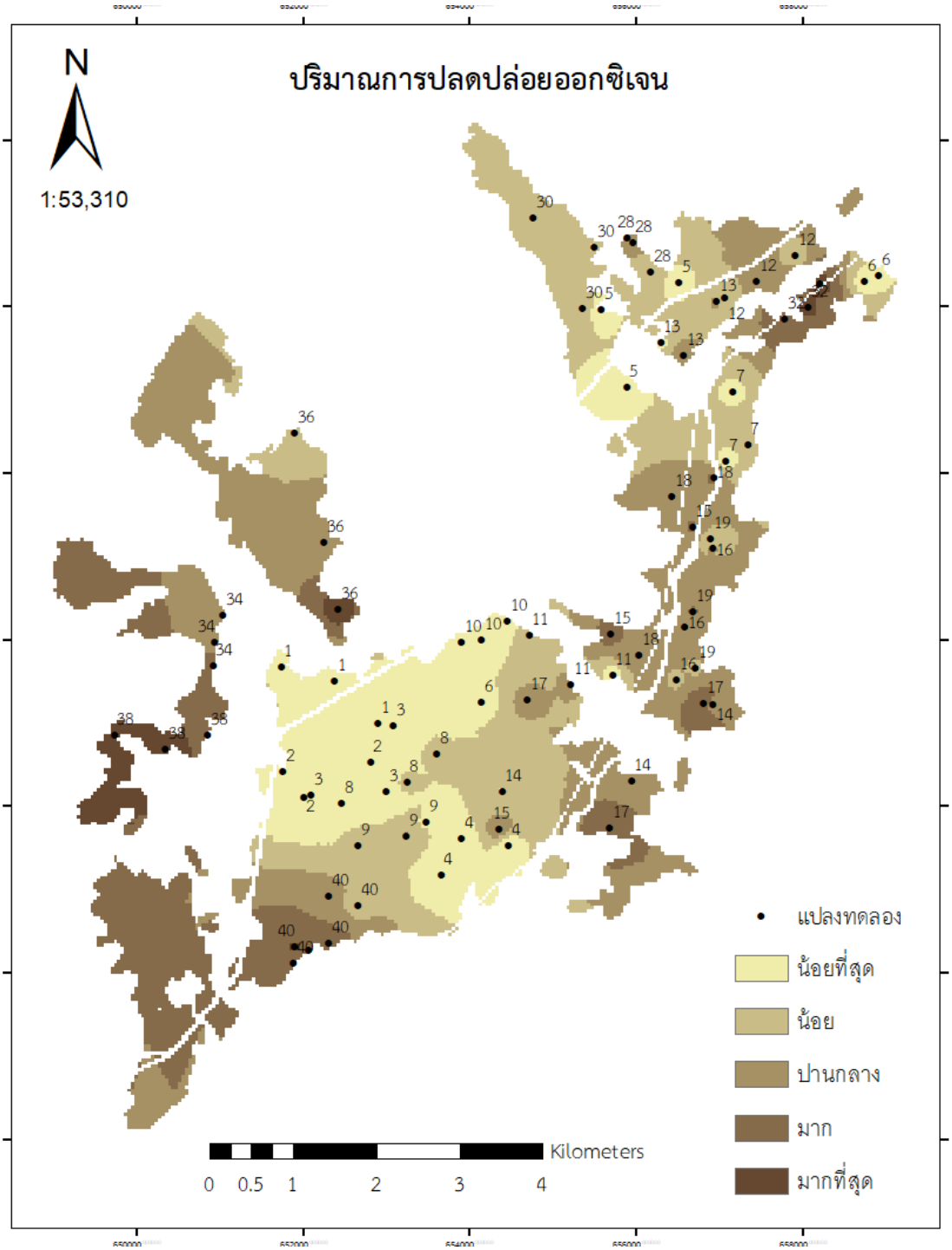
ภาพที่ 11 แผนที่กระจายปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้สัก โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks)

จากการจำแนกระดับศักยภาพพื้นที่ของการปลดปล่อยออกซิเจน โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks) พบว่ามีการแบ่งออกเป็น 5 ช่วงชั้นจากน้อยที่สุดถึงมากที่สุด โดยที่ระดับการกระจายของไม้สักมีการปลดปล่อยออกซิเจนระหว่าง 0.01-85.72 ตันออกซิเจน ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การจำแนกระดับศักยภาพพื้นที่ปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจนของไม้สัก โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks)

ระดับการกระจายของไม้สัก	พื้นที่ (เฮกตาร์)	ร้อยละ	การปลดปล่อยออกซิเจน (ตันออกซิเจน)
น้อยที่สุด	680.81	21.84	0.01-10.09
น้อย	914.55	29.34	10.09-19.84
ปานกลาง	924.94	29.67	19.85-30.59
มาก	513.83	16.48	30.60-49.08
มากที่สุด	83.10	2.67	49.09-85.72

จากตารางที่ 5 พบการกระจายปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจนของไม้สักมากที่สุดอยู่ในระดับการกระจายปานกลาง มีพื้นที่เท่ากับ 924.94 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 29.67 มีปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจนอยู่ระหว่าง 19.85-30.59 ตันออกซิเจน รองลงมาได้แก่ ระดับการกระจายน้อย มีพื้นที่เท่ากับ 914.55 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 29.34 มีปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจนอยู่ระหว่าง 10.09-19.84 ตันออกซิเจน พบการกระจายของปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจนน้อยที่สุดอยู่ในระดับการกระจายมากที่สุด มีพื้นที่เท่ากับ 83.10 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 2.67 มีปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจนอยู่ระหว่าง 49.09-85.72 ตันออกซิเจน (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 แผนที่กระจายปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจนของไม้สัก โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks)

พบว่า ไม้สักขนาดใหญ่มีจำนวนลดลง เนื่องจากสวนป่าได้มีการทำไม้ ด้วยวิธีการตัดสางขยายระยะแบบ Selection thinning (งานสวนป่าขุนแม่คำมี, 2564) แต่ยังมีการอนุรักษ์ไม้สักขนาดใหญ่ในบางพื้นที่และมีการปลูกไม้สักทดแทนในพื้นที่ที่ถูกตัดไป จึงทำให้การกระจายของไม้สักอยู่ในระดับการกระจายปานกลาง มีพื้นที่เท่ากับ 924.94 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 29.67

4. มูลค่าคาร์บอนเครดิตของไม้สัก

จากการศึกษามูลค่าคาร์บอนเครดิตของไม้สักในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ พบว่าประเทศไทยมีมูลค่าคาร์บอนเครดิตเท่ากับ 1.03 ดอลลาร์สหรัฐต่อเฮกตาร์ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2565) คิดมูลค่ารวมของพื้นที่สวนป่าเป็น 15,565.45 ดอลลาร์สหรัฐ เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่มีมูลค่าสูงที่สุด คือ ยุโรปมีมูลค่าคิดเป็น 49.78 ดอลลาร์สหรัฐต่อเฮกตาร์ (The World Bank, 2022) มูลค่ารวมของพื้นที่สวนป่า คิดเป็น 752,279.83 ดอลลาร์สหรัฐ รองลงมาได้แก่ อังกฤษ แอฟริกาใต้ สิงค์โปร ญี่ปุ่น มีมูลค่าคาร์บอนเครดิตเท่ากับ 24.8, 9.15, 3.71 และ 2.61 ดอลลาร์สหรัฐต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (The World Bank, 2022) คิดมูลค่ารวมของพื้นที่สวนป่าเป็น 374,779.82, 138,275.62, 56,065.85 และ 39,442.55 ดอลลาร์สหรัฐ ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ซึ่งในปัจจุบันแต่ละพื้นที่ทั่วโลกได้รับผลกระทบจากภาวะโลกที่ร้อนรุนแรงขึ้น ผู้คนจึงให้ความสนใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และการกักเก็บคาร์บอนมากขึ้น ดังนั้นตลาดคาร์บอนเครดิตจึงเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาที่เกิดจากภาวะโลกร้อนได้

ตารางที่ 6 มูลค่าคาร์บอนเครดิตของไม้สักในแต่ละพื้นที่

อายุ	มูลค่าคาร์บอนเครดิตของไม้สักในแต่ละพื้นที่ (ดอลลาร์สหรัฐ)					
	ไทย	สิงคโปร์	ญี่ปุ่น	แอฟริกาใต้	ยุโรป	อังกฤษ
1-10	1,265.59	4,558.59	3,206.99	11,242.89	61,166.21	30,472.52
11-20	6,116.61	22,031.66	15,499.36	54,336.84	295,616.17	147,273.63
21-30	991.11	3,569.93	2,511.46	8,804.53	47,900.51	23,863.65
31-40	7,192.14	25,905.68	18,224.75	63,891.36	347,596.93	173,170.03
รวม	**15,565.45**	**56,065.85**	**39,442.55**	**138,275.62**	**752,279.83**	**374,779.82**

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผล

สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ มีมวลชีวภาพของไม้สัก ทั้งหมดเท่ากับ 32,153.38 ตันต่อเฮกตาร์ คิดเป็นปริมาณกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดเท่ากับ 15,112.09 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 55,411.00 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และการปลดปล่อยออกซิเจนเท่ากับ 40,298.91 ตันออกซิเจนต่อเฮกตาร์ การจำแนกระดับศักยภาพของพื้นที่ โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks) พบว่าระดับการกระจายของไม้สัก มวลชีวภาพอยู่ในระดับการกระจายปานกลาง มีค่าอยู่ระหว่าง 15.84-24.41 ตัน การกักเก็บคาร์บอนอยู่ในระดับการกระจายปานกลาง มีค่าอยู่ระหว่าง 7.54-11.47 ตันคาร์บอน ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในระดับการกระจายปานกลาง มีค่าอยู่ระหว่าง 27.28-42.06 ตันคาร์บอน ปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจนอยู่ในระดับการกระจายปานกลาง มีค่าอยู่ระหว่าง 19.85-30.59 ตันออกซิเจน มีพื้นที่เท่ากับ 924.94 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 29.67 และเมื่อทำการประเมินเปรียบเทียบมูลค่าคาร์บอนเครดิตในแต่ละพื้นที่ พบว่าประเทศไทยมีมูลค่าคาร์บอนเครดิตเท่ากับ 1.03 ดอลลาร์สหรัฐต่อเฮกตาร์ คิดมูลค่ารวมของพื้นที่สวนป่าเป็น 15,565.45 ดอลลาร์สหรัฐ เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่มีมูลค่าสูงที่สุด คือ ยุโรปมีมูลค่าคิดเป็น 49.78 ดอลลาร์สหรัฐต่อเฮกตาร์ มูลค่ารวมของพื้นที่สวนป่า คิดเป็น 752,279.83 ดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งมีมูลค่ามากกว่าประเทศไทย 736,714.38 ดอลลาร์สหรัฐ

สวนป่าไม้เศรษฐกิจถือว่าทำหน้าที่เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอน ดังนั้น เมื่อมีการอนุรักษ์และลดความเสื่อมโทรมของป่า หรือการปลูกป่าก็จะทำให้มีพื้นที่ที่เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันการจัดการสวนป่าจะพบว่าเป็นการเก็บคาร์บอนที่เป็นประโยชน์เนื่องจากมีการใช้ไม้ตามรอบตัดฟันและปลูกทดแทนต่อเนื่องก่อให้เกิดการจัดการการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนของไม้สักควรมีการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง เพื่อจะได้ข้อมูลสวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ ชัดเจนมากขึ้นอีก
2. ควรศึกษาการประเมินสุขภาพของต้นไม้เพิ่มเติม เพื่อข้อมูลที่ครบถ้วนและสมบูรณ์
3. การศึกษาข้างต้นสามารถนำไปใช้ในการแนะนำแก่หน่วยงานและประชาชน หรือผู้ที่สนใจ เพื่อให้หน่วยงานและประชาชนที่อยู่อาศัยในพื้นที่บริเวณสวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ หันมาช่วยกันลดปัญหาสิ่งแวดล้อม หรือลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการใช้ชีวิตประจำวัน ซึ่งส่งผลให้เกิดสภาวะเรือนกระจกที่กำลังเป็นปัญหาของโลกปัจจุบัน

บรรณานุกรม

กรมป่าไม้. 2556. **องค์ความรู้ไม้สักไทย.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://forprod.forest.go.th/forprod/KM/PDF/teak.pdf

---. 2563. **รายงานฉบับสมบูรณ์** โครงการจัดทำข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2563. กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้.

ขนิษฐา เสถียรพีระกุล, สุนทร คำยอง, นิวัติ อนงค์รักษ์ และ เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง. 2557. มูลค่าผลผลิตไม้และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของป่าดิบเขาบริเวณดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่. มหาวิทยาลัยนเรศวร. 19: 27-37.

งานสวนป่าขุนแม่คำมี. 2564. **ประวัติสวนป่าขุนแม่คำมี.** แพร่: สวนป่าขุนแม่คำมี.

จิตนพา วุ่นบัว และ พงศ์ภัค ปานบัว. 2557. **การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อพัฒนาแหล่งกักน้ำในการวิเคราะห์ช่วยเหลือพื้นที่การเกษตรและการอุปโภค-บริโภคของราษฎร อำเภอสะบ้าย้อย จังหวัดสงขลา.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://rd.hu.ac.th/Download%20File/Full%20Text%20Research/NO5706

ชนิตา ทองฝาก. 2555. **มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก ณ สวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชโลธร ชุมภูกุล. 2555. **การประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในสวนป่าสักจังหวัดพะเยา.** มหาวิทยาลัยพะเยา.

ชัญษา กันฉิ่ง. 2559. การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพืชที่มีเนื้อไม้ ป่าชุมชนห้วยข้าวก่ำ อำเภอจุน จังหวัดพะเยา. 89-95.

ชิงชัย วิริยะบัญชา และ กันตินันท์ ผิวสะอาด. 2554. **การปรับสมการเพื่อประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของ สวนป่าสักในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

ดนุพล ตันนโยภาส. 2544. **รายงานวิจัย การจัดระบบข้อมูลสารสนเทศเพื่อการจัดการคุณภาพน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง.** ศูนย์รีโมทเซนซิ่งและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธรรมนูญ เต็มไชย, ทรงธรรม สุขสว่าง, พันธุ์ทิพา ใจแก้ว, เพชรรัตน์ ดีแก้ว, ปิยภรณ์ มาตผาง, พนิดา ปุริตัง, ณัฐชานนท์ ปุ๊ล๊ะ และ Thijs W. Bredenhoff. 2560. **ปริมาณกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่โครงการก่อสร้างเขื่อนแม่วงก์ จังหวัดนครสวรรค์และกำแพงเพชร.** กรุงเทพฯ: กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

ธิติ วิสารัตน์ และชลธิดา เชิญขุนทด. 2547. **องค์ประกอบของชนิดพันธุ์พืชและปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ในป่าดิบแล้ง, การประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางป่าไม้: ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.** กรุงเทพฯ: กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช.

นิวัฒน์ ภูผาสุก. 2553. **การประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนป่าไม้สัก: กรณีศึกษาสวนป่าเกริงกระเวีย อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วนิดา อินทรอำนวย. 2558. **กฎหมายว่าด้วยสวนป่าฉบับแก้ไขเพิ่มเติม (พ.ร.บ. สวนป่า ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2558)**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.parliament.go.th/ewtadmin/ewt/elaw_parcy/ewt_dl_link.php?nid=1547

วรเดช จันทรศร และ สมบัติ อยู่เมือง. 2545. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการบริหารภาครัฐ. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทย.

วสันต์ จันทร์แดง. 2563. การกักเก็บคาร์บอนในสังคมพืชป่าไม้ชนิดต่างๆ ณ สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา. **วารสารวนศาสตร์ไทย.** 57-70.

วิเชียร ฝอยพิกุล. 2550. **การจัดการข้อมูลพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

---. 2547. **ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วย** ArcTiew. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

ศูนย์วิจัยและพัฒนานวัตกรรมอุทยานแห่งชาติ. 2561. การประยุกต์ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ. งานวิจัยอุทยานแห่งชาติ.

สมชัย เบญจชย. 2559. **ต้นไม้ ป่าไม้กับการกักเก็บคาร์บอน.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.citizenthaipbs.net/node/4965

สมศักดิ์ สุขวงค์ และคณะ. 2559. **การวัดปริมาณการกักเก็บธาตุคาร์บอนของต้นไม้ในภูมิทัศน์โหนด นา เล.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.greenglobeinstitute.com/Upload/CarbonCreditReference/Carbon%20Measurement%20Training

สรรค์ใจ กลิ่นดาว. 2542. **ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์:หลักการเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 2 แก้ไขเพิ่มเติม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2559. **รายงานประจำปี 2559**. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สำนักจัดการที่ดินป่าไม้. 2558. **บทสรุปสำหรับผู้บริหาร** โครงการจัดทำข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ ปี พ.ศ. 2556 – 2557. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://forestinfo.forest.go.th/Content/file/executivesum56-57.pdf

สำนักนวัตกรรมไม้เศรษฐกิจ. 2559. **รายงานโครงการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกพื้นที่สวนป่าองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้**. กรุงเทพฯ: องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2565. **ตลาดคาร์บอน**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://carbonmarket.tgo.or.th./

องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้. 2559. **ประวัติองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.fio.co.th

Bennett, A. J. 2008. **Sustainable Land Use: Interdependence between Forestry and Agriculture**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา www.metla.fi/iufro/iufro95abs/key3.htm

Burrough, P.A. 1987. **Principle of Geographical Information Systems for Land Resource Assessment**. Geocarto International.

(FAO), Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2006. **Newsroom: Focus on the issues**. Italy: Forests and Climate.

(IPCC), Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Japan: InternationalPanel on Climate Change.

---. 2021. **The Physical Science Basis**. England: International Panel on Climate Change.

Jaruntorn Boonyanuphap and Issarapap Kongmeesup. 2017. Carbon Stock of Teak Plantation in Subtropical Region of Lower Northern Thailand. **Naresuan University Journal: Science and Technology (NUJST).** 24: 64-71.

Meepol Wijarn. 2010. **Carbon sequestration of mangrove forests at Ranong Biosphere Reserve**. Warasan Kan Chatkan Pa Mai.

Pinyarat Chayaporn. 2021. **Assessment of the overall carbon storage in a teak plantation in Kanchanaburi province, Thailand – Implications for carbon-based incentives**. Cleaner Environmental Syste.

The World Bank. 2022. **Carbon Pricing Dashboard**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://carbonpricingdashboard.worldbank.org

Timilsina N., Staudhammer L.C., Escobedo J., Escobedo, F. J. and Lawrence, A. 2014. Tree biomass, wood waste yield, and carbon storage changes in an urban forest. **Landscape and Urban Planning.** 127: 18–27.

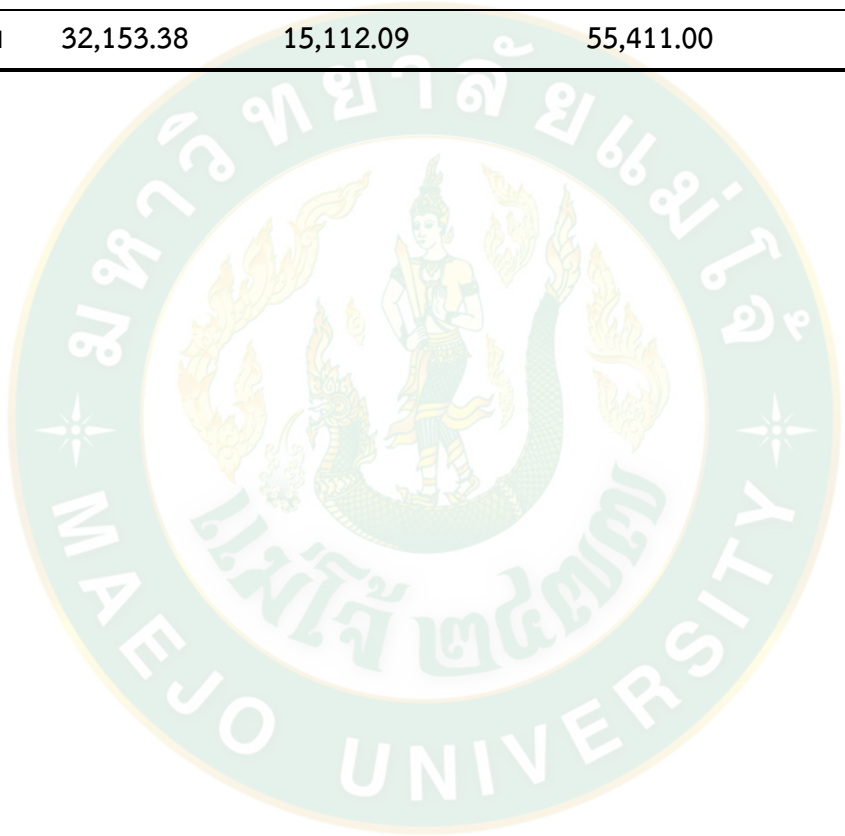
ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการปลดปล่อยออกซิเจนของไม้สัก ในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี

อายุของไม้สัก	มวลชีวภาพ (ตัน/เฮกตาร์)	การกักเก็บคาร์บอน (ตันคาร์บอน/เฮกตาร์)	ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตันคาร์บอน/เฮกตาร์)	การปลดปล่อยออกซิเจน (ตันออกซิเจน/เฮกตาร์)
1	0.12	0.06	0.21	0.15
2	2.69	1.27	4.64	3.38
3	4.20	1.97	7.23	5.26
4	10.70	5.03	18.44	13.41
5	156.43	73.52	269.57	196.05
6	343.37	161.38	591.73	430.35
7	444.20	208.78	765.51	556.73
8	621.60	292.15	1,071.22	779.07
9	880.47	413.82	1,517.35	1,103.53
10	150.54	70.76	259.44	188.68
11	890.34	418.46	1,534.35	1,115.89
12	936.00	439.92	1,613.05	1,173.12
13	1,155.41	543.04	1,991.16	1,448.12
14	1,135.08	533.49	1,956.13	1,422.64
15	1,985.48	933.18	3,421.65	2,488.47
16	1,303.32	612.56	2,246.06	1,633.50
17	2,312.50	1,086.88	3,985.22	2,898.34
18	1,682.68	790.86	2,899.82	2,108.96
19	1,234.18	580.06	2,126.90	1,546.84
28	1,313.45	617.32	2,263.51	1,646.19
30	733.88	344.92	1,264.72	919.80
32	3,087.02	1,450.90	5,319.97	3,869.07
34	1,738.56	817.12	2,996.12	2,179.00
36	1,984.81	932.86	3,420.50	2,487.63

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

อายุของไม้สัก	มวลชีวภาพ (ตัน/เฮกตาร์)	การกักเก็บคาร์บอน (ตันคาร์บอน/เฮกตาร์)	ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตันคาร์บอน/เฮกตาร์)	การปลดปล่อยออกซิเจน (ตันออกซิเจน/เฮกตาร์)
38	3,988.85	1,874.76	6,874.12	4,999.36
40	4,057.48	1,907.02	6,992.39	5,085.37
รวม	**32,153.38**	**15,112.09**	**55,411.00**	**40,298.91**



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล สโรชา ลามู

เกิดเมื่อ 13 พฤษภาคม 2541

ประวัติการศึกษา พ.ศ.2559 โรงเรียนสะเมิงพิทยาคม เชียงใหม่

พ.ศ.2563 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

ประวัติการทำงาน -

E-mail : Jippy0513@gmail.com