บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 การศึกษาการเติบโตของชนิดไม้สนพื้นเมืองและสนต่างถิ่นจำนวน 5 ชนิด

การศึกษาที่ 1 การเตรียมพื้นที่ปลูก

1. ใช้พื้นที่บริเวณหน่วยย่อยห้วยงู เพื่อสร้างแปลงทดสอบชนิดไม้สน รวมพื้นที่ทั้งหมดที่ต้องใช้ประมาณ 8.1 ไร่ โดยพื้นที่วางแปลงจะติดต่อกันทั้งหมด โดยมีขอบเขตการวางแปลงดังภาพที่ 10

ภาพที่ 10 ขอบเขตพื้นที่ สำหรับการสร้างแปลงทดสอบชนิดไม้ ในพื้นที่บริเวณหน่วยย่อยห้วยงู (พื้นที่ในสี่เหลี่ยม)

หมายเหตุ: พื้นที่สำหรับสร้างแปลงทดสอบชนิดไม้สนมีการเปลี่ยนแปลงจากเล่มรายงานการศึกษาเบื้องต้น เนื่องจากพื้นที่ใหม่ที่ถูกเลือกเป็นพื้นที่ค่อนข้างโล่ง มีไม้ใหญ่จำนวนไม่มาก ส่งผลให้การตัดต้นไม้มีน้อยลง นักวิจัยจึงเห็นสมควรเปลี่ยนพื้นที่สำหรับสร้างแปลงทดสอบชนิดไม้สนจากพื้นที่เดิมมาเป็นพื้นที่ใหม่ในปัจจุบัน เพื่อลดการสูญเสียทรัพยากรป่าไม้ การสร้างความเข้าใจให้กับชุมชน และง่ายต่อการเตรียมพื้นที่

2. การเตรียมพื้นที่ จะเริ่มดำเนินการในช่วงต้นปี (กุมภาพันธ์–เมษายน 2560) โดยตัดไม้อื่นๆ ออกยกเว้นไม้สนสองใบขนาดใหญ่ หรือทำการเจาะช่องเพื่อปลูก และดำเนินการปลูกไม้สนในช่วงต้นฤดูฝนในปี 2560

3. สำหรับต้นไม้ที่ตัดออก เพื่อเตรียมสร้างแปลงทดสอบชนิดไม้ จะนำมาทำการศึกษาเพื่อสร้างสมการประเมินมวลชีวภาพของสังคมพืชป่าเต็งรังผสมสน โดยจะทำการสร้างสมการประเมินมวลชีวภาพของชนิดไม้ที่เป็นพันธุ์ไม้เด่น 3-5 ชนิด และสมการสำหรับพันธุ์ไม้อื่นๆ ซึ่งการเก็บรวบรวม

ข้อมูลผลผลิตมวลชีวภาพจะดำเนินการ โดยทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับชิดดิน (D_0) ที่ระดับความสูงเพียงอก (DBH) และประเมินความสูงทั้งหมด จากนั้นนำค่า DBH ที่ได้มาแจกแจงความถี่จำนวน 3-5 อันตรภาคชั้น แล้วกำหนดขนาดของค่า DBH เฉลี่ย ในแต่ละอันตรภาคชั้นเป็นต้นไม้ตัวอย่างที่จะตัด เพื่อสร้างสมการประเมินมวลชีวภาพ อันตรภาคชั้นละ 3-5 ต้น หลังจากนั้นทำการตัดต้นไม้ที่มีขนาดตามกำหนดที่ระดับชิดดิน บันทึกความสูงทั้งหมด (H) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนที่ระดับชิดดิน (D_0) ที่ระดับ 0.30 เมตร. ($D_{.30}$) และยาวขึ้นไปทุกๆ 1 เมตร จนถึงปลายยอด จากนั้นทอนไม้จากที่ระดับความสูง 0.30 เมตร ขึ้นไปทุกๆ 2 เมตร ออกเป็นท่อนๆ จนถึงปลายยอด แล้วบันทึกน้ำหนักสดของลำต้น กิ่ง และใบแยกเป็นรายท่อน แล้วทำการสุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละส่วนของต้นไม้ใส่ถุงกระดาษที่เตรียมไว้ โดยแยกเป็นของตัวอย่างในแต่ละต้น บันทึกน้ำหนักสด (พร้อมทั้งจดรายละเอียดของตัวอย่างบนถุงกระดาษ) หลังจากนั้นนำตัวอย่างของส่วนต่างๆ ดังกล่าวไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่อเนื่อง 24-48 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งค่าน้ำหนักของตัวอย่างคงที่ แล้วบันทึกน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง เพื่อที่จะนำไปเปลี่ยนน้ำหนักสดของต้นไม้เป็นน้ำหนักแห้ง หรือมวลชีวภาพต่อไป

การวิเคราะห์มวลชีวภาพ

3.1 คำนวณหาร้อยละความชื้นของตัวอย่างจากสูตร

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด-น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100$$

3.2 เปลี่ยนน้ำหนักสดของต้นไม้ให้เป็นน้ำหนักแห้ง โดยอาศัยร้อยละความชื้นที่คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{น้ำหนักอบแห้ง} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสด}}{100 + \text{ร้อยละความชื้น}}$$

3.3 สร้างสมการแอลโลเมตริก (allometric equation) ตามรูปแบบสมการดังนี้

$$W = a\,(X)^b$$

$$\text{หรือ } \log W = \log a + b \log X$$

โดย W = ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Ws = ลำต้น, Wb = กิ่ง และ Wl = ใบ) (กิโลกรัม)

X = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับต่างๆ (D_0, $D_{.30}$, DBH) หรือความสูงทั้งหมด (เมตร)

b = ค่าคงที่

3.4 ทำการเลือกสมการแอลโลเมตริกที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ใกล้ 1 มากที่สุด และนำสมการมาคำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้แต่ละชนิดที่ทำการศึกษา

3.5 ปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมด (Wt) คำนวณหาได้จากการนำ Ws+Wb+Wl

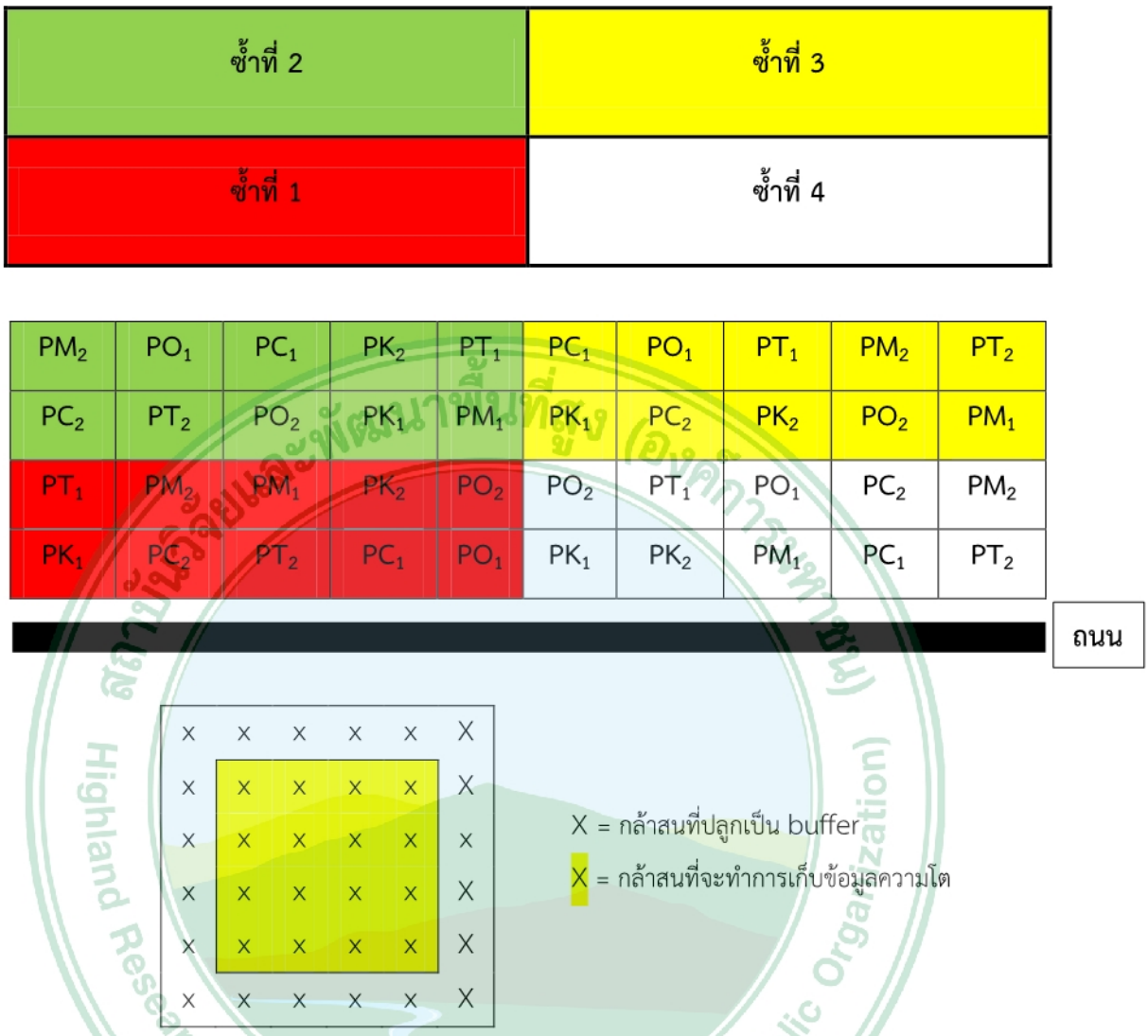
การศึกษาที่ 2 การปลูกทดสอบไม้สนและการบำรุงรักษา

1. การปลูก โดยกำหนดให้แปลงทดลองมี 4 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำใช้พื้นที่ประมาณ 2 ไร่ ทั้งนี้ในแต่ละซ้ำจะมีหน่วยทดลองจำนวน 10 หน่วยทดลอง (5 ชนิดไม้×2 ถิ่นกำเนิด/ชนิด) โดยแต่ละหน่วยทดลองจะปลูกกล้าไม้จำนวน 36 ต้น ใช้ระยะปลูก 3x3 เมตร โดยให้ต้นไม้ที่อยู่รอบนอกเป็น buffer จะทำการวัดการเติบโตต้นไม้เพียง 16 ต้น (ภาพที่ 11)

2. การบำรุงรักษา หลังจากปลูกไม้สนได้ประมาณ 1 เดือน ต้องทำการสำรวจการรอดตายและทำการกำจัดวัชพืช ถ้ามีความรุนแรงขึ้นเบียดเสียด และปกคลุมต้นสน โดยกำจัดวัชพืชอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง ทั้งนี้การกำจัดวัชพืชครั้งแรกจะทำภายหลังการปลูกไปแล้วประมาณ 1-2 เดือน และดำเนินการอีกครั้งเมื่อสิ้นสุดฤดูฝน ขึ้นอยู่กับสภาพของวัชพืชในพื้นที่ว่ามากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 1 รายชื่อไม้สน และถิ่นกำเนิดที่จะดำเนินการปลูกทดสอบ

ชนิดไม้	ถิ่นกำเนิด	ความสูงจากระดับน้ำทะเล (เมตร)
สนสามใบ	ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่	1,200
	ดอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่	1,200
สนสองใบ	บ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่	900
	ห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ	200
สนคาริเบีย	Limones (Honduras)	700
	Santa Carlos (Honduras)	350-450
สนโอคาร์ปา	Guiamaca (Honduras)	1,000
	Mal Paso (Guatemala)	1,200-1,400
สนเทคูนูมานี่	Rafael (Nicaragua)	1,100
	Yucul (Nicaragua)	900



ภาพที่ 11 ผังการปลูก กำหนดให้มี 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วย 10 หน่วยทดลอง แต่ละหน่วยทดลองปลูกต้นไม้ 36 ต้น แต่จะทำการวัดการเติบโตของต้นไม้แค่ 16 ต้น

หมายเหตุ: PK_1 คือ สนสามใบจากดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

PK_2 คือ สนสามใบจากดอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่

PM_1 คือ สนสองใบจากบ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่

PM_2 คือ สนสองใบจากห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ

PC_1 คือ สนคาริเบียจาก Limones, Hondura

PC_2 คือ สนคาริเบียจาก Santa Carlos, Honduras

PO_1 คือ สนโอคาร์ปาจาก Guiamaca, Honduras

PO_2 คือ สนโอคาร์ปาจาก Mal Paso, Guatemala

PT_1 คือ สนเทคูนูมานี่จาก Rafael, Nicaragua

PT_2 คือ สนเทคูนูมานี่จาก Yucul, Nicaragua

การศึกษาที่ 3 การตรวจสอบอัตราการรอดตาย และวัดการเติบโตของไม้สนในแปลงทดสอบ

หลังจากที่ปลูกไม้สนไปแล้ว 1 เดือน (ประมาณเดือน กค. หรือ สค. 2560) จะทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก (Diameter at root collar) ความสูงของกล้าไม้ และตรวจสอบอัตราการรอดตายในแปลงทดลอง ซึ่งหากกล้าไม้ที่ปลูกตายจะทำการปลูกซ่อมภายใน 2 เดือน นับจากวันที่ทำการปลูกและจะทำการปลูกซ่อมเพียง 1 ครั้งเท่านั้น ในส่วนของการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก (Diameter at root collar) ความสูงของกล้าไม้ และตรวจสอบอัตราการรอดตายในแปลงทดลองจะทำทุก 6 เดือน เป็นเวลา 3 ปี

3.2 การศึกษาสมบัติทางเคมี กายวิภาค และพลังงานของเนื้อไม้สนพื้นเมืองและสนต่างถิ่น จำนวน 5 ชนิด

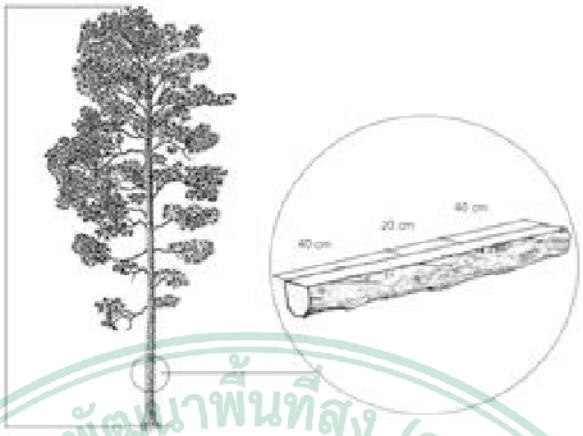
การศึกษาที่ 1 การทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของเนื้อไม้สนพื้นเมืองและสนต่างถิ่น

โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แบบ 6 กรรมวิธี ตามชนิด และอายุไม้สน จำนวน 3 ซ้ำ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ชนิดและอายุของไม้สนพื้นเมืองและสนต่างถิ่นที่ใช้ในการศึกษา

ชนิดไม้สน	อายุโดยประมาณ	หมายเหตุ
สนสองใบ	30 ปี	Grass stage 2-5 ปี
สนสามใบ	30 ปี	-
สนคาริเบีย	7-10 ปี	-
สนคาริเบีย	30 ปี	-
สนโอคาร์ปา	30 ปี	-
สนเทคูนูมานี	30 ปี	-

1. ทำการสุ่มตัดไม้สนตามแผนการทดลอง จากพื้นที่สวนป่าไม้สนของกรมป่าไม้ (สถานีวนวัฒนวิจัยอินทขิล) หรือสวนป่าของ ออป. (สวนป่าดอยบ่อหลวง) ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการตัดไม้เป็นท่อนความยาวท่อนละ 1 เมตร ที่ความสูง 1.30 เมตร (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 แผนผังการตัดไม้ เพื่อทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของไม้สนแต่ละชนิด

2. เนื้อไม้ที่ได้ทำการตัดไม้เป็นชิ้นตัวอย่าง เพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติทางเคมี

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ ใช้ไม้สนแต่ละชนิดจำนวนชนิดละ 3 ต้น โดยตัดเป็นแว่นหนาประมาณ 20 เซนติเมตร ที่ระดับความสูงเหนือระดับพื้นดิน 1.3 เมตร แล้วทำการตัดแยกย่อยเป็นชิ้นขนาดเท่าก้านไม้ขีด หลังจากนั้นทำการบดเป็นผงไม้ด้วยเครื่องบด (Hammer mill) เมื่อได้ผงไม้แล้วทำการคัดขนาดให้ผ่านเครื่องคัดขนาด (Screener) ที่ระดับ 40 เมช (Mesh)

2.2 การหาองค์ประกอบทางเคมี ผงไม้ที่ได้ถูกนำไปวิเคราะห์ปริมาณต่างๆ ดังต่อไปนี้ (1) ปริมาณขี้เถ้า T211 om-93 (2) ปริมาณการละลายในแอลกอฮอล์–เบนซิน T204 om-97 (3) ปริมาณการละลายในน้ำร้อน T207 om-93 (4) ปริมาณโฮโลเซลลูโลสใช้ตามวิธีของ Wise ที่บรรยายใน Browning, 1967หน้า 394-396 (5) ปริมาณลิกนิน, T222 om-98 และ (6) การหาปริมาณแอลฟา-เซลลูโลส T203 om-93ตามมาตรฐาน TAPPI Standard และ Browning's Method (TAPPI, 1999; Browning, 1967)

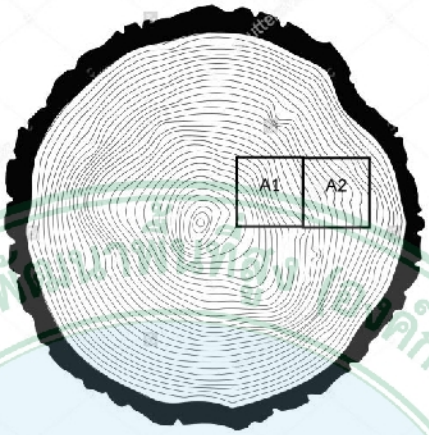
การศึกษาที่ 2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายวิภาคของเนื้อไม้สนพื้นเมืองและสนต่างถิ่น

โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยที่จะศึกษา คือ ชนิดของไม้สน 5 ชนิด

1. ทำการสุ่มตัดไม้สนทั้ง 5 ชนิด จากพื้นที่ของสถานีวนวัฒนวิจัยอินทขิล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

2. ทำการเตรียมตัวอย่าง โดยใช้ไม้สน 5 ชนิดๆ ละ 3 ต้น รวม 15 ต้น โดยตัดเป็นแว่นหนาประมาณ 20 เซนติเมตร ที่ระดับความสูง 1.3 เมตร แล้วทำการตัดชิ้นตัวอย่างที่กึ่งกลางและขอบแว่นไม้ขนาด 50x50x50 มิลลิเมตร (ภาพที่ 13) แล้วทำการแช่ในแอลกอฮอลล์ความเข้มข้น

50% แล้วนำไปตัดเป็นสไลด์ด้วยไมโครโตรม แล้วทำเป็นสไลด์ เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์



ภาพที่ 13 แผนการตัดชิ้นตัวอย่างไม้สน เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายวิภาค

3. การวัด และวิเคราะห์ลักษณะทางกายวิภาค คือ ชนิด และขนาดของเซลล์ประเภทต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ จำนวน ความยาว ความกว้าง และความหนาผนังเซลล์ของเซลล์ประเภทต่างๆ โดยใช้โปรแกรม และเทคนิคด้าน image processing (ภาพที่ 14)

ภาพที่ 14 ตัวอย่างการวัด และวิเคราะห์ทางกายวิภาคของเซลล์ประเภทต่างๆ ของไม้ใบกว้าง

การศึกษาที่ 3 การทดสอบคุณสมบัติด้านพลังงานของเนื้อไม้สนพื้นเมืองและสนต่างถิ่น

โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยที่จะศึกษา คือ ชนิดของไม้สน 5 ชนิด

1. ทำการสุ่มตัดไม้สนทั้ง 5 ชนิด จากพื้นที่ของสถานีวนวัฒนวิจัยอินทขิล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

2. ทำการเตรียมตัวอย่าง โดยใช้ไม้สน 5 ชนิดๆ ละ 3 ต้น รวม 15 ต้น โดยตัดเป็นแว่นหนาประมาณ 20 เซนติเมตร ที่ระดับความสูง 1.3 เมตรจำนวน 2 แว่น แล้วทำการย่อยแว่นไม้เป็นผงไม้ด้วยเครื่องสับไม้ บดหยาบ และบดละเอียด เพื่อทดสอบค่าพลังงาน และส่วนแว่นไม้ที่เหลือทำการเผาให้เป็นถ่านด้วยเตาเผาถ่านอิวาเตะ

3. แว่นไม้ชิ้นแรกหลังการบดเป็นผงไม้ทำการคัดขนาดให้ได้ 40-60 เมช เพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติด้านพลังงาน แว่นไม้อีกชิ้นทำการเผาให้เป็นถ่านด้วยเตาอิวาเตะด้วยอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสเมื่อได้ถ่านแล้วนำไปบดให้เป็นผงถ่านเพื่อนำไปทดสอบค่าพลังงาน

4. การทดสอบวิเคราะห์คุณสมบัติด้านพลังงานทำการทดสอบตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์ภายใต้ความร่วมมือของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (มก-ธกส) ดังต่อไปนี้ คือ ความชื้น ปริมาณคาร์บอนเสถียร ปริมาณสารระเหยได้ ปริมาณเถ้า และค่าความร้อน

3.3 การศึกษาสมบัติทางเคมี และแนวทางการใช้ประโยชน์ยางสนจากไม้สนพื้นเมืองและสนต่างถิ่นจำนวน 5 ชนิด

โดยใช้แผนการทดลองแบบ factorial in CRD 5x2x2 จำนวน 3 ซ้ำ

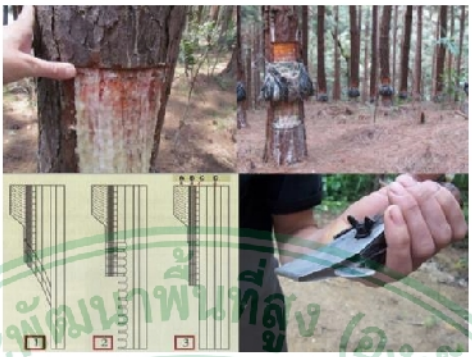
ปัจจัยแรก คือ ชนิดของไม้สน 5 ชนิด คือ สนสองใบ สนสามใบ สนคาริเบีย สนโอคาร์ปา และสนเทคูนูมานี่

ปัจจัยที่สอง คือ กรรมวิธีการเก็บยางสน 2 วิธี คือ วิธีกรีดเปลือก (bark chipping method) และแบบเจาะรู (borehole method) (ภาพที่ 15-16)

ปัจจัยที่สาม คือ สูตรการผสมสารเร่งยางสนโดยใช้ 2 สูตร คือ กรดซัลฟูริกผสมสารเร่งการเติบโต (plant growth regulator) และกรดซัลฟูริกผสมสารทดแทนอื่นๆ

1. ทำการสุ่มเลือกไม้สนอายุ 30 ปีของสนแต่ละชนิด และทำการเก็บยางสนตามแผนการทดลอง จากพื้นที่ของสถานีวนวัฒนวิจัยอินทขิล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

โดยทำการเก็บยางสนในส่วนของโคนสูงจากพื้นดินประมาณ 1.3 เมตร ลักษณะการกรีดเปลือกและเจาะรูเพื่อเก็บยางสน



ภาพที่ 15 ลักษณะการกรีดเปลือก (bark chipping method) เพื่อเก็บยางสนชนิดต่างๆ

ภาพที่ 16 ลักษณะการเจาะรู (borehole method) เพื่อเก็บยางสนชนิดต่างๆ

2. ทำการเก็บยางสน มาวัดปริมาณการเก็บทุกวันเป็นเวลาหนึ่งสัปดาห์ ยางสนที่เก็บได้ทำการเก็บรักษายางสนในภาชนะบรรจุ เพื่อรอการทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน ASTM D233 (Method of Sampling and Testing of Turpentine) (ASTM, 1999) และใช้ GC-MS เพื่อทดสอบลักษณะพื้นฐานทางเคมี ยางสนจากไม้แต่ละชนิดจะถูกประเมินการใช้ประโยชน์ต่างๆ เพื่อกลั่นเป็นน้ำมันสน และชันสน แล้วทำการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของน้ำมันสน และชันสนตามมาตรฐานโดยใช้ GC-MSเพื่อทดสอบลักษณะพื้นฐานทางเคมี

3. ศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์ยางสนของไม้สนแต่ละชนิด

3.4 การศึกษาระบบวนวัฒน์วิธีในการจัดการไม้สนพื้นเมือง/ต่างถิ่น

การศึกษาที่ 1 การจัดการไม้สนพื้นเมือง

1. การวิเคราะห์ปริมาณ กำลังผลิต และสุขภาพของไม้สนสองใบ

1.1 ดำเนินการสำรวจพื้นที่ป่าสนบริเวณหน่วยย่อยห้วยงู จากแปลงสำรวจระยะ 100×100 เมตร ที่กระจายทั่วพื้นที่ศึกษา จำนวน 33 แปลง โดยแปลงวงกลมรัศมี 17.84 เมตร ทำการสำรวจไม้สนที่ถูกเผาทำลายเก็บยางสน โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูงจากพื้นดินขึ้นมา 1.30 เมตร (DBH) และความสูง รวมทั้งบันทึกข้อมูลสุขภาพไม้สน เช่น แผลของการถูกทำลายจากการเก็บไม้เกี๊ยะ โดยวัดขนาดความกว้าง ความยาว และความลึก ของไม้สนแต่ละต้น ประเมินความรุนแรงของบาดแผล และความเสี่ยงที่จะหักโค่น ลักษณะของเรือนยอดฯ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินสุขภาพไม้สนบริเวณหน่วยย่อยห้วยงู

1.2 ทำการคัดเลือกต้นไม้ตัวอย่าง เพื่อเจาะไส้ไม้ตัวอย่างมาวิเคราะห์การเติบโตตามหลักรุกขกาลวิทยา (Dendrochronology) จำนวนอย่างน้อย 17 ต้นทั่วทั้งพื้นที่ โดยมีหลักในการเลือกตัวอย่างไม้สนในแต่ละต้น คือ มีลักษณะเรือนยอดสมบูรณ์ ลำต้นเปลาตรง ไม่มีพูพอน หรือความผิดปกติมากนัก และถูกรบกวนจากปัจจัยภายนอกน้อย เช่น ไฟป่า หรือปัจจัยอื่นๆ

1.3 การเก็บไส้ไม้ตัวอย่าง (Sample cores)

1.3.1 ใช้สว่านเจาะวัดความเพิ่มพูน เจาะจากเปลือกไม้จนถึงแก่นไม้ (pith) โดยในแต่ละต้นเก็บตัวอย่างอย่างน้อย 2 ครั้ง ในทิศตั้งฉากกัน พยายามเจาะที่ระดับเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก โดยให้อยู่เหนือตำหนิ และพูพอน โดยจำเป็นต้องเก็บในทิศตั้งฉากกับทิศด้านลาด เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากไม้ปฏิกิริยา (reaction wood)

1.3.2 นำไส้ไม้ที่ได้เก็บไว้ในหลอดพลาสติก และเขียนรหัสกำกับไว้ โดยกำหนดให้ตัวอักษรสองตำแหน่งแรก แทน พื้นที่ศึกษา ตัวอักษรสองตำแหน่งถัดไป แทน ชนิดไม้ที่เก็บตัวอย่าง และตัวเลข แทน ลำดับต้นที่ทำการเจาะวัดความเพิ่มพูน ตัวอักษรสุดท้าย แทน ทิศที่ทำการเจาะ โดยตัวอักษร E, W, N, S แทน ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก ทิศเหนือ และทิศใต้ ตามลำดับ

1.4 การเตรียมตัวอย่าง และการวัดความกว้างของวงปีต้นไม้

1.4.1 เตรียมไส้ไม้ตัวอย่าง (Sample Core) ที่บรรจุในหลอดพลาสติกออกมาผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง และติดไส้ไม้ตัวอย่างด้วยกาวไว้บนร่องของแท่นรองรับไม้ที่จัดเตรียมไว้สำหรับยึดไส้ไม้ตัวอย่างให้แน่น โดยให้ด้านตัดขวาง (Transverse Section) ขึ้นด้านบน และให้ไส้ไม้ตัวอย่างอยู่เหนือแท่นรองรับไม้ประมาณ 1 ใน 2 ส่วน ทำการเขียนรหัสกำกับ และยึดแท่งไม้ตัวอย่าง

กับแท่นรองรับไม้อีกครั้งด้วยการนำกระดาษกาวพันรอบตัวอย่าง เพื่อยึดให้แน่น ปล่อยทิ้งไว้ให้กาวแห้งที่อุณหภูมิห้องประมาณ 2-3 วัน

1.4.2 นำไส้ไม้ตัวอย่างไปขัดด้วยเครื่องขัดกระดาษทราย โดยดำเนินการเปลี่ยนจากกระดาษทรายหยาบไปละเอียดจนเห็นลักษณะวงปีชัด โดยขั้นตอนการใช้ประเภทของเครื่องขัดกระดาษทราย และเบอร์ของกระดาษทรายมีขั้นตอนดังนี้

1.4.3 ขัดเปิดหน้าไม้ ด้วยเครื่องขัดแบบ Belt Sander โดยใช้กระดาษทรายเบอร์ 120

1.4.4 ขัดเพื่อเพิ่มความชัดเจนของวงปี ด้วยเครื่องขัดแบบ Rotary Sander โดยใช้กระดาษทรายเบอร์ 220, 320, 400, 600, 800 และ 1000 ตามลำดับ

1.4.5 นำไส้ไม้ที่เตรียมไว้มาใช้เทคนิค Cross Matching และ Crossdating ด้วยตา และทำเครื่องหมายด้วยการทำจุดจำนวน 1, 2 และ 3 จุดเมื่อจำนวนที่ที่นับครบ 10, 50 และ 100 ปี ตามลำดับ รวมทั้งเขียนปี พ.ศ. ไว้บนไม้ยึดตัวอย่าง เพื่อง่ายในการตรวจสอบจำนวน และความกว้างของวงปีซ้ำภายหลัง

1.4.6 วัดความกว้างวงปีไม้ โดยใช้เครื่องมือวัดความกว้างวงปีไม้ชนิด Velmex Measuring System ที่มีความละเอียดในการวัดถึง 0.001 มิลลิเมตร และกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยาย 4-40 เท่า โดยแสดงผลการวัดที่คอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม J2X

1.4.7 นำข้อมูลความกว้างวงปีไม้สนที่ได้มาตรวจสอบความถูกต้องของปี พ.ศ. แต่ละวงปี โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป COFECHA (Holmes, 1983)

1.5 การวิเคราะห์กำลังผลิตของไม้สน

นำค่าความกว้างของวงปี หรือความเพิ่มพูนรายปี (Current Annual Increment, CAI) ที่ได้จากการวิเคราะห์วงปีไม้มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์กับเวลา หรืออายุที่ไม้สนเติบโต และแปลงความกว้างวงปีเป็นข้อมูลความเพิ่มพูนทางเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอก หลังจากนั้นจึงวิเคราะห์ตัวแบบ (model) การเติบโตที่เหมาะสมปริมาณ และกำลังผลิตของไม้สน โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) และการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (time series analysis) แล้วนำตัวแบบที่ได้จัดทำวิเคราะห์ปริมาตรและผลผลิตไม้สน

2. การศึกษาการเจริญทดแทนของไม้สนสองใบ

2.1 คัดเลือกพื้นที่ป่าสนบริเวณหน่วยย่อยห้วยงูที่มีความหนาแน่นของไม้สนสองใบตามธรรมชาติแตกต่างกัน ได้แก่ บริเวณที่มีไม้สนหนาแน่นมาก ซึ่งมีความหนาแน่นของไม้สนอยู่

ระหว่าง 61-90 ต้นต่อไร่ และบริเวณที่มีความหนาแน่นน้อย ซึ่งมีความหนาแน่นของไม้สนอยู่ระหว่าง 1-30 ต้นต่อไร่ โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการศึกษาในปีที่ 1 ทั้งสิ้น 33 แปลง โดยเลือกแปลงที่มีความหนาแน่นของไม้สนมากที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ แปลงที่ 15, 13 และ 25 ซึ่งมีความหนาแน่นของไม้สน เท่ากับ 80, 78.4 และ 70.4 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ และแปลงที่มีความหนาแน่นของไม้สนน้อยที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ แปลงที่ 10, 42 และ 23 ซึ่งมีความหนาแน่นของไม้สน 6.4, 8 และ 11.2 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

2.2 ในแต่ละบริเวณจะวางแปลงขนาด 40x40 เมตร พื้นที่ละ 3 ซ้ำ โดยภายในแต่ละแปลงจะแบ่งเป็นแปลงขนาด 10x10 เมตร จำนวน 16 แปลงย่อย ภายในแปลง 10x10 เมตร วัดไม้สนทุกต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 4.5 เซนติเมตร และทำการถ่ายภาพเรือนยอดเพื่อวิเคราะห์การปกคลุมเรือนยอด

2.3 ภายในแปลงขนาด 10x10 เมตร วางแปลงย่อยขนาด 4x4 และ 1x1 เมตร เพื่อวัดไม้รุ่น (Sapling) และลูกไม้ (seedling) ของไม้สนสองใบ ตามลำดับ โดยติดแท็กที่ไม้รุ่นและลูกไม้ทุกต้นจากนั้นวัดความโต ความสูง และติดตามการเติบโตรายปี

2.4 นำข้อมูลไม้รุ่น (Sapling) และกล้าไม้ (Seedling) มาวิเคราะห์การเจริญทดแทนในเบื้องต้น ได้แก่ ความหนาแน่น ขนาดความโตเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย การกระจายตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และพิจารณาร่วมกับข้อมูลไม้สนในแปลง เพื่อวิเคราะห์สถานภาพของการทดแทนตามธรรมชาติไม้สนที่มีอยู่ในพื้นที่สำหรับการวางแผนการจัดการ

2.5 นำข้อมูลกำลังผลิตของไม้สน สุขภาพ และการทดแทนตามธรรมชาติมาเป็นเกณฑ์เพื่อการวางแผนเสนอแนวทางการจัดการไม้สนในพื้นที่ห้วยงูด้วยการ improvement cutting หรือ salvage cutting

การศึกษาที่ 2 การตัดขยายระยะของไม้สนต่างถิ่น

1. วางแปลงศึกษาไม้สนคาริเบีย เพื่อศึกษาวนวัฒน์วิธี โดยมุ่งเน้นเรื่องการตัดขยายระยะโดยวิธี low thinning ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาจากขนาดพื้นที่หน้าตัด โดยแต่ละระดับของการตัดขยายระยะจะวางแปลงขนาด 20x20 เมตร อย่างละ 4 ซ้ำ โดยจะทำการศึกษาทดลองตัดในพื้นที่ของสถานีวนวัฒนวิจัยอินทขิล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

2. ในแต่ละแปลงติดแท็กที่ต้นไม้ทุกต้น จากนั้นวัดความโต ความสูง ขนาดเรือนยอดแต่ละต้น จากนั้นวัดการปกคลุมเรือนยอดในแปลง โดยการถ่ายภาพเรือนยอด เพื่อวิเคราะห์การปกคลุมเรือนยอด และดัชนีพื้นที่ผิวใบก่อนทำการตัดขยายระยะ

3. วิเคราะห์ขนาดพื้นที่หน้าตัดของในแปลง และภาพถ่ายเรือนยอด เพื่อกำหนดต้นที่จะตัดออกจากระดับความเข้มข้นที่ตั้งไว้ วิเคราะห์ขนาดความโต ความสูง ความหนาแน่น การกระจายตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง ก่อนที่จะทำการตัดขยายระยะ

4. ทำการตัดสางขยายระยะไม้ตามแผนการทดลองที่วางไว้ จากนั้นวัดการปกคลุมเรือนยอดในแปลง โดยการถ่ายภาพเรือนยอด เพื่อวิเคราะห์การปกคลุมเรือนยอด และดัชนีพื้นที่ผิวใบหลังทำการตัดขยายระยะ

5. ติดตามวัดการเติบโตของไม้สนที่เหลือในแปลงอย่างต่อเนื่องทุกปี

3.5 สถานที่ดำเนินการวิจัย

3.5.1 พื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ (หน่วยย่อยห้วยงู) อำเภอกัลยาณิวัฒนา จังหวัดเชียงใหม่

3.5.2 พื้นที่ของสถานีวนวัฒนวิจัยอินทขิล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่