

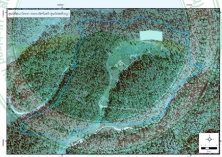
บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

4.1 การศึกษาการเติบโตของชนิดไม้ในพื้นที่เมืองและชนต่างถิ่นจำนวน 5 ชนิด

การศึกษาที่ 1 ลักษณะพื้นที่บริเวณแปลงทดสอบชนิดไม้ในพื้นที่เมืองและชนต่างถิ่น

พื้นที่ที่คัดเลือกไว้สำหรับการปลูกทดสอบชนิดไม้ในพื้นที่เมือง และชนต่างถิ่นตั้งอยู่ในบริเวณหน่วยย่อยห้วยจรูญ โดยมีพื้นที่ทั้งหมดที่จัดให้เป็นบริเวณ 8.1 ไร่ (ภาพที่ 17 และภาพที่ 18) และกำหนดจุดสำหรับการสร้างแปลงทดลองวางที่ 5 ซึ่งเป็นพื้นที่ที่นักวิจัยได้ทำการคัดเลือกใหม่แทนพื้นที่เดิมเนื่องจากพื้นที่ใหม่ที่ถูกเลือกเป็นพื้นที่ค่อนข้างโล่ง มีไม้ใหญ่จำนวนมาก ส่งผลให้การตัดต้นไม้มีน้อยลง นักวิจัยจึงเห็นสมควรเปลี่ยนพื้นที่สำหรับสร้างแปลงทดสอบชนิดไม้ในพื้นที่เดิมมาเป็นพื้นที่ใหม่ในปัจจุบัน เพื่อลดการสูญเสียทรัพยากรป่าไม้ การสร้างความเข้าใจให้กับชุมชนและถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับพื้นที่



ภาพที่ 17 ขอบเขตพื้นที่ สำหรับการสร้างแปลงทดสอบชนิดไม้ในพื้นที่เมือง และชนต่างถิ่นในพื้นที่บริเวณหน่วยย่อยห้วยจรูญ



ภาพที่ 18 พื้นที่บริเวณหน่วยย่อยหัวขลุ่ยที่จะสร้างแปลงทดสอบชนิดไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น

ตารางที่ 3 ขอบเขตแปลงทดสอบชนิดไม้

จุดที่	จุดพิกัด x	จุดพิกัด y
1	429778	2107775
2	429780	2107813
3	429776	2107849
4	429732	2107856
5	429685	2107862
6	429630	2107860
7	429597	2107854
8	429604	2107782
9	429641	2107786
10	429689	2107788

1. สภาพภูมิประเทศของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์

มีลักษณะเป็นภูเขาสลับซับซ้อนทางด้านตะวันตก เหนือ และตะวันออกของพื้นที่ มีแอ่งที่ราบอยู่บริเวณตอนกลาง และตอนใต้ของพื้นที่ โดยรวมพื้นที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 900-1,600 เมตร

2. สภาพภูมิอากาศของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์มีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 19.00 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 7.10 องศาเซลเซียส ในเดือนธันวาคม และมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 37.40 องศาเซลเซียส มีปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปีประมาณ 1,225 มิลลิเมตร

3. ลักษณะโครงสร้างป่าในพื้นที่สร้างแปลงทดสอบชนิดไม้ชนิดที่ได้ทำการคัดเลือกใหม่

จากการวางแผนแปลงตัวอย่างเบื้องต้น พบว่า ในพื้นที่เพื่อเตรียมการสร้างแปลงปลูกทดสอบมีสภาพเป็นป่าเต็งรังผสมสน (pine-dipterocarp forest) ที่มีไม้สนสองใบใบไม้เด่นพบไม้ยืนต้นจำนวน 86 ต้นต่อไร่ 11 ชนิด 9 วงศ์ โดยพรรณไม้ที่พบมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) สนสองใบ (*Pinus merkusi* Jungh. & de Wiese) และรัก (*Calotrops gigantea* R. Br.) มีจำนวนต้นที่พบ เท่ากับ 33, 28 และ 15 ต้นต่อไร่ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 รายชื่อไม้ยืนต้นที่พบบริเวณแปลงปลูกทดสอบชนิดไม้ยืนต้นเมือง และสวนต่างอื่น

ลำดับที่	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อวงศ์	จำนวน ต้นที่พบ ต่อไร่
1	ยางเหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Telism. ex Miq.	DIPTEROCARPACEAE	33
2	สนสองใบ	<i>Pinus merkusii</i> Jungh. & de Vriese	PINACEAE	28
3	รัก	<i>Calotropis gigantea</i> R. Br.	ANACARDIACEAE	15
4	ก่อหิน	<i>Lithocarpus elegans</i> Hatus. ex Soepadma	FAGACEAE	2
5	เม้าขปลง	<i>Antidesma ghaesembilla</i> Gaertn	STILAGINACEAE	2
6	กอยทะเล	<i>Quercus kerrii</i> Craib	FAGACEAE	1
7	แมงกวา	<i>Wendlandia tinctoria</i> A. DC.	RUBIACEAE	1
8	โค้ว	<i>Glochidion daltonii</i> Kurz	EUPHORBIACEAE	1
9	มะคังแดง	<i>Gardenia erythroclada</i> Kurz	RUBIACEAE	1
10	ฮ้อยจีน	<i>Engelhardtia serrate</i> BL.	THEACEAE	1
11	คาลี่เคอ	<i>Craibiodendron stellatum</i> (Pierre) W. W. Sm.	ERICACEAE	1
รวม				86

4. ความหนาแน่นของต้นไม้ในพื้นที่สร้างแปลงทดสอบชนิดไม้ยืนต้นที่ได้ทำการคัดเลือกใหม่

ความหนาแน่นของต้นไม้ พบว่า ไม้ยืนต้นบริเวณแปลงปลูกทดสอบชนิดไม้ยืนต้นเมือง และสวนต่างอื่นมีความหนาแน่น (density) เท่ากับ 538 ต้นต่อเฮกตาร์ หรือ 86 ต้นต่อไร่

5. ลักษณะทางปฐพีวิทยาบางประการ

5.1 เนื้อดิน จากตัวอย่างดินที่เก็บจากแปลงสำรวจในพื้นที่ พบว่า มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) และดินทรายปนดินร่วน (loamy sand)

5.2 ค่าปฏิกิริยาดิน (soil pH) จากตัวอย่างดินที่เก็บจากแปลงสำรวจในพื้นที่ พบว่า ดินในแปลงตัวอย่างมีความเป็นกรดปานกลาง (moderate acid) อยู่ในช่วง 5.6-6.0 และกรดจัด (strongly acid) อยู่ในช่วง 5.1-5.5

5.3 ระดับของอินทรีย์วัตถุ จากตัวอย่างดินที่เก็บจากแปลงสำรวจในพื้นที่ พบว่า ระดับของอินทรีย์วัตถุมีระดับปานกลาง ค่อนข้างสูง และสูง โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 1.5-2.5, 2.5-3.5 และ 3.5-4.5 ตามลำดับ

5.4 ฟอสฟอรัส พบว่า ระดับของฟอสฟอรัสในดินมีระดับปานกลาง และสูง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 11-15 และ 16-45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

5.5 โพแทสเซียม พบว่า ระดับของโพแทสเซียมในดินมีระดับต่ำมาก ต่ำ และปานกลาง โดยมีค่า เท่ากับ <30, 30-60 และ 61-90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

5.6 แคลเซียม พบว่า ระดับของแคลเซียมในดินมีระดับต่ำ ปานกลาง และสูง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 50-85, 86-150 และ 151-2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

5.7 แมกนีเซียม พบว่า ระดับของแมกนีเซียมในดินมีระดับต่ำมาก ปานกลาง และสูง โดยมีค่า เท่ากับ <25, 25-50 และ 51-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

5.8 ความหนาแน่นรวมของดิน พบว่า ระดับของค่าความหนาแน่นดินมีความร่วนซุยปานกลาง และร่วนซุยมาก โดยมีค่า เท่ากับ 1.4-1.6 และ ≤ 1.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

การศึกษาที่ 2 การเตรียมพื้นที่ปลูก

การเตรียมพื้นที่ปลูกมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ตัดต้นไม้ที่มีขนาดเล็กลอกจากแปลง
2. ทำการไถครั้งที่ 1 พลิกดิน และตากแดด เพื่อทำลายส่วนของราก
3. ทำการไถครั้งที่ 2 เพื่อทำให้ดินมีความร่วนซุยมากขึ้น และทำให้หน้าดินเรียบ

สำหรับต้นไม้ที่ตัดออก เพื่อเตรียมสร้างแปลงทดสอบรูปสี่เหลี่ยม นักวิจัยได้นำมาทำการศึกษาเพื่อสร้างสมการประเมินมวลชีวภาพ โดยอาศัยตัวแปรอิสระต่างๆ ประกอบด้วย D²H, D, H และ DH ทั้งนี้ได้ทำการศึกษาในปี 2 ขวบ คือ สุนสองปี และยางเหียง ผลการศึกษาพบว่า สมการมวลชีวภาพส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระต่างๆ ค่อนข้างสูง กล่าวคือ มีค่า R² เข้าใกล้ 1 ยกเว้นสมการมวลชีวภาพของใบสนกับ H ที่มีค่า R² ค่อนข้างต่ำ คือ มีค่าประมาณ 0.3 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สมการมวลชีวภาพของส่วนลำต้น กิ่ง ใบ และมวลชีวภาพรวมของสนสองใบ และยางเหียง ที่สร้างโดยอาศัยตัวแปรอิสระต่างๆ

ชนิด	ตัวแปรอิสระ	สมการมวลชีวภาพของลำต้น	สมการมวลชีวภาพของกิ่ง	สมการมวลชีวภาพของใบ	สมการมวลชีวภาพรวม
สนสองใบ	D+H	$0.0551(D)^{0.8808}, R^2 = 0.9806$	$0.0009(D)^{1.3411}, R^2 = 0.9108$	$0.0213(D)^{0.9918}, R^2 = 0.8554$	$0.0601(D)^{0.994}, R^2 = 0.9749$
	D	$0.1569(D)^{0.774}, R^2 = 0.8815$	$0.0026(D)^{1.194}, R^2 = 0.8610$	$0.0415(D)^{0.807}, R^2 = 0.8762$	$0.1277(D)^{1.2456}, R^2 = 0.9023$
	H	$0.0689(H)^{0.8582}, R^2 = 0.7002$	$0.0013(H)^{1.2912}, R^2 = 0.5934$	$0.0828(H)^{0.6053}, R^2 = 0.3932$	$0.0576(H)^{1.2987}, R^2 = 0.6885$
	DH	$0.0347(DH)^{0.779}, R^2 = 0.9743$	$0.0003(DH)^{2.2547}, R^2 = 0.906$	$0.0176(DH)^{0.2794}, R^2 = 0.8054$	$0.0243(DH)^{0.3812}, R^2 = 0.9833$
ยางเหียง	D+H	$0.0166(D)^{0.7216}, R^2 = 0.9680$	$0.0009(D)^{0.2092}, R^2 = 0.90628$	$0.0196(D)^{0.61888}, R^2 = 0.8701$	$0.0199(D)^{0.70802}, R^2 = 0.9736$
	D	$0.0079(D)^{0.8287}, R^2 = 0.9579$	$0.0003(D)^{1.016}, R^2 = 0.9377$	$0.0103(D)^{0.6542}, R^2 = 0.9162$	$0.0089(D)^{1.2294}, R^2 = 0.9739$
	H	$0.0945(H)^{0.6880}, R^2 = 0.9256$	$0.0097(H)^{0.3989}, R^2 = 0.800$	$0.0729(H)^{0.5790}, R^2 = 0.7934$	$0.1233(H)^{0.6706}, R^2 = 0.9135$
	DH	$0.0253(DH)^{0.3861}, R^2 = 0.9638$	$0.0017(DH)^{1.7822}, R^2 = 0.8836$	$0.0276(DH)^{0.8178}, R^2 = 0.8412$	$0.0311(DH)^{0.2883}, R^2 = 0.9645$

หมายเหตุ: D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น, H คือ ความสูง และ R^2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด

การศึกษาที่ 3 การเตรียมกล้าไม้สนสำหรับปลูกทดสอบ

การเตรียมกล้าไม้สนสำหรับสร้างแปลงทดลอง ได้ทำการหว่านเมล็ดในแปลงเพาะ ณ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้บ้านวัดจันทร์ ในช่วงปลายเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559 และทำการย้ายชำลงในถุงเพาะชำเมื่อวันที่ 4 มกราคม พ.ศ. 2560 โดยมีกล้าไม้ที่ย้ายชำมากกว่า 500 ต้นต่อถาดถาดหนึ่ง ทั้งนี้ได้ทำการทดสอบการงอกของเมล็ดไม้สน และรายงานผลไปแล้วในปี พ.ศ. 2559 สำหรับปีนี้นักวิจัยได้ทำการศึกษาดัชนีการรอดตาย และการเติบโตทางด้านความสูงของกล้าไม้สน โดยมีผลการศึกษา ดังนี้

1. อัตราการรอดตายของกล้าไม้สนในเรือนเพาะชำแสดงดังตารางที่ 6

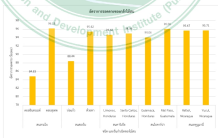
1.1 กล้าไม้สนสามใบจากถิ่นกำเนิดคลองอินทนนท์ และถิ่นกำเนิดคลองสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ มีอัตราการรอดตายร้อยละ 84.83 และร้อยละ 95.18 ตามลำดับ

1.2 กล้าไม้สนสองใบจากถิ่นกำเนิดบ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ และถิ่นกำเนิดห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ มีอัตราการรอดตายร้อยละ 88.44 และร้อยละ 95.42 ตามลำดับ

1.3 กล้าไม้สนสาริเบือจากถิ่นกำเนิด Limones (Honduras) และถิ่นกำเนิด Santa Carlos (Honduras) มีอัตราการรอดตายร้อยละ 94.66 และร้อยละ 94.98 ตามลำดับ

1.4 กล้าไม้สนโอคาร์ปาจากถิ่นกำเนิด Guaimaca (Honduras) และถิ่นกำเนิด Mal Paso (Guatemala) มีอัตราการรอดตายร้อยละ 94.06 และร้อยละ 96.06 ตามลำดับ

1.5 กล้าไม้สนเพคูมานีจากถิ่นกำเนิด Rafael (Nicaragua) และถิ่นกำเนิด Yucul (Nicaragua) มีอัตราการรอดตายร้อยละ 95.67 และร้อยละ 95.71 ตามลำดับ (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 อัตราการรอดตายของกล้าไม้สนแต่ละชนิด และแต่ละถิ่นกำเนิด

2. การเติบโตทางด้านความสูงของก้านไม้สนในเรือนเพาะชำแสดงดังตารางที่ 6

2.1 ก้านไม้สนสามใบจากถิ่นกำเนิดตอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ อายุ 1 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 3 เซนติเมตร อายุ 2 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 3.2 เซนติเมตร อายุ 3 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 6 เซนติเมตร อายุ 4 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 7.9 เซนติเมตร และอายุ 5 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 9.8 เซนติเมตร

2.2 ก้านไม้สนสามใบจากถิ่นกำเนิดตอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ อายุ 1 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 3 เซนติเมตร อายุ 2 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 3.4 เซนติเมตร อายุ 3 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 6.5 เซนติเมตร อายุ 4 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 7.8 เซนติเมตร และอายุ 5 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 9.2 เซนติเมตร (ภาพที่ 20 และภาพที่ 25)

2.3 ก้านไม้สนสองใบจากถิ่นกำเนิดบ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ อายุ 1 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 3 เซนติเมตร อายุ 2 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 3.3 เซนติเมตร อายุ 3 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 6.2 เซนติเมตร อายุ 4 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 6.3 เซนติเมตร และอายุ 5 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 6.3 เซนติเมตร ในปัจจุบันสนสองใบเข้าสู่ระยะสภาพหญ้า (grass stage) นั้นหมายถึงในระยะ 1-2 ปี สนสองใบจะไม่สูงเพิ่มขึ้น

2.4 ก้านไม้สนสองใบจากถิ่นกำเนิดห้วยขา จังหวัดศรีสะเกษ อายุ 1 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 3.1 เซนติเมตร อายุ 2 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 3.2 เซนติเมตร อายุ 3 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 6 เซนติเมตร อายุ 4 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 6.2 เซนติเมตร และอายุ 5 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 6.3 เซนติเมตร ในปัจจุบันสนสองใบเข้าสู่ระยะสภาพหญ้า (grass stage) นั้นหมายถึงในระยะ 1-2 ปี สนสองใบจะไม่สูงเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 21 และภาพที่ 25)

2.5 ก้านไม้สนควีนเบียจากถิ่นกำเนิด Limones (Honduras) อายุ 1 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 4 เซนติเมตร อายุ 2 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 4 เซนติเมตร อายุ 3 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 11 เซนติเมตร อายุ 4 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 11.3 เซนติเมตร และอายุ 5 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 11.6 เซนติเมตร

2.6 ก้านไม้สนควีนเบียจากถิ่นกำเนิด Santa Carlos (Honduras) อายุ 1 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 6 เซนติเมตร อายุ 2 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 6.1 เซนติเมตร อายุ 3 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 10 เซนติเมตร อายุ 4 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 12.2 เซนติเมตร และอายุ 5 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 14.4 เซนติเมตร (ภาพที่ 22 และภาพที่ 25)

2.7 กล้าไม้สนไฮคาร์ปาจากอินก้าเบต Guamaca (Honduras) อายุ 1 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 5 เซนติเมตร อายุ 2 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 5 เซนติเมตร อายุ 3 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 8.5 เซนติเมตร อายุ 4 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 10.2 เซนติเมตร และอายุ 5 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 11.9 เซนติเมตร

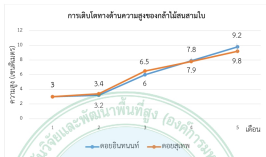
2.8 กล้าไม้สนไฮคาร์ปาจากอินก้าเบต Mal Paso (Guatemala) อายุ 1 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 3 เซนติเมตร อายุ 2 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 3.5 เซนติเมตร อายุ 3 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 6 เซนติเมตร อายุ 4 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 8.2 เซนติเมตร และอายุ 5 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 10.5 เซนติเมตร (ภาพที่ 23 และภาพที่ 25)

2.9 กล้าไม้สนเทศูมानीจากอินก้าเบต Rafael (Nicaragua) อายุ 1 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 4 เซนติเมตร อายุ 2 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 4.1 เซนติเมตร อายุ 3 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 7.5 เซนติเมตร อายุ 4 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 10.6 เซนติเมตร และอายุ 5 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 13.7 เซนติเมตร

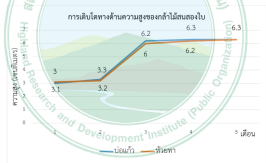
2.10 กล้าไม้สนเทศูมानीจากอินก้าเบต Yucul (Nicaragua) อายุ 1 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 3 เซนติเมตร อายุ 2 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 3.3 เซนติเมตร อายุ 3 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 9 เซนติเมตร อายุ 4 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 15.3 เซนติเมตร และอายุ 5 เดือน มีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 21.6 เซนติเมตร (ภาพที่ 24 และภาพที่ 25)

ตารางที่ 6 อัตราการรอดตาย และการเติบโตทางด้านความสูงของเด็กอายุ 5 ปีขึ้นไปในเรือนเพาะชำ

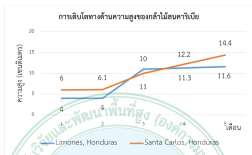
ชนิดไม้	ถิ่นกำเนิด	อัตราการรอดตาย (ร้อยละ)	การเติบโตทางด้านความสูง (เซนติเมตร)					
			เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4	เดือนที่ 5	เฉลี่ย
สนสามใบ	คลองอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่	84.83	3	3.2	6	7.9	9.8	5.98
	คลองสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่	96.18	3	3.4	6.5	7.8	9.2	5.98
สนสองใบ	ปอแก้ว จังหวัดเชียงใหม่	88.44	3	3.3	6.2	6.3	6.3	5.02
	หัวพา จังหวัดศรีสะเกษ	95.42	3.1	3.2	6	6.2	6.3	4.96
สนคางคก	Limones (Honduras)	94.66	4	4	11	11.3	11.6	8.38
	Santa Carlos (Honduras)	94.98	6	6.1	10	12.2	14.4	9.74
สนโศคาร์ปา	Guamaca (Honduras)	94.06	5	5	8.5	10.2	11.9	8.12
	Mali Paso (Guatemala)	96.06	3	3.5	6	8.2	10.5	6.24
สนเทศุนา	Rafael (Nicaragua)	95.67	4	4.1	7.5	10.6	13.7	7.98
	Yucul (Nicaragua)	95.71	3	3.3	9	15.3	21.6	10.44



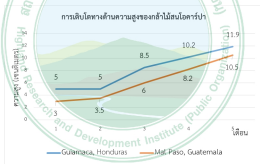
ภาพที่ 20 การเติบโตทางด้านความสูงของกล้าไม้สนสามใบ



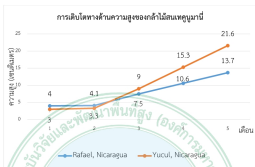
ภาพที่ 21 การเติบโตทางด้านความสูงของกล้าไม้สนสองใบ



ภาพที่ 22 การเติบโตทางด้านความสูงของลำไม้สนคาร์บี



ภาพที่ 23 การเติบโตทางด้านความสูงของลำไม้สนโอคาร์ปา



ภาพที่ 24 การเติบโตทางด้านความสูงของกล้าไม้สนเทศูมามี



ภาพที่ 25 กล้าไม้สนชนิดต่างๆ เมื่ออายุ 5 เดือน

นอกจากการศึกษาร้อยการรอดตาย และการเติบโตทางด้านความสูงของกล้าไม้สนแล้ว นักวิจัยยังได้ทำการศึกษา root/shoot ratio ของกล้าไม้สน (ภาพที่ 26) โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ root/shoot ratio ของกล้าไม้สนในมิติของน้ำหนัก และในมิติของความยาวได้ผลการศึกษา ดังนี้

1. root/shoot ratio ของกล้าไม้สนในมิติของน้ำหนัก

จากการศึกษาพบว่า root/shoot ratio ของกล้าไม้สนทั้ง 5 ชนิด จาก 10 ถิ่นกำเนิดในมิติของน้ำหนักมีค่าอยู่ในช่วง 1.05-3.66 (ตารางที่ 7) ทั้งนี้สนคาริเบียงจากถิ่นกำเนิด Limones (Hondura) มีค่า root/shoot ratio มากที่สุด ขณะที่สนสองใบจากถิ่นกำเนิดห้วยผา จังหวัดศรีสะเกษมีค่า root/shoot ratio น้อยที่สุด

2. root/shoot ratio ของกล้าไม้สนในมิติของความยาว

จากการศึกษาพบว่า root/shoot ratio ของกล้าไม้สนทั้ง 5 ชนิด จาก 10 ต้นกำเนิดในมิติของความยาวมีค่าอยู่ในช่วง 1.02-3.54 (ตารางที่ 7) ทั้งนี้สนสองใบจากต้นกำเนิด บ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่มีค่า root/shoot ratio มากที่สุด ขณะที่สนเทकुมาที่มีจากต้นกำเนิด Yucul (Nicaragua) มีค่า root/shoot ratio น้อยที่สุด

ตารางที่ 7 root/shoot ratio ของกล้าไม้สนทั้ง 5 ชนิด จาก 10 ต้นกำเนิด

ชนิดไม้สน	ต้นกำเนิด	root/shoot ratio (น้ำหนัก)	root/shoot ratio (ความยาว)
สนสามใบ	คลองยันทนที จังหวัดเชียงใหม่	2.35	2.61
	คลองสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่	2.83	3.13
สนสองใบ	บ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่	1.07	3.54
	ห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ	1.05	3.27
สนคาวีใบเล็ก	Limonas (Honduras)	3.66	2.63
	Santa Carlos (Honduras)	2.86	1.81
	Guilamaca (Honduras)	1.07	1.68
สนเอนกาวี	Mal Paso (Guatemala)	3.49	2.94
	Rafael (Nicaragua)	2.32	1.61
สนเทकुมา	Yucul (Nicaragua)	1.25	1.02

จากตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่าค่า root/shoot ratio ของกล้าไม้สนทั้ง 5 ชนิด จาก 10 ต้นกำเนิด ทั้ง 2 มิติ มีค่ามากกว่า 1 ซึ่งหมายความว่าสนทั้ง 5 ชนิด จาก 10 ต้นกำเนิด มีรากมาก และมีแนวโน้มที่จะทนความแห้งแล้งได้ดี เนื่องจากรากเป็นส่วนสำคัญในการดูดน้ำของพืช ฉะนั้นพืชที่รากมีการเจริญเติบโตเร็วจะเพิ่มระบบรากฝอย เพื่อช่วยให้มีพื้นที่ดูดน้ำได้มากขึ้น ซึ่งเป็นกลไกการทนแล้งอย่างหนึ่งของพืช การหยั่งรากที่ลึกลงไปในดินได้มาก และแผ่กระจายได้มากจะช่วยในการปรับตัวให้ทนทานต่อความแห้งแล้งได้มาก และเพิ่มความสามารถในการดูดน้ำจากดิน (Turner, 1986)



ภาพที่ 26 ตัวอย่างการศึกษา root/shoot ratio ของกล้าไม้สนหัง 5 ชนิด จาก 10 ต้นก้านิต

การศึกษาที่ 4 การดำเนินการปลูก

นักวิจัยได้ดำเนินการปลูกกล้าไม้สนทั้ง 5 ชนิดๆ ละ 2 ต้นกำเนิด ในแปลงทดสอบชนิดไม้เสร็จแล้วในช่วงปลายเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560 ดังภาพที่ 27



ภาพที่ 27 กิจกรรมการปลูกสนทั้ง 5 ชนิด ในแปลงทดสอบชนิดไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น

การศึกษาที่ 5 อัตราการรอดตาย และการเติบโตของไม้สนในแปลงปลูกทดสอบชนิดไม้

หลังจากที่ปลูกไม้สนไปแล้ว 1 เดือน ได้ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก (Diameter at root collar) ความสูง และตรวจสอบอัตราการรอดตายในแปลงทดลอง ได้ผลการศึกษาดังนี้

1. อัตราการรอดตายของไม้สนแสดงดังตารางที่ 8

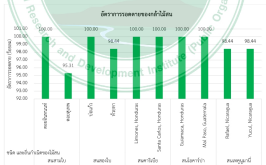
1.1 ไม้สนสามใบจากถิ่นกำเนิดคอสตาริกา และถิ่นกำเนิดคอสตาริกา จังหวัดเชียงใหม่ มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยร้อยละ 100.00 และ 95.31 ตามลำดับ

1.2 ไม้สนสองใบจากถิ่นกำเนิดบราซิล จังหวัดเชียงใหม่ และถิ่นกำเนิดพม่า จังหวัดศรีสะเกษ มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยร้อยละ 100.00 และ 98.44 ตามลำดับ

1.3 ไม้สนคาริเบียจากถิ่นกำเนิด Limones (Honduras) และถิ่นกำเนิด Santa Carlos (Honduras) มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยร้อยละ 100.00 ทั้ง 2 ถิ่นกำเนิด

1.4 ไม้สนโอคาร์ปาจากถิ่นกำเนิด Guaimaca (Hondura) และถิ่นกำเนิด Mal Paso (Guatemala) มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยร้อยละ 100.00 ทั้ง 2 ถิ่นกำเนิด

1.5 ไม้สนเทกูมาปีจากถิ่นกำเนิด Rafael (Nicaragua) และถิ่นกำเนิด Yucul (Nicaragua) มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยร้อยละ 98.44 ทั้ง 2 ถิ่นกำเนิด (ภาพที่ 28)



ภาพที่ 28 อัตราการรอดตายของไม้สนแต่ละชนิด และแต่ละถิ่นกำเนิดในแปลงทดสอบชนิดไม้ ในระยะเวลา 1 เดือน

ตารางที่ 8 อัตราการรอดตายของไม้สนในแปลงทดสอบชนิดไม้

ชนิดไม้	ถิ่นกำเนิด	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4	เฉลี่ย (ร้อยละ)
สนสามใบ	ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่	100	100	100	100	100
	ดอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่	93.75	100	87.5	100	95.31
สนสองใบ	บ่อนแก้ว จังหวัดเชียงใหม่	100	100	100	100	100
	ห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ	93.75	100	100	100	98.44
สนขาวใบ	Limones (Honduras)	100	100	100	100	100
	Santa Carlos (Honduras)	100	100	100	100	100
สนโอคาร์ปา	Guamaca (Honduras)	100	100	100	100	100
	Mal Paso (Guatemala)	100	100	100	100	100
	Rafael (Nicaragua)	100	93.75	100	100	98.44
สนเทกูเกาญี	Yucul (Nicaragua)	93.75	100	100	100	98.44

2. การเติบโตทางด้านความสูงของไม้สนแสดงดังตารางที่ 9

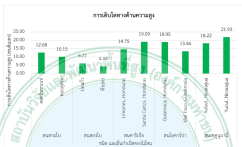
2.1 ไม้สนสามใบจากถิ่นกำเนิดดอยอินทนนท์ และถิ่นกำเนิดดอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ มีการเติบโตทางด้านความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 12.68 และ 10.35 เซนติเมตร ตามลำดับ

2.2 ไม้สนสองใบจากถิ่นกำเนิดบ่อนแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ และถิ่นกำเนิดห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ มีการเติบโตทางด้านความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 6.21 และ 4.40 เซนติเมตร ตามลำดับ

2.3 ไม้สนขาวจากถิ่นกำเนิด Limones (Honduras) และถิ่นกำเนิด Santa Carlos (Honduras) มีการเติบโตทางด้านความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 14.75 และ 19.09 เซนติเมตร ตามลำดับ

2.4 ไม้สนโอคาร์ปาจากถิ่นกำเนิด Guamaca (Hondura) และถิ่นกำเนิด Mal Paso (Guatemala) มีการเติบโตทางด้านความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 18.95 และ 13.46 เซนติเมตร ตามลำดับ

2.5 ไม้สนเทศุนาปีจากถิ่นกำเนิด Rafael (Nicaragua) และถิ่นกำเนิด Yucul (Nicaragua) มีการเติบโตทางต้นความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 18.22 และ 21.93 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 29)



ภาพที่ 29 การเติบโตทางต้นความสูงของไม้สนแต่ละชนิด และแต่ละถิ่นกำเนิดในแปลงทดสอบชนิดไม้ ในระยะเวลา 1 เดือน

ตารางที่ 9 การเติบโตทางต้นความสูงของไม้สนในแปลงทดสอบชนิดไม้

ชนิดไม้	ถิ่นกำเนิด	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4	เฉลี่ย (เซนติเมตร)
สนสามใบ	อุบลราชธานี จังหวัดเชียงใหม่	10.70	12.82	13.03	14.16	12.68
	ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น	10.81	9.27	8.99	11.53	10.15
สนสองใบ	บึงกาฬ จังหวัดบึงกาฬ	5	5.68	4.97	9.2	6.21
	พื้มพา จังหวัดศรีสะเกษ	4.47	4.41	4.79	3.93	4.40
สนคาริเบีย	Limonas (Honduras)	13.19	13.56	13.25	16.98	14.75
	Santa Carlos (Honduras)	20.88	17.59	20.21	17.69	19.09
สนโอคาล่า	Guamaca (Honduras)	19.04	17.33	20.82	18.61	18.95
	Mal Paso (Guatemala)	11.58	14.76	12.26	15.23	13.46
สนเทศุนาปี	Rafael (Nicaragua)	15.38	18.65	19.06	19.78	18.22
	Yucul (Nicaragua)	16.53	23.65	25.16	22.37	21.93

จากภาพจะเห็นได้ว่าในระยะเวลา 1 เดือน ในแปลงทดสอบชนิดไม้ สบเหตุฐานนี้จากถิ่นกำเนิด Yucul (Nicaragua) มีการเติบโตทางด้านความสูงเฉลี่ยมากที่สุด ขณะที่สนสองใบจากถิ่นกำเนิดห้วยพญา จังหวัดศรีสะเกษ มีการเติบโตทางด้านความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด

3. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากของไม้สนแสดงดังตารางที่ 10

3.1 ไม้สนสามใบจากถิ่นกำเนิดตออินทนนท์ และถิ่นกำเนิดตอสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากเฉลี่ยเท่ากับ 2.21 และ 1.58 มิลลิเมตร ตามลำดับ

3.2 ถ้าไม้สนสองใบจากถิ่นกำเนิดขอนแก่น จังหวัดเชียงใหม่ และถิ่นกำเนิดห้วยพญา จังหวัดศรีสะเกษ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากเฉลี่ยเท่ากับ 4.89 และ 5.17 มิลลิเมตร ตามลำดับ

3.3 ถ้าไม้สนคาร์ริเบียนจากถิ่นกำเนิด Limones (Honduras) และถิ่นกำเนิด Santa Carlos (Honduras) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากเฉลี่ยเท่ากับ 1.82 และ 1.73 มิลลิเมตร ตามลำดับ

3.4 ถ้าไม้สนไอคาร์ปาจากถิ่นกำเนิด Guaimaca (Honduras) และถิ่นกำเนิด Mal Paso (Guatemala) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากเฉลี่ยเท่ากับ 2.22 และ 1.98 มิลลิเมตร ตามลำดับ

3.5 ถ้าไม้สนเหตุฐานนี้จากถิ่นกำเนิด Rafael (Nicaragua) และถิ่นกำเนิด Yucul (Nicaragua) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากเฉลี่ยเท่ากับ 2.19 และ 2.44 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 30)



ภาพที่ 30 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากของไม้สนแต่ละชนิด และแต่ละถิ่นกำเนิดในแปลงทดสอบชนิดไม้ในระยะเวลา 1 เดือน

ตารางที่ 10 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราวกของไม้สนในแปลงทดสอบชนิดไม้

ชนิดไม้	ถิ่นกำเนิด	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4	เฉลี่ย (มิลลิเมตร)
สนสามใบ	คอยอินทนนท์ จังหวัด เชียงใหม่	2.20	2.03	2.43	2.17	2.21
	คอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่	1.60	1.56	1.57	1.60	1.58
สนสองใบ	บ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่	4.12	4.49	5.02	5.92	4.89
	ห้วยฟ้า จังหวัดศรีสะเกษ	4.84	5.18	5.07	5.57	5.17
สนศรีเบญ	Limonas (Honduras)	1.76	1.91	1.67	1.93	1.82
	Santa Carlos (Honduras)	1.81	1.60	1.79	1.70	1.73
สนโศคารำป่า	Gulamaca (Honduras)	2.33	2.13	2.26	2.17	2.22
	Mali Paso (Guatemala)	1.80	1.92	1.93	2.25	1.98
สนเทศุนาณิ	Rafael (Nicaragua)	1.96	2.23	2.15	2.43	2.19
	Yucul (Nicaragua)	2.14	2.57	2.63	2.41	2.44

จากภาพจะเห็นได้ว่าในระยะเวลา 1 เดือน ในแปลงทดสอบชนิดไม้ สนสองใบจากถิ่นกำเนิดห้วยฟ้า จังหวัดศรีสะเกษ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราวกเฉลี่ยมากที่สุด ขณะที่สนสามใบถิ่นกำเนิดคอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราวกเฉลี่ยน้อยที่สุด

4.2 การศึกษายสมบัติทางเคมี กายวิภาค และพลังงานของเนื้อไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่นจำนวน 5 ชนิด

การศึกษาที่ 1 การทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของเนื้อไม้สนพื้นเมืองและสนต่างถิ่น

คุณสมบัติทางเคมีของไม้เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการออกแบบการใช้ประโยชน์ไม้แต่ละชนิด อย่างไรก็ตามขึ้นอยู่กับปริมาณของสารเคมีชนิดต่างๆ ที่อยู่ในเนื้อไม้ด้วย โดยทั่วไป ไม้มีจะประกอบไปด้วยสารเคมีหลัก เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และสารแทรก ทั้งนี้ปริมาณสารเคมีของไม้อาจขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดไม้ อายุ ความสูง และสภาพแวดล้อม ไม้ทุกชนิดจะมีปริมาณของเซลลูโลสมากที่สุด รองลงมา คือ เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ขณะที่สารแทรกมีปริมาณน้อยที่สุด ทั้งนี้เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสอาจจะเรียกรวมกันว่า โพลีแซคคาไรด์ ส่วนเซลลูโลสอาจเรียกตามข้อมูลเชิงเทคนิคได้ว่า แอลฟาเซลลูโลส

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไม้สนทั้ง 5 ชนิด (ตารางที่ 11) พบว่า เมื่อพิจารณาสนอายุประมาณ 30 ปี สนสามใบ มีปริมาณไฮโดรเซลลูโลส แอลฟาเซลลูโลส และลิกนินเฉลี่ยเท่ากับ 65.80, 66.37 และ 29.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สนสองใบ มีปริมาณไฮโดรเซลลูโลส แอลฟาเซลลูโลส และลิกนินเฉลี่ยเท่ากับ 63.13, 59.12 และ 32.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สนคาริเบีย มีปริมาณไฮโดรเซลลูโลส แอลฟาเซลลูโลส และลิกนินเฉลี่ยเท่ากับ 65.63, 65.48 และ 30.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สนโอคาร์ปา มีปริมาณไฮโดรเซลลูโลส แอลฟาเซลลูโลส และลิกนินเฉลี่ยเท่ากับ 65.80, 66.37 และ 29.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สนเทศูมานี มีปริมาณไฮโดรเซลลูโลส แอลฟาเซลลูโลส และลิกนินเฉลี่ยเท่ากับ 68.52, 62.46 และ 29.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สนคาริเบีย อายุประมาณ 10 ปี มีปริมาณไฮโดรเซลลูโลส แอลฟาเซลลูโลส และลิกนินเฉลี่ยเท่ากับ 74.16, 60.16 และ 32.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาสนอายุประมาณ 30 ปี ปริมาณสารแทรกที่ละลายในน้ำร้อน และสารแทรกที่ละลายในแอลกอฮอล์-เบนซินเฉลี่ยของสนสองใบ คิดเป็น 3.16 และ 3.10 เปอร์เซ็นต์ สนสามใบ เท่ากับ 4.34 และ 2.13 เปอร์เซ็นต์ สนคาริเบีย เท่ากับ 9.74 และ 4.01 เปอร์เซ็นต์ สนโอคาร์ปา เท่ากับ 11.47 และ 3.95 เปอร์เซ็นต์ สนเทศูมานี เท่ากับ 2.07 และ 4.26 เปอร์เซ็นต์ สนคาริเบีย อายุประมาณ 10 ปี เท่ากับ 0.91 และ 2.90 เปอร์เซ็นต์

พิจารณาสนอายุประมาณ 30 ปี ปริมาณเถ้าเฉลี่ยของสนสองใบ สนสามใบ สนคาริเบีย สนโอคาร์ปา และสนเทศูมานี เท่ากับ 0.41, 0.81, 0.44, 0.39 ตามลำดับ และ 0.32 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสนคาริเบีย อายุประมาณ 10 ปี

จากผลการศึกษาค้นสมบัติเคมีของสนชนิดต่างๆ ดังกล่าวซึ่งสามารถพิจารณาอิทธิพลของชนิดไม้ และอายุของสนชนิดต่างๆ ต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้ดังนี้

ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมีของไม้สนทั้ง 5 ชนิด

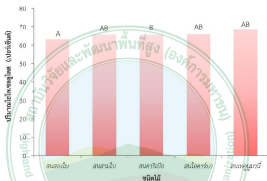
ชนิดไม้	ค่าเฉลี่ย	ปริมาณ ความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ร้อยละ)	ปริมาณ แอลกอฮอล์ (ร้อยละ)	ปริมาณ คาร์บอน (ร้อยละ)	ปริมาณ ไขมัน (ร้อยละ)	ปริมาณ สารอาหาร (ร้อยละ)	การละลายใน แอลกอฮอล์ เบส (ร้อยละ)	การละลายใน เอทานอล เบส (ร้อยละ)	การละลายใน น้ำ (ร้อยละ)	ปริมาณ เถ้า (ร้อยละ)
สนทองใบ	Mean	7.24	63.13	59.62	7.88	32.12	90.51	4.34	17.65	2.13	0.81
	Std	0.95	1.87	1.30	0.09	0.66	3.87	1.29	2.80	1.79	0.54
	No	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
สนขาว	Mean	6.89	65.80	66.37	7.43	29.95	92.17	3.36	14.64	3.10	0.41
	Std	0.60	1.92	0.57	0.51	0.73	0.80	1.20	2.49	0.55	0.02
	No	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
สนขาวใบเล็ก	Mean	8.39	65.63	65.48	7.05	30.69	87.90	9.34	20.00	4.01	0.44
	Std	0.23	3.46	2.18	0.52	0.82	4.00	3.95	4.18	0.50	0.07
	No	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
สนดอกฟ้า	Mean	7.51	65.90	67.32	6.99	28.62	91.83	11.47	20.22	3.95	0.39
	Std	0.42	0.95	0.61	0.37	0.18	10.94	10.42	8.94	0.70	0.05
	No	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
สนดอกฟ้า	Mean	6.45	68.52	62.86	7.64	29.67	95.82	2.07	14.17	4.26	0.35
	Std	0.80	0.99	2.07	0.95	0.99	3.45	0.75	1.64	0.65	0.10
	No	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
สนขาวใบ อายุ 10 ปี	Mean	7.63	74.56	60.16	8.93	32.36	98.66	0.91	10.31	2.90	0.32
	Std	0.17	1.45	3.47	0.97	0.68	0.43	0.06	0.57	0.32	0.01
	No	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

หมายเหตุ : ในการทดลองไม้ที่ทำการทดสอบไม้สนชนิดนี้ อายุประมาณ 10 ปี ปริมาณที่วัดเป็นค่าเฉลี่ยของไม้สนชนิดนี้ อายุประมาณ 30 ปี

: Mean คือ ค่าเฉลี่ย, Std คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, No. คือ จำนวนตัวอย่าง

1. ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ คือ องค์ประกอบทางเคมีที่ปราศจากสารแทรก และสีกิน โดยเป็น องค์ประกอบคาร์บอนที่ไม่ละลายในน้ำ ซึ่ง Browning (1967) ได้ทำการเตรียมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 3 วิธี แต่สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ใช้วิธี chlorine dioxide and chlorite method



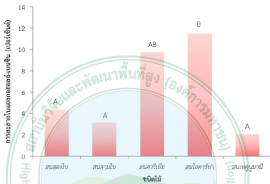
ภาพที่ 31 ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในไม้สนทั้ง 5 ชนิด ที่ปลูกบนพื้นที่สูงในประเทศไทย (ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติ, P-value < 0.05)

การเปรียบเทียบปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในไม้สนต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 11 และภาพที่ 31 พบว่า ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของสนแต่ละชนิดมีปริมาณ 63.13–68.52 เปอร์เซ็นต์ สันสนไม้มีปริมาณมากที่สุด และสมองไม้มีปริมาณน้อยที่สุด ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารหลักในเนื้อไม้สนทุกชนิด ซึ่งในช่วงอายุของการสร้างสารแทรกในเนื้อไม้ยังไม่ถึงขั้นอย่างสมบูรณ์ ทำให้สัดส่วนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีมาก

2. ปริมาณสารแทรกที่ละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีน

การสกัดด้วยแอลกอฮอล์-เบนซีน (1:2 โดยปริมาตร) ให้ปริมาณสารแทรกรวมทั้งสารที่ใช้เติมลงไปขณะทำเอ็กตรัคชัน (additional compounds) เช่น พริกไทยในไฮดรอลที่มีน้ำมันหอมระเหยต่าง ๆ เกลือแร่ และสารแทรกอื่นที่สามารถละลายในน้ำ สารแทรกในไม้ที่ระเหยได้จะถูกแยกออกจาก

ไม่ได้โดยใช้ไอน้ำ ได้แก่ โมโนเทอร์พีน สารแทรกใบไม้ที่ระเหยไม่ได้ เช่น กรดฟัลลิก กรดเรซิน และพวกไตรเทอร์พีน

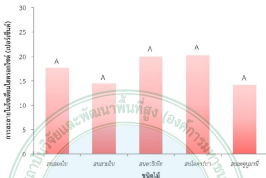


ภาพที่ 32 ปริมาณสารแทรกที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์-เบนซีน (1:2 โดยปริมาตร) ในไม้สนทั้ง 5 ชนิด ที่ปลูกบนพื้นที่สูงในประเทศไทย (ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติ, P-value < 0.05)

จากภาพที่ 32 พบว่า สนโศคารี่สิบมีปริมาณสารแทรกมากที่สุดตามชนิดอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 11.47 เปอร์เซ็นต์ สนทญี่สิบมีปริมาณสารแทรกน้อยที่สุด คือ 2.07 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณที่แตกต่างกันแปรผันตามสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น ลักษณะดิน สภาพภูมิอากาศ และปริมาณน้ำฝน เป็นต้น

3. ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของไม้ที่ละลายในต่าง 1 เปอร์เซ็นต์

องค์ประกอบทางเคมีของไม้ที่ละลายในสารละลายต่าง 1 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ สารแทรก และสารที่เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ เช่น เฮมิเซลลูโลส นอกจากนี้ยังใช้เป็นตัวบ่งชี้อัตราการถูกเห็ดราทำลายเนื้อไม้ และการวัดการยืดตัวของไฟเบอร์ระหว่างการต้มเยื่อ และการฟอกเยื่อ ซึ่งมีผลต่อความแข็งแรง หรือคุณสมบัติอื่นของเยื่อ



ภาพที่ 33 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของไม้ที่ละลายในต่าง 1 เปอร์เซ็นต์ ในไม้สนทั้ง 5 ชนิด ที่ปลูกบนพื้นที่สูงในประเทศไทย (ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ, P-value < 0.05)

จากภาพที่ 33 และตารางที่ 11 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของไม้ที่ละลายในสารละลายต่าง 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สอนดิบ และสนไฮคาร์ปามีปริมาณสารละลายในต่ำมากที่สุด สอนดิบ และสนเทพนิมามีปริมาณสารละลายในต่ำน้อยที่สุด สอนดิบ อายุ 10 ปี มีปริมาณสารละลายในต่ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสอนดิบ อายุ 30 ปี

4. ปริมาณการละลายในน้ำร้อน

การหาปริมาณการละลายในน้ำร้อนของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในเนื้อไม้ โดยสารเคมีส่วนใหญ่ คือ น้ำตาล เกสโตร และยางไม้ เป็นต้น และสารเคมีที่ละลายในน้ำร้อนสามารถจะแยกส่วนที่มิใช่องค์ประกอบของผนังเซลล์ เช่น แลนิน น้ำตาล และสารที่ให้สีในไม้



ภาพที่ 34 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของไม้ที่ละลายในน้ำร้อนในไม้สนทั้ง 5 ชนิด ที่ปลูกบนพื้นที่สูงในประเทศไทย (ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ, P-value < 0.05)

จากภาพที่ 34 พบว่า สอนถนใบมีปริมาณสารละลายในน้ำมากที่สุด (4.26 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสารแทรกนี้ส่วนใหญ่เป็นแทนนิน และสารให้สี สอนถนใบมีปริมาณสารละลาย 2.13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยที่สุด สอนถนใบ อายุ 10 ปี มีปริมาณสารละลายในน้ำน้อยกว่า สอนถนใบ อายุ 30 ปี จากผลการทดลอง พบว่า ไม้สนต้นเมื่อมีปริมาณสารเคมีที่ละลายในน้ำร้อนน้อยกว่าสนต่างถิ่น

5. ปริมาณน้ำ

น้ำ หรือที่เรียกว่าสารอินทรีย์ที่พบในไม้ทุกประเภท ซึ่งทดสอบได้จากการเผาไหม้ให้สมบูรณ์ โดยที่เข้าส่วนมากจะอยู่ในรูปของสารประกอบประเภท อัลเฟต ฟอสเฟต คาร์โบเนต ซิลิเคตของแคลเซียม โปแตสเซียม และแมกนีเซียม เป็นต้น ปริมาณของน้ำที่เข้ามีปริมาณแตกต่างกันไปตามชนิดของไม้ โดยทั่วไปไม้มีปริมาณน้ำประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ การหาปริมาณน้ำที่เข้าจะใช้วิธีเผาไหม้ที่อุณหภูมิ 525±25 องศาเซลเซียส

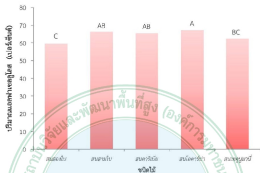


ภาพที่ 35 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในไม้สนทั้ง 5 ชนิด ที่ปลูกบนพื้นที่สูงในประเทศไทย (ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ, P-value < 0.05)

จากภาพที่ 35 พบว่า อายุมีอิทธิพลต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่อสนชนิดต่างๆ สนอายุน้อย โดยเฉพาะสนทาร์เบียมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์น้อยกว่าไม้สนอายุมาก อาจเนื่องมาจากการสะสมสารอินทรีย์ต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้น สนสองใบมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มากที่สุด (0.81 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่สนเทพทูนามีปริมาณน้อยที่สุด (0.32 เปอร์เซ็นต์)

6. ปริมาณแอสฟา-เซลล์ูโลส

แอสฟา-เซลล์ูโลสจะประกอบมาเป็นโครงสร้างหลักของเนื้อไม้ ซึ่งต้องพิจารณาร่วมกับไฮโดรเจลลูลอส โดยทั่วไปแอสฟา-เซลล์ูโลสจะเป็นโครงสร้างที่ให้ความแข็งแรงของเนื้อไม้ และเป็นผลผลิตหลักเมื่อทำการแยกเยื่อ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ

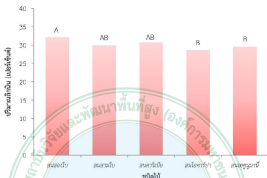


ภาพที่ 36 ปริมาณเถ้าเชลลูโลสในไม้สนทั้ง 5 ชนิด ที่ปลูกบนพื้นที่สูงในประเทศไทย (ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ, P-value < 0.05)

จากภาพที่ 36 พบว่า สนโศคารป่ามีปริมาณเถ้า-เชลลูโลสมากที่สุด เท่ากับ 67.32 เปอร์เซ็นต์ และสนสองใบมีปริมาณน้อยที่สุด เท่ากับ 59.62 เปอร์เซ็นต์ และจากผลการทดลองพบว่า อายุของเนื้อไม้ไม่มีผลต่อปริมาณเถ้าเชลลูโลสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

7. ปริมาณลิกนิน

ลิกนินเป็นสารยึดติดที่อยู่ในเนื้อไม้ ทำหน้าที่เป็นตัวประสานให้โครงสร้างอื่นๆ ในเนื้อไม้ ปริมาณลิกนินจะมีส่วนเพิ่มคุณสมบัติด้านความยืดหยุ่นของเนื้อไม้ แต่เป็นสารที่ไม่พึงประสงค์ในกรณีเนื้อไม้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของเส้นใยเยื่อและกระดาษ โดยลิกนินเป็นสารที่สนับสนุนความยืดหยุ่น และความเหนียวของเนื้อไม้

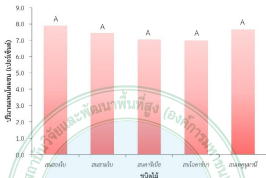


ภาพที่ 37 ปริมาณลิกนินในไม้สนทั้ง 5 ชนิด ที่ปลูกบนพื้นที่สูงในประเทศไทย (ตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ, P-value < 0.05)

จากภาพที่ 37 พบว่า สนสองใบมีปริมาณลิกนินมากที่สุด (32.12 เปอร์เซ็นต์) สนโศคารปามีปริมาณลิกนินน้อยที่สุดเท่ากับ 28.62 เปอร์เซ็นต์ สนหางิอนน้อยมีปริมาณลิกนินมากกว่าสนเตยวารี

8. ปริมาณฟีนอล

ฟีนอลเป็นสารเคมีที่ประกอบไปด้วยน้ำตาล 5 คาร์บอน (5C) ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยไซรอน (cylan) และอะราบน (araban) ซึ่งเป็นสารประเภทน้ำตาลในเนื้อไม้ โดยทั่วไปฟีนอลในไม้ใบแคบมีอยู่ประมาณ 7-10 เปอร์เซ็นต์ สารนี้เมื่อถูกไฮโดรไลซ์ด้วยการต้มด้วยกรดเกลือ (hydrochloric acid) จะได้สารฟิวเรอฟูรัล (Furfural) ซึ่งเป็นสารที่นำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย และมีมูลค่าทางเศรษฐกิจค่อนข้างมาก



ภาพที่ 38 ปริมาณแผลโดนเฉลี่ยไม่สนทั้ง 5 ชนิด ที่ปลูกบนพื้นที่สูงในประเทศไทย (ตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ, P-value < 0.05)

จากภาพที่ 38 พบว่า สอนงไบมีปริมาณแผลโดนมากที่สุด เท่ากับ 7.88 เปอร์เซ็นต์ สอนงไบมีปริมาณแผลโดนน้อยที่สุด เท่ากับ 6.99 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลอง พบว่า สอนงไบมีปริมาณแผลโดนน้อยกว่าสอนงไบมาก

จากองค์ประกอบทางเคมีของสนชนิดต่างๆ (ตารางที่ 11) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอายุไม้ สนโดยเป็นการเปรียบเทียบปริมาณสารเคมีของไม้สนคาริเบียอายุประมาณ 10 ปี และ 30 ปี พบว่า อายุไม้สนมีอิทธิพลต่อปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, เบนซีน, และสารแทรก แต่อายุไม้สนมีอิทธิพลเพียงเล็กน้อยต่อปริมาณแอลกอฮอล์

อายุไม้สนเป็นองค์ประกอบที่ปริมาณสารแทรกประเภทต่างๆ กล่าวคือ สนที่มีอายุน้อยจะมีปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, เบนซีน และลิกนินมากกว่าสนที่มีอายุมาก เมื่อพิจารณาปริมาณสารแทรก พบว่า ไม้สนอายุน้อยจะมีปริมาณสารแทรก เช่น คาร์โบไฮเดรต, ไขมัน, สารระเหย, เกลือแร่, เซลลูโลส, เพนนิล และสารให้สี น้อยกว่าไม้สนอายุมาก โดยพิจารณาจากปริมาณการละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีน, ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และน้ำร้อน เป็นหลัก ดังนั้นอาจพอสรุปได้ว่าปริมาณสารแทรกจะสะสมมากขึ้นเมื่ออายุไม้สนมากขึ้น

การศึกษาที่ 2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายวิภาคของเนื้อไม้สนพื้นเมืองและสนต่างถิ่น

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายวิภาคเชิงคุณภาพ

สนทั้ง 5 ชนิด มีเนื้อไม้ค่อนข้างเรียบ และสม่ำเสมอ การเรียงตัวของเส้นเป็นเส้นตรง เนื้อไม้เป็นสีขาวนวลทั้งกระพี้ และแก่น ไม่มีความมันวาว มีารงอุดตันเล็กน้อย ความละเอียดของเนื้อไม้อาจแบ่งลักษณะได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเนื้อไม้ปานกลาง คือ สนสามใบ กลุ่มเนื้อไม้ปานกลางถึงค่อนข้างหยาบ คือ สนสองใบ และสนคาริเบีย และกลุ่มเนื้อไม้ค่อนข้างละเอียด คือ สนโอคาร์ปา และสนเทกูมานี

วงการเจริญเติบโต (growth ring) ของสนทั้ง 5 ชนิด ส่วนใหญ่จะเห็นอย่างชัดเจน (abrupt) ยกเว้นสนสองใบเป็นแบบค่อยๆ ปราบกฎ (gradual)

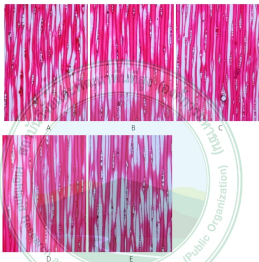
การเรียงตัวของเทรคิต (longitudinal tracheids) ของสนชนิดต่างๆ ถ้ามองทางด้านรัศมี (radial) จะเห็นส่วนเชื่อมของเซลล์เทรคิต (interconnections) และมองเห็นพิท (pits) ชัดเจน แต่จะไม่เห็นพิทเมื่อมองทางด้านสัมผัส (tangential) ส่วนการเรียงตัวของท่อทางเดินน้ำตามยาว (longitudinal parenchyma) ของสนทุกชนิดเรียงตัวตามแนวของเทรคิตตามยาว

ลักษณะของพิท (crossfield pits) ซึ่งเป็นส่วนเชื่อมของเซลล์ท่อน้ำตามยาว เทรคิตตามยาว และพิท ถ้ามองทางด้านสัมผัส (ray crossing) แบ่งได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Pinoid ซึ่งมีพิทแบบ 3-4 เซลล์ ได้แก่ สนคาริเบีย โอคาร์ปา และเทกูมานี กลุ่ม Window-like ซึ่งมีพิทเป็นแบบ 1-2 เซลล์ ได้แก่ สนสามใบ และกลุ่มผสม คือ สนสองใบ ส่วนใหญ่พิทที่เชื่อมเทรคิตจะมีผนังหนา (bordered pit pair)

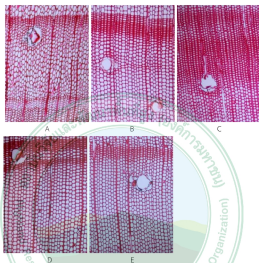
การเรียงตัวของเรย์ (rays) มีเซลล์ที่เป็นท่อน้ำตามยาว (ray parenchyma) เป็นเซลล์ผนังบาง และมีการเรียงตัวคล้ายอิฐ ส่วนใหญ่อยู่ด้วยในช่องเรย์ ส่วนเซลล์ที่เป็นเทรคิต (Ray tracheid) จะอยู่บริเวณขอบนอกของเรย์มีลักษณะคล้ายซี่ฟัน (dentate) สนทั้ง 5 ชนิด มีลักษณะการเรียงตัวของเรย์คล้ายๆ กัน ถ้ามองทางด้านสัมผัส แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เป็นเซลล์แถวเดียว (uniseriate ray) ได้แก่ สนสามใบ ส่วนสนชนิดอื่นๆ มีเรย์ที่มีการเรียงตัวหลายแถวหรือผสมผสาน (biseriate ray และ muliseriate ray) เรย์บางกลุ่มมีท่อระบายน้ำตามขวางอยู่ภายใน เรียกว่า Fusiform ray ได้แก่ สนสองใบ ส่วนสนชนิดอื่นๆ เรย์ไม่มีท่อระบายน้ำตามขวางอยู่ภายใน เรียกว่า Narrow ray

ท่อระบายน้ำ (resin canals) ของสนทั้ง 5 ชนิดมีการเรียงตัวตามยาว (longitudinal resin canal) มีส่วนน้อยที่เรียงตัวตามแนวเรย์ สนทั้ง 5 ชนิด มีปริมาณท่อระบายน้ำจำนวนมาก

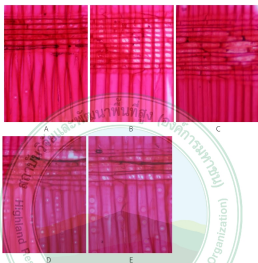
แต่สนคาร์บอนีฟอรัสมีขนาดใหญ่มากที่สุด และมีปริมาณมากที่สุด รวมทั้งฟอรัสของสนคาร์บอนีฟอรัสยังมีขนาดสม่ำเสมอว่าสนชนิดอื่นๆ ซึ่งลักษณะการเรียงตัวของเซลล์ชนิดต่างๆ แสดงดังภาพที่ 39-44



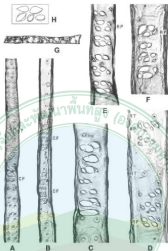
ภาพที่ 39 การเรียงตัวด้านสัมผัส (tangential section) ของเซลล์ไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น
เมื่อ A: *P. merkusii* (x40), B: *P. kesiya* (x40), C: *P. corioba* (x40), D: *P. oocarpa* (x40) and E: *P. tecunumanii* (x40)



ภาพที่ 40 การเรียงตัวของหน้าตัด (cross section) ของเซลล์ไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น
เมื่อ A: *P. merkusii* (x40), B: *P. kesiya* (x40), C: *P. caribaea* (x40), D: *P. oocarpa*
(x40) and E: *P. tecunumanii* (x40)



ภาพที่ 41 การเรียงตัวด้านรัศมี (radial section) ของเซลล์ไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น
เมื่อ A: *P. merkusii* (x40), B: *P. kesiya* (x40), C: *P. coarboea* (x40), D: *P. oocarpa*
(x40) and E: *P. tecunumanii* (x40)



ภาพที่ 42 ลักษณะทางกายวิภาคของสนควิเบย์

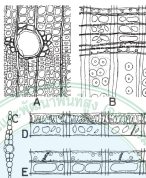
A,B: Earlywood tracheids showing cross-field areas (CP) and tracheid pitting (T). 200x

C,D: Cross-field areas composed of pinoid pits to ray parenchyma (RP) and pits to ray tracheids (RT). The large pits in C are formed through the coalescence of smaller pits. 450x

E,F: Pinoid pits to ray parenchyma (RP), in groups or clusters (P). 450x

G: Ray tracheid with reticulate inner wall. 450x

H: Pinoid pit type

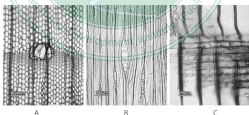


ภาพที่ 43 ลักษณะทางกายวิภาคของสนสองใบ (*Pinus merkusii*), สนสามใบ (*Pinus kesyo*) และสนคาริเบีย (*Pinus caribaea*)

A-C: *Pinus merkusii*, D: *P. caribaea*, E: *P. kesyo*—

A: Axial intercellular (resin) canal, B: Cross-field pits and inner walls of ray tracheids, C: Radial intercellular (resin) canal, D&E: Cross-field pits and inner walls of ray tracheids.

A: x80, B: x 160, C: x80, D&E: x290.



ภาพที่ 44 ลักษณะทางกายวิภาคของสนสองใบ (*P. merkusii*) และสนสามใบ (*P. kesyo*)

L: *Pinus merkusii* (TWTw 11045), C: *Pinus merkusii* (TWTw 10240), R: *Pinus kesyo* (TWTw 5802).

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายวิภาคเชิงปริมาณ

จากการวิเคราะห์เชิงปริมาณของเซลล์ พบว่า สันชนิดต่างๆ มีความหนาของผนังเซลล์ 4.00-5.83 ไมครอน โดยสันสองใบมีผนังเซลล์หนาที่สุด สันโศคาร์ปา และสันเทชูฎามีผนังเซลล์บางที่สุด ผนังเซลล์ถือว่ามีความสำคัญต่อคุณสมบัติด้านความแข็งแรงของเนื้อไม้ เซลล์ที่ผนังหนาจะมีผลอย่างมากต่อความแข็งแรงของเนื้อไม้ โดยมีแนวโน้มว่าจะทำให้เนื้อไม้รับแรงประเภทต่างๆ ได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาว่าร่วมกับคุณสมบัติด้านอื่นๆ ด้วย โดยเฉพาะปริมาณสารยึดติดที่อยู่ในเนื้อไม้ (เช่นเซลลูโลส และลิกนิน)

ความยาวของไฟเบอร์มีส่วนสำคัญเกี่ยวกับความต้านทานต่อแรงฉีก และเนื้อไม้มีเส้นใยในอุตสาหกรรมกระดาษ ความยาวของไฟเบอร์จะมีอิทธิพลต่อความแข็งแรง และคุณสมบัติต่างๆ ของเนื้อไม้ จากผลการทดลองสันชนิดต่างๆ มีความยาวไฟเบอร์ 2.93-4.60 มิลลิเมตร ซึ่งสันคาริเบียมีความยาวไฟเบอร์สูงที่สุด โดยมีแนวโน้มว่าจะได้กระดาษที่มีความแข็งแรงมากกว่ากระดาษจากสันชนิดอื่นๆ แต่ถ้าความยาวไฟเบอร์สูงมากเกินไปจะทำให้มีผลเสียแก่กระบวนการผลิตอยู่บ้าง เช่น การอุดตันของตะแกรงในกระบวนการผลิต เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ขาดรูปว่าว และความยาวของไฟเบอร์ขึ้นอยู่กับอายุ และตำแหน่งที่ตัดมาของไฟเบอร์ด้วย (Liese, 1998)

ตารางที่ 12 คุณสมบัติเชิงปริมาณของเซลล์ไม้สันชนิดต่างๆ

ชนิดไม้	ค่าวิเคราะห์	ความหนาผนัง	ความยาว	ความกว้าง	ความกว้างฐาน
		เซลล์ (ไมครอน)	ไฟเบอร์ (ไมครอน)	ไฟเบอร์ (ไมครอน)	
สันสองใบ	Mean	5.83	3.50	44.00	38.17
	Std	(0.31)	(0.50)	(1.00)	(1.14)
สันสามใบ	Mean	5.90	3.23	50.73	34.83
	Std	(0.61)	(0.64)	(0.25)	(0.16)
สันคาริเบีย	Mean	4.26	4.60	46.50	42.24
	Std	(0.17)	(0.10)	(5.58)	(5.44)
สันโศคาร์ปา	Mean	4.01	3.00	42.00	37.99
	Std	(0.04)	(0.50)	(1.00)	(0.98)
สันเทชูฎา	Mean	4.00	2.93	42.17	38.16
	Std	(0.40)	(0.50)	(0.76)	(0.74)

หมายเหตุ: Mean = ค่าเฉลี่ย Std = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

โดยทั่วไปแล้วความยาวไฟเบอร์จะเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น ไฟเบอร์ที่ยาวเมื่อทำการกระตาดแล้วมีแนวโน้มที่จะรับแรงต่างๆ ได้ดี ในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ นอกจากความยาวไฟเบอร์แล้ว ความหนาของผนังเซลล์ก็มีผลต่อคุณสมบัติของกระดาษ ถ้าผนังเซลล์บางเมื่อทำการกระตาดจะได้กระดาษที่มีเนื้อละเอียด ถ้าผนังเซลล์หนาจะได้กระดาษที่มีเนื้อหยาบ รับแรงทะลุได้ต่ำ ไฟเบอร์ที่ยาวไม่ได้หมายความว่าจะทำให้กระดาษได้ดีเสมอไป โดยดูได้จากเยื่อกระดาษจากไม้ถูกกลีบฝัสดึงแล้วจะเป็นเส้นใยสั้นแต่ก็ใช้ทำเยื่อกระดาษได้ดี ในเยื่อกระดาษไม่ได้มีแต่ไฟเบอร์อย่างเดียวแต่ยังประกอบด้วยเซลล์ชนิดอื่นๆ อีกเช่น เรสเซลล์ พาเรงคิมา และเซลล์อื่นที่ประกอบเยื่อกระดาษ รวมทั้งปริมาณผลผลิตที่ได้ก็เป็นอีกปัจจัยที่สำคัญ

การศึกษาที่ 3 การทดสอบคุณสมบัติด้านพลังงานของไม้สนบ้านเมืองและสนต่างประเทศ

คุณสมบัติด้านพลังงานของไม้สนแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ไม้พืชน และถ่านไม้ โดยการทดสอบค่าพลังงาน โดยการวิเคราะห์โดยประมาณ (proximate analysis) และค่าความร้อนของไม้พืชน และใช้การวิเคราะห์โดยละเอียด (ultimate analysis) ของไม้พืชนประกอบการพิจารณา

จากการวางที่ 13 และ ตารางที่ 14 พบว่า สนทุกชนิดจะมีปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยปริมาณใกล้เคียงกัน 19.52-20.74 เปอร์เซ็นต์ ค่าความร้อนก็ใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าสนโศคารป่าจะให้ปริมาณความร้อนมากที่สุด (4,729.90 แคลอรีต่อกกรัมแห้ง) ซึ่งก็สอดคล้องกับการวิเคราะห์พลังงานโดยละเอียดที่พบว่า สนโศคารป่ามีปริมาณธาตุคาร์บอนมากที่สุดถึง 49.03 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อพิจารณาถ่านไม้แล้วพบว่า สนสองใบ สนคาริเบย์ และสนโศคารป่าให้อาณาที่คุณภาพดีกว่าในแง่ของค่าความร้อนซึ่งถ่านจากไม้สนทั้ง 3 ชนิด ให้ค่าความร้อนอยู่ในเกณฑ์ดีมาก

ตารางที่ 13 ค่าพลังงานโดยประมาณของไม้พื้น และถ่านไม้สนชนิดต่างๆ

ตัวอย่าง		คาร์บอนเฉลี่ย (ร้อยละ)	สารระเหย (ร้อยละ)	น้ำ (ร้อยละ)	ค่าความร้อน (cal/g) (cal/g)
ไม้พื้น					
สนสองใบ	Mean	19.71	79.90	0.43	4562.43
	Std	0.32	0.44	0.11	99.30
สนสามใบ	Mean	19.52	80.07	0.41	4429.93
	Std	0.18	0.15	0.02	51.30
สนหัวป้อม	Mean	20.74	78.83	0.42	4643.40
	Std	1.69	3.66	0.03	133.14
สนโศกราช	Mean	20.34	79.28	0.39	4729.90
	Std	1.81	1.83	0.03	364.49
สนพญานาย	Mean	20.71	78.96	0.34	4386.87
	Std	1.83	1.96	0.08	36.25
ถ่านไม้					
สนสองใบ	Mean	78.51	23.16	1.05	8006.17
	Std	7.45	0.22	0.46	325.03
สนสามใบ	Mean	59.10	50.55	0.52	5867.63
	Std	31.71	54.19	0.18	1992.10
สนหัวป้อม	Mean	89.91	11.93	0.62	7856.31
	Std	7.40	0.26	0.06	54.32
สนโศกราช	Mean	81.21	19.84	0.63	7787.38
	Std	13.68	11.22	0.07	95.29
สนพญานาย	Mean	61.32	39.24	0.39	5816.62
	Std	28.64	52.29	0.02	2007.50

หมายเหตุ: Mean = ค่าเฉลี่ย Std = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 14 องค์ประกอบธาตุโดยละเอียด (ultimate analysis) และค่าความชื้นของไม้สนทั้ง 5 ชนิด ในด้านพลังงานของไม้พื้น

ชนิดไม้	ค่า ทดสอบ	ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ)	ปริมาณคาร์บอน (ร้อยละ)	ปริมาณไฮโดรเจน (ร้อยละ)	ปริมาณกำมะถัน (ร้อยละ)	ปริมาณความร้อน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)
สนสองใบ	Mean	0.03	47.52	6.45	46.01	4,562.43
	Std	0.01	0.59	0.11	0.60	99.30
	No.	3	3	3	3	3
สนสามใบ	Mean	0.01	46.81	6.47	46.79	4,429.95
	Std	0.00	0.39	0.01	0.38	51.30
	No.	3	3	3	3	3
สนเขาใบเขียว	Mean	0.01	47.90	6.66	45.50	4,643.40
	Std	0.00	1.04	0.09	1.12	133.14
	No.	3	3	3	3	3
สนเมืองเก่า	Mean	0.01	49.03	6.72	44.30	4,729.90
	Std	0.00	3.09	0.24	3.32	364.49
	No.	3	3	3	3	3
สนเขาใบดำ	Mean	0.01	46.75	6.44	46.87	4,386.87
	Std	0.00	0.39	0.04	0.33	36.25
	No.	3	3	3	3	3
สนเขาใบเขียว อายุ 10 ปี	Mean	0.01	46.57	6.43	47.04	4,357.60
	Std	0.00	0.59	0.05	0.63	8.57
	No.	3	3	3	3	3

หมายเหตุ : ทำการทดสอบสนเขาใบเขียว อายุประมาณ 30 ปี เติบโตขึ้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาภูพาน

: Mean คือ ค่าเฉลี่ย, Std คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, No. คือ จำนวนตัวอย่าง

4.3 การศึกษาสมบัติทางเคมี และแนวทางการใช้ประโยชน์ยางสนจากไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่นจำนวน 5 ชนิด

4.3.1 การเก็บเกี่ยวยางสน

การศึกษานี้ใช้แผนการทดลองแบบ factorial in CRD 5x2x2 ปัจจัย จำนวน 3 ข้ำ โดยปัจจัยแรก คือ ชนิดไม้สน 5 ชนิด (สนสองใบ สนสามใบ สนควีเบญ สนโศคาร์ปา และสนเทศูณานี้) ปัจจัยที่สอง คือ กรรมวิธีการเก็บยางสน 2 วิธี (วิธีกรีดเปลือก และวิธีเจาะรู) และปัจจัยที่สาม คือ สูตรการผสมสารเร่งยางสน ประกอบด้วย สารสูตร 1: กรดซัลฟิวริกผสมสารเร่งการเจริญเติบโต และสารสูตร 2: กรดซัลฟิวริกผสมน้ำมันหล่อลื่น ได้ผลการศึกษาดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณยางสนตามแผนการทดลองแบบ factorial in CRD 5x2x2 ปัจจัย จำนวน 3 ข้ำ

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-value	P value
species	4	1104939	286235	2.2722	0.07833
method	1	6221587	6221587	49.3877	1.72E-08
stimulant	1	11086	11086	0.0880	0.76827
species*method	4	435539	108885	0.8643	0.49366
species*stimulant	4	863530	215883	1.7137	0.16598
method*stimulant	1	57833	57833	0.4591	0.50195
species*method*stimulant	4	422500	105625	0.8385	0.50899
residuals	40	5038972	125974		

หมายเหตุ: species คือ ชนิดไม้สน, method คือ วิธีกรีดเปลือก หรือวิธีเจาะรู, stimulant คือ สารเร่งยาง

จากตารางที่ 15 จะเห็นได้ว่าชนิดของไม้สนไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณยางสนมากนัก ($p > 0.05$) ซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับการเพิ่มสารกระตุ้นทั้งสารสูตร 1 และสารสูตร 2 ที่ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณยางสนเช่นกัน ($p > 0.05$) แต่กลับพบว่ากรรมวิธีการเก็บยางสนมีอิทธิพลต่อปริมาณยางสนที่ได้น้อย ($p < 0.05$) ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ทั้ง 3 ปัจจัย มีเพียงกรรมวิธีการเก็บยางสนเท่านั้นที่มีอิทธิพลต่อปริมาณยางสน ขณะที่ทั้ง 3 ปัจจัย ไม่มีอิทธิพลซึ่งกันและกัน ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามสูตรของสารกระตุ้นอาจมีผลต่อปริมาณยางสน โดยเฉพาะอัตราการใช้ ซึ่งน่าจะเป็นอิทธิพลจากสารออกฤทธิ์ คือ กรดซัลฟิวริก ดังนั้นนักวิจัยจึงได้ทำการปรับแผนการทดลอง โดยให้ความสำคัญกับความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกแทน อันเนื่องจากการศึกษาในปัจจุบันจึงอยู่ในรูปแบบ factorial in CRD 5x2x3 ปัจจัย จำนวน 3 ข้ำ โดยปัจจัยแรก คือ ชนิดไม้สน 5 ชนิด (สนสองใบ สนสามใบ สนควีเบญ สนโศคาร์ปา

และสนหนุณามิ) ปัจจัยที่สอง คือ กรรมวิธีการเก็บยางสน 2 วิธี (วิธีการเปลือก และวิธีเจาะรู) และปัจจัยที่สาม คือ สูตรการผสมสารเร่งยางสน ประกอบด้วย 1) ไมโลสารเร่ง 2) สารเร่งสูตร 1: สารผสมกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ และ 3) สารเร่งสูตร 2: สารผสมกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ได้ดำเนินการทดลองในไม้สนจำนวน 90 ต้น ซึ่งมาจากชนิดละ 18 ต้น และเพื่อให้ความรู้การควบคุมมากขึ้นนักวิจัยจึงได้ดำเนินการศึกษาปริมาณยางสนในไม้สนคาริเบียอายุ 10 ปี เพิ่มอีก 18 ต้น เพื่อศึกษาอิทธิพลของอายุต่อปริมาณยางสน (ภาพที่ 45) ได้ผลการศึกษา ดังนี้



ภาพที่ 45 กิจกรรมการเก็บยางสนตามแผนการทดลอง

4.3.2 อิทธิพลของชนิด กรรมวิธี สารกระตุ้นต่อปริมาณของยางสน

จากการเก็บยางสนในช่วงฤดูหนาว (รูปภาพพื้นธ-มีนาคม พ.ศ. 2560) และช่วงฤดูร้อน (เมษายน-มิถุนายน พ.ศ. 2560) พบว่า สนสองใบ และคาริเบียมีความหนาแน่นหนาที่ใบ (ประมาณ ร้อยละ 50.00 และ 72.22) มากกว่าสนชนิดอื่นๆ ซึ่งมีความหนาแน่นหนาที่ใบปานกลาง อย่างไรก็ตามหากไม่อิงปัจจัยอื่นๆ อาจพิจารณาเบื้องต้นได้ว่า สนสองใบ สนสามใบ และสนคาริเบีย น่าจะให้ปริมาณยางสนมากกว่าสนชนิดอื่นๆ และเมื่อพิจารณาด้านอายุแล้วพบว่า สนคาริเบียอายุมาก (ประมาณ 8 เมตร และร้อยละ 72.22) มีขนาดทรงพุ่ม และความหนาแน่นมากกว่าสนคาริเบียอายุน้อย (ประมาณ 5 เมตร และร้อยละ 61.11) (ตารางที่ 16) นอกจากนี้นักวิจัยได้ทำการวิเคราะห์

ความแปรปรวนของปริมาณสารสกัดตามแผนการทดลองแบบ factorial in CRD 5x2x3 ปัจจัย จำนวน 3 จำ ได้ผลการศึกษาดังตารางที่ 17

ตารางที่ 16 ความหนาแน่น และขนาดทรงทู่เฉลี่ยของสนแต่ละชนิด

ชนิดไม้		เส้นผ่าศูนย์กลาง เดือยอก (DBH) (เซนติเมตร)	ความสูง (เมตร)	ขนาดทรงทู่		ความหนาแน่น		
				แกน Y (เมตร)	แกน X (เมตร)	โพรง (ร้อยละ)	หนาตื้น ปานกลาง (ร้อยละ)	หนาตื้น (ร้อยละ)
สนสองใบ	Mean	41.99	22.46	9.14	8.48	11.11	38.89	50.00
	Std	7.42	1.62	2.68	3.24			
	n	18	18	18	18			
สนสามใบ	Mean	47.38	22.18	12.52	12.13	16.67	50.00	33.33
	Std	7.50	1.82	2.57	2.82			
	n	18	18	18	18			
สนทิวเขม	Mean	36.13	23.21	7.89	8.26	11.11	16.67	72.22
	Std	3.86	1.77	1.72	1.91			
	n	18	18	18	18			
สนทิวเขม 10 ปี	Mean	18.61	14.96	5.12	5.32	5.56	33.33	61.11
	Std	2.32	3.00	1.13	1.33			
	n	18	18	18	18			
สนโศกราช	Mean	33.28	20.69	7.91	7.49	0.00	77.78	22.22
	Std	7.61	2.33	3.78	2.70			
	n	18	18	18	18			
สนเทยูนาน	Mean	39.06	22.86	8.95	8.36	27.78	50.00	22.22
	Std	7.83	1.66	2.66	2.33			
	n	18	18	18	18			

หมายเหตุ: แกน Y ตามแนวทิศเหนือ-ใต้ แกน X ตามแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก Mean คือ ค่าเฉลี่ย , Std คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, No. คือ จำนวนตัวอย่าง

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณยางสนตามแผนการทดลองแบบ factorial in CRD 5x2x3 ปัจจัย จำนวน 3 ซ้ำ

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-value	P value
species	4	860455	215114	2.4717	0.053995
method	1	4994178	4994178	57.3839	2.60E-10
stimulant	2	1865732	932866	10.7188	0.000105
species:method	4	419397	103349	1.1875	0.325536
species:stimulant	8	1182466	147808	1.6983	0.117437
method:stimulant	2	1403256	701528	8.0607	0.000793
species:method:stimulant	8	496790	62099	0.7135	0.678595
residuals	60	5221859	87031		

หมายเหตุ: species คือ ชนิดไม้สน, method คือ วิธีการปลูก หรือวิธีเจาะรู, stimulant คือ สารกระตุ้น

จากตารางที่ 17 จะเห็นว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณยางสน คือ กรรมวิธีการเก็บเกี่ยวยางสน ($p < 0.05$) และสารกระตุ้น ($p < 0.05$) ส่วนชนิดไม้สนไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณยางสน ($p > 0.05$) หรือมีอิทธิพลเพียงเล็กน้อย ($p = 0.054$) กรรมวิธีการเก็บเกี่ยวยางสน และสารกระตุ้นมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณยางสน ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามชนิดไม้สนอาจมีอิทธิพลต่อปริมาณยางสนในระดับความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซนต์ นอกจากนี้จากการทดลองยังพบว่า ตามกรรมวิธีการปลูก และไม้ใส่สารกระตุ้น สันสองใบ และสนคาริเบย์ให้ปริมาณยางสนมากกว่าสนชนิดอื่นๆ (3.40 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี และ 2.13 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ตามลำดับ) ทำให้สรุปได้ว่า สนคาริเบย์เป็นสนที่มีศักยภาพในการให้ยางสนในเชิงพาณิชย์ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาตามกรรมวิธีเจาะรู และไม้ใส่สารกระตุ้นกลับพบว่า สนคาริเบย์ให้ปริมาณยางสนเพียง 0.22 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ต่างจากสนโคเคาร์ป่าที่ให้ปริมาณยางสนด้วยกรรมวิธีเจาะรู และไม้ใส่สารกระตุ้นถึง 0.58 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี (ภาคผนวกที่ 2) ดังนั้นพอสรุปได้ว่ากรรมวิธีการเก็บเกี่ยวมีอิทธิพลต่อปริมาณยางสน โดยที่กรรมวิธีการปลูกเป็นกรรมวิธีการเก็บเกี่ยวที่ให้ปริมาณยางสนมากกว่ากรรมวิธีเจาะรู ทั้งนี้ยางสนที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลว สีเหลืองใสที่มีความหนืดสูง มีกลิ่นฉุน และอาจมีเมือกสีขาวเล็กๆ คล้ายเกลือปะปนอยู่ในสบางชนิด เช่น สนมสามใบ เป็นต้น อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปปริมาณยางสนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณฝน เส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาดเรือนยอด และฤดูกาลในการเก็บเกี่ยว (Coppen and Hone, 1995) รวมทั้งอายุของสนชนิดต่างๆ ก็อาจมีผลต่อปริมาณยางสนเช่นกัน ทั้งนี้การคัดเลือกพันธุ์ที่ถูกต้องและเหมาะสมนักวิจัยได้เขียนอธิบายไว้ในหัวข้อ “วิธีการที่เหมาะสมในการเก็บยางสน”

อย่างไรก็ตาม ในการเพิ่มศักยภาพทางสารการใช้สารกระตุ้นเป็นสิ่งสำคัญ โดยสูตรของสารกระตุ้นมีอิทธิพลอย่างมากต่อปริมาณยางสน ($P<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสารกระตุ้นหรือสารเร่งต่อสนकारीเบียดตามกรรมวิธีการกีดเปลือก พบว่า สารเร่งที่มีการดัดแปลงมีความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ยางสนไหลเพิ่มขึ้นจาก 2.13 เป็น 9.32 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี แต่เป็นที่น่าแปลกใจว่า การเพิ่มความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกเป็น 60 เปอร์เซ็นต์ กลับทำให้ปริมาณยางสนลดลงเหลือเพียง 2.87 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี (ภาคผนวกที่ 2) ทั้งนี้อาจจำเป็นต้องเพิ่มสารออกฤทธิ์อื่นๆ เพื่อกระตุ้นให้สนมีการสะสมผล และเร่งการให้ปริมาณยางสน เช่น สารเร่งการเจริญเติบโต (เร่งการสะสมผล) และน้ำมันหล่อลื่น (เพิ่มประสิทธิภาพในการกระตุ้น) ถึงแม้ว่าในการศึกษาในระยะแรก สารเหล่านี้จะไม่ส่งผลเสริมการกระตุ้นปริมาณยางสนก็ตาม แต่อาจพอสรุปได้ว่า การใช้สารกระตุ้นหรือสารเร่ง ทำให้ได้ปริมาณยางสนเพิ่มมากขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะสารกระตุ้นที่มีการผสมกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ เพราะสารกระตุ้นสูตรนี้ทำให้ปริมาณยางสนหลายชนิดเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้จากการศึกษาอิทธิพลด้านอายุต่อปริมาณยางสน พบว่า สนकारीเบียดอายุ 30 ปี ตามกรรมวิธีการกีดเปลือก และไม่ใส่สารกระตุ้นจะให้ปริมาณยางสน 2.13 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ซึ่งมากกว่าสนकारीเบียดอายุ 10 ปี ตามกรรมวิธีการกีดเปลือก และไม่ใส่สารกระตุ้นที่ให้ปริมาณยางสนเพียง 1.41 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ซึ่งผลการศึกษาเป็นเช่นเดียวกับกับกรรมวิธีเจาะรู และไม่ใส่สารกระตุ้นที่สนकारीเบียดอายุ 30 ปี ให้ปริมาณยางสน 0.22 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ขณะที่สนकारीเบียดอายุ 10 ปี ให้ปริมาณยางสนเพียง 0.05 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ดังนั้นพอสรุปได้ว่า อายุมีอิทธิพลต่อปริมาณยางสน กล่าวคือ สนอายุมากให้ปริมาณยางสนมากกว่าสนอายุน้อย นอกจากนี้ยังพบว่า สนकारीเบียดอายุ 30 ด้วยกรรมวิธีการกีดเปลือก และไม่ใส่สารกระตุ้นผสมกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาณยางสนมากที่สุดประมาณ 9.32 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี (ภาคผนวกที่ 2) ซึ่งถือว่าเป็นกรรมวิธีที่มีศักยภาพในการขยายผลต่อยอดเชิงพาณิชย์ต่อไป

4.3.3 อิทธิพลของชนิด การเจริญ สสารกระตุ้นต่อคุณสมบัติของยางสน

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติ (คุณสมบัติ) ของยางสน ในส่วนของกลิ่น ความอวบน้ำ ความหนืด รวมถึงองค์ประกอบทางเคมีของยางสน ผลการศึกษา พบว่า ชนิดไม้สนไม่มีอิทธิพลต่อความอวบน้ำเฉพาะของยางสน ($p>0.05$) (ตารางที่ 18) โดยเฉลี่ย 5 ชนิด มีความอวบน้ำเฉพาะอยู่ระหว่าง 1.02-1.19 แต่เมื่อพิจารณาความหนืดของยางสนกลับพบว่า ชนิดไม้สนมีอิทธิพลต่อความหนืดของยางสน ($p<0.05$) (ตารางที่ 19) โดยสนเทศูมูนาที่มีความหนืด 66.03 เซนติพอยส์ (centipoise, cps) ซึ่งมากกว่าชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพของยางสนในแต่ละฤดูการ และอายุ พบว่า ไม่แตกต่างกันมากนัก (ตารางที่ 20-22)

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความถี่จำเพาะของยางสน

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	P value
treatment	4	0.01138	0.002845	2.39	0.1200
residuals	10	0.01191	0.001191		

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความถี่ของยางสน

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	P value
treatment	4	1.89E+10	4.70E+10	3.701	0.0424
residuals	10	1.27E+10	1.27E+10		

ตารางที่ 20 คุณสมบัติทางกายภาพของยางสนพื้นเมือง และสนต่างประเทศ ซึ่งเก็บช่วงฤดูหนาว

ชนิดไม้	คุณสมบัติทางกายภาพ		
	กลิ่น	ความถี่จำเพาะ	ความหนืด
สนสองใบ	ดูน	1.02 (0.01)	51.65 (1.17)
สนสามใบ	ดูน	1.09 (0.02)	59.60 (1.14)
สนกาลิเลโอ	ดูน	1.04 (0.01)	55.00 (1.58)
สนโศกป่า	ดูน	1.02 (0.01)	52.05 (1.55)
สนพญานาค	ดูน	1.19 (0.01)	66.03 (1.18)

หมายเหตุ: ตัวภายในวงเล็บ คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 21 คุณสมบัติทางกายภาพของยางสนพื้นเมือง และสนต่างประเทศ ซึ่งเก็บช่วงฤดูร้อน

ชนิดไม้	คุณสมบัติทางกายภาพ		
	กลิ่น	ความถี่จำเพาะ	ความหนืด
สนสองใบ	ดูน	1.09 (0.01)	51.45 (0.94)
สนสามใบ	ดูน	1.09 (0.01)	59.40 (0.89)
สนกาลิเลโอ	ดูน	1.04 (0.02)	54.40 (0.84)
สนโศกป่า	ดูน	1.02 (0.01)	51.45 (1.58)
สนพญานาค	ดูน	1.07 (0.01)	65.43 (0.64)

หมายเหตุ: ตัวภายในวงเล็บ คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 22 คุณสมบัติทางกายภาพของยางสนจากสนकारीใบอายุ 10 และ 30 ปี (เฉลี่ยทั้ง 2 ฤดู)

ชนิดไม้	คุณสมบัติทางกายภาพ		
	กัมมัน	ความถ่วงจำเพาะ	ความหนืด
สนकारीใบ (10 ปี)	สูง	1.07 (0.01)	59.40 (0.89)
สนकारीใบ (30 ปี)	สูง	1.04 (0.01)	54.70 (1.89)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางเคมีของยางสนจากสนชนิดต่างๆ พบว่า ชนิดไม้สนมีอิทธิพลต่อปริมาณแอลกอฮอล์ในใบ 3-คาร์บิน และเลขดัชนีในยางสน ($p < 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณสารแทนนินในยางสน ($p > 0.05$) (ตารางที่ 23-27) ทั้งนี้ผลสองใบมีปริมาณแอลกอฮอล์ในใบมากที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 80.36 ขณะที่สนโศคารูปามีปริมาณเบต้าโทเนน และแคแทกินมากที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 9.50 และ 3.27 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะที่เหมาะสมแก่การนำไปผลิตสารให้ความหอม ส่วนคนเทกนูมาที่มีปริมาณเลขดัชนี และ 3-คาร์บินมากที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 27.25 และ 13.50 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะที่เหมาะสมแก่การนำไปผลิตสารให้ความสะอาด ตัวที่ละลาย สารปรุงรส และสารปรุงกลิ่น (ตารางที่ 28)

ตารางที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอลกอฮอล์ในของยางสน

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	P value
treatment	4	17588	4397	57.49	1.10E-10
residuals	20	1530	76		

ตารางที่ 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเบต้าโทเนนของยางสน

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	P value
treatment	4	229.9	57.47	6.521	0.00158
residuals	20	176.3	8.81		

ตารางที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแคแทกินของยางสน

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	P value
treatment	4	29.78	7.445	1.452	0.254
residuals	20	102.58	5.129		

ตารางที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ 3-คาร์บินของยางสน

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	P value
treatment	4	766.0	191.5	16.27	4.45E-06
residuals	20	235.4	11.77		

ตารางที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอลกอฮอล์ของยางสน

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	P value
treatment	4	2607.1	651.8	302.1	<2E-16
Residuals	20	43.2	2.2		

ตารางที่ 28 องค์ประกอบทางเคมีของยางสนจากต้นชนิดต่างๆ

ชนิดไม้	องค์ประกอบ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)				
	แอลฟาไพนีน	เบต้าไพนีน	กลูเท็น	3-คาร์บิน	แอลกอฮอล์
สนสองใบ	80.36 (6.73)	2.00 (0.38)	1.10 (0.34)	13.18 (5.87)	1.35 (0.48)
สนสามใบ	38.19 (14.70)	1.65 (2.39)	0.49 (0.09)	0.39 (0.01)	1.08 (2.05)
สนหัวรี	15.11 (5.69)	2.63 (1.07)	0.43 (0.12)	2.15 (3.30)	13.06 (1.89)
สนโศกรูปไข่	73.31 (7.33)	9.50 (6.07)	3.27 (3.89)	4.57 (1.13)	1.88 (0.86)
สนทะเล	22.00 (5.92)	1.60 (0.55)	2.20 (3.22)	13.50 (3.50)	27.25 (2.49)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.3.4 การใช้ประโยชน์ยางสน

4.3.4.1 การใช้ประโยชน์ขึ้นรูปอนุภูมิ (เบื้องต้น)

ยางสนดิบ (pitch or crude resin) มีลักษณะเป็นของเหลวใสถึงเหลืองอำพัน เป็นมัน กลิ่นฉุน ติดไฟได้ และไม่ละลายในน้ำ ทั้งนี้จากการตรวจสอบเอกสาร พบว่า ผลผลิตยางสนดิบที่ตีควาได้มาจากสนที่มีอายุ 15-20 ปี หรือสนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20-25 เซนติเมตร โดยใน 1 ปี สามารถเก็บยางสนดิบได้ประมาณ 8-9 เดือน หรือเก็บได้ตลอดทั้งปีในประเทศเขตร้อน อย่างไรก็ตาม สน 1 ต้น ควรให้ปริมาณยางสนดิบ 3-4 กิโลกรัม/ปี หรือไม่ควรน้อยกว่า 2 กิโลกรัม/ปี (Coppens and Hone, 1995) และจากผลการทดลองที่ได้สามารถถ่วงน้ำหนักปริมาณ และคุณภาพของยางสนดิบ ตามชนิดไม้สนได้ดังตารางที่ 29

ตารางที่ 29 ปริมาณ และคุณสมบัติของยางสนดิบทั้ง 5 ชนิด

ชนิดไม้สน	ปริมาณ	คุณภาพ
สนสองใบ	+++	+
สนสามใบ	++	+/-
สนคาวีเบือ	+++	+++
สนโศคารูปา	+/-	+/-
สนเห็ดหูหนู	+/-	NA
สนคาวีเบือ 10 ปี	++	++

หมายเหตุ: ชนิด และคุณสมบัติทางสัณฐานจัดลำดับจากสูง (++) ไปต่ำ (-)

จากตารางที่ 29 จะเห็นได้ว่า เมื่อพิจารณาทางด้านปริมาณ พบว่า สนสองใบ และสนคาวีเบือให้ผลผลิตยางสนดิบดีที่สุด แต่เมื่อพิจารณาทางด้านคุณภาพกลับพบว่า สนคาวีเบือให้ผลผลิตยางสนดิบดีที่สุด ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า สนคาวีเบือเป็นสนที่ให้ผลผลิตยางสนดิบดีที่สุดทั้งในด้านการปริมาณ และคุณภาพ

โดยปกติยางสนดิบสามารถแยกได้เป็น 2 ส่วน คือ เทอร์เพนโอยด์ (terpentine) ซึ่งเป็นของเหลวจากการกลั่น และไวซิน (resin) ซึ่งเป็นของแข็งที่เหลือจากการกลั่น โดยมากนิยมใช้ ในอุตสาหกรรมสบู่ และอุตสาหกรรมกระดาษเป็นหลัก อย่างไรก็ตามในอุตสาหกรรมขนานเล็กจะเน้นไปใช้ปริมาณของยางสนดิบเป็นหลัก ขณะที่ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จะเน้นไปที่องค์ประกอบทางเคมีของยางสนดิบเป็นหลัก

เทอร์เพนโอยด์เป็นของเหลวใส ติดไฟ กลิ่นฉุน รสขม และไม่ละลายในน้ำ สามารถใช้เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ สารทำความสะอาดล้างรถ หรือถูขนานานกับแอมโมเนียได้สารจำพวกโพนิน (phenol) ซึ่งใช้ทำสารปรุงกลิ่น และสารปรุงรสต่างๆ สารพลอยได้ (by-products) สามารถใช้เป็นสารฟอกขาว สารทำความสะอาด และสารให้กลิ่นอื่นๆ

ไวซินเป็นของแข็ง เปราะ โปร่งแสง สีเหลืองอำพัน และไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ ไวซินมีองค์ประกอบเป็นสารพวก abietic และ pimaric type จำนวนมาก ทำให้การนำไปใช้ประโยชน์มีหลากหลาย เช่น สามารถใช้ทำกาว สารกันความชื้นในกระดาษ สารเคลือบในหมึกสารเคลือบผิว สารเชื่อม หรือประสาน ยางสังเคราะห์ สารผสมในพลาสติก สบู่ และผงซักฟอก อย่างไรก็ตามในกระบวนการใช้งานเบื้องต้นอาจจะได้สารพลอยได้ (by-products) ส่วนใหญ่เป็นเกส และเอสเทอร์ ซึ่งสามารถใช้เป็นสารทำความสะอาดต่างๆ ได้

4.3.4.2 การใช้ประโยชน์ขึ้นสู่ผิวยูนิ (ขึ้นสูง)

การใช้ประโยชน์ขึ้นสูงของยางสนจะต้องพิจารณาจากการกั้นยางสนดิบให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสารเคมีเด่นที่หลากหลาย เช่น เบต้าโทนิน แอลฟาโทนิน และคาร์บิน เป็นต้น ซึ่งสารสำคัญเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดประเภทของผลิตภัณฑ์ และหาแนวทางในการเพิ่มมูลค่าด้วยผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ ซึ่งจะเน้นการใช้งานในรูปแบบใหม่ๆ โดยลักษณะการใช้ประโยชน์ต่างๆ แสดงดังตารางที่ 30

ตารางที่ 30 สารเคมีบางส่วนที่ได้จากการสกัดเทอร์เพนโกลิน และการใช้ประโยชน์

สารเคมี	การใช้ประโยชน์
แคมฟีน	ธาร์กฮาโรค สารปรุงแต่งในพลาสติก สารให้ความหอม
3-คาร์บิน	ธาร์กแอลกอฮอล์
แอลฟาโทนิน	สารให้ความหอม
เบต้าโทนิน	สารให้ความหอม
เบต้าโทนินอีมีล	สารประสาน (การ)
เลอโนบิน	สารทำความสะอาด ตัวทำละลาย สารปรุงรส สารปรุงกลิ่น

ที่มา: Gscheldmeier and Fleig (1996); NTP (1990)

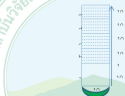
วิธีการที่เหมาะสมในการเก็บยางสน

การเก็บยางสนต้องพิจารณาตั้งแต่การเลือกชนิด อายุ ขนาดต้น ความชื้น และสารกระตุ้นประเภทอื่น จากการผลิตทำให้มีการรวมวิธีที่เหมาะสมในการเก็บยางสน ดังนี้

1. ทำการเลือกเก็บยางสนจากสวนสุกเจริญอายุประมาณ 30 ปี ด้วยวิธีกรีดเลือกโดยคัดเลือกต้นสนที่มีลักษณะลำต้นเปลาตรง ขนาดเส้นรอบวงเพียงน้อยกว่า 100 เซนติเมตร ความสูงมากกว่า 10 เมตร มีทรงพุ่มหนาทึบ (Dense) มีใบ และกิ่งก้านที่แน่นหนาหักงอไม่สามารถมองทะลุได้
2. ทำการกรีดเปลือกในส่วนโคนสูงจากพื้นดินประมาณ 1.30 เมตร โดยเลือกด้านทิศตะวันออกของลำต้น แล้วทำการถากเปลือกนอก และเปลือกในออก
3. ทำการขีดเส้น เพื่อเป็นแนวทางในการกรีดเลือกบริเวณที่เลือกไว้ ทำการขีดเส้นด้วยเชือก เริ่มจากเส้นตรงแนวอนมีทั้งหมด 5 เส้น โดยแต่ละเส้นตรงมีความกว้าง 10 เซนติเมตร เท่ากัน ซึ่งปลายด้านซ้ายของทุกเส้นตรงเป็นแนวเดียวกัน และแต่ละเส้นมีความสูงจากพื้นดังนี้

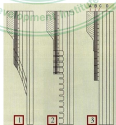
- 3.1 เส้นตรงแนวนอนที่ 1 สูงจากพื้น 30 ซม.
- 3.2 เส้นตรงแนวนอนที่ 2 สูงจากพื้น 40 ซม.
- 3.3 เส้นตรงแนวนอนที่ 3 สูงจากพื้น 50 ซม.
- 3.4 เส้นตรงแนวนอนที่ 4 สูงจากพื้น 60 ซม.
- 3.5 เส้นตรงแนวนอนที่ 5 สูงจากพื้น 70 ซม.

เมื่อขีดเส้นตรงแนวนอนครบถ้วนแล้ว ทำการขีดเส้นตรงแนวตั้ง โดยเริ่มจากปลายด้านซ้ายของเส้นตรงแนวนอนที่ 5 ลากลงมาถึงปลายด้านซ้ายของเส้นตรงแนวนอนที่ 1 และขีดเส้นตรงแนวตั้งที่ปลายด้านขวาของเส้นตรงแนวนอนที่ 5 ลากลงมาถึงปลายด้านขวาของเส้นตรงแนวนอนที่ 1 ดังภาพที่ 46



ภาพที่ 46 ตัวอย่างการวาดแนวทางในการกีดเป็อีก

4. ใช้ขวานลับส่วนเปลือกนอก เปลือกใน และแฉกเป็อีกจนถึงเนื้อไม้ (บริเวณ D) ดังภาพที่ 47 ในบริเวณรอบสี่เหลี่ยม ๑ ที่อยู่บริเวณล่างสุดตามขนาดที่ขีดไว้ (10×10 เซนติเมตร) จากนั้นใช้ค้อนตอกสว่าเพื่อโพรงน้ำเนื้อไม้เรียบ



ภาพที่ 47 ตัวอย่างแสดงลักษณะของเปลือกไม้

5. ให้ความหนักเป็นรอยได้ตามแนวเส้นตรงแนวนอนเส้นที่ 1 เพื่อให้เป็นร่องสำหรับเสียบแผ่นอะลูมิเนียมขนาด 10×10 เซนติเมตร เสียบให้เอียงทำมุมประมาณ 30 องศา กับระนาบของลำต้น จากนั้นนำถุงพลาสติกขนาด 7×11 นิ้ว มารองรับน้ำยาง โดยให้ด้านปากถุงกางอยู่ใต้แผ่นอะลูมิเนียม และใช้ตะปูตอกยึดถุงทั้งสองด้านไว้กับลำต้นดังภาพที่ 48



ภาพที่ 48 ตัวอย่างการติดตั้งภาชนะรองรับยางสน

6. ฉีดสารผสมกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 10 มิลลิลิตร บริเวณที่เป็นรอยแผลจากการกรีด เพื่อชะลอการแข็งตัวของยางสน

7. เก็บยางสนทุกๆ 3 วัน พร้อมทั้งทำเปลี่ยนถุงรองรับน้ำยางทุกครั้ง จากนั้นทำการกรีดเปลือกให้สูงขึ้นจากรอยแผลเดิมครั้งละ 1 เซนติเมตร และทำการฉีดสารผสมเร่งยางสนปริมาณ 10 มิลลิลิตร ที่รอยแผลทุกครั้ง

8. ยางสนทั้งหมดถูกนำไปผสมออกซิเจนและนำไปแปรรูป เพื่อใช้ประโยชน์เป็นพวกสารเคลือบผิว สารกันน้ำ และสารให้ความร้อนในผลิตภัณฑ์ต่างๆ

แนวทางการใช้ประโยชน์ไม้สนและยางสนพื้นเมืองและสวนต่างถิ่น

การใช้ประโยชน์ไม้สนที่มีในพื้นที่สูงที่มีศักยภาพ เมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติด้านต่างๆ จะมีการใช้ใน 2 รูปแบบ คือ



ภาพที่ 49 แนวทางการใช้ประโยชน์ไม้สน และยางสนจากไม้สนพื้นเมือง และ ไม้สนต่างถิ่น

จากภาพที่ 49 การใช้ประโยชน์ไม้สนจากป่าปลูก และป่าธรรมชาตินอกจากการอนุรักษ์ทรัพยากรดิน และน้ำแล้ว ยังอาจสามารถแยกออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ การกรีดยางสน (pine tapping) และการใช้ประโยชน์เนื้อไม้สน (timber)

1) การใช้ประโยชน์จากยางสน เมื่อทำการกรีดเปลือกตามกรรมวิธีที่เหมาะสมแล้ว จะได้ยางสนดิบ (crude gum, CG) โดยยางสนดิบนี้จะถูกกลั่นด้วยอุณหภูมิ 160-170 องศาเซลเซียส ได้สารที่เป็นของแข็งที่สกัดระกอนเรียกว่า ชันสน (gum rosin, GR) ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ และได้ในส่วนของสารระเหยที่ควบแน่นเป็นของเหลวเรียกว่า เทอร์เพนโทล (gum turpentine, GT) ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ และอีก 15 เปอร์เซ็นต์เป็นน้ำ ซึ่งชันสน และเทอร์เพนโทลสามารถนำมาแปรรูป เพื่อใช้ประโยชน์เป็นพวกพลาสติก ยานยนต์ สารกันน้ำ และสารให้ความหอมในผลิตภัณฑ์ต่างๆ จากผลการทดลองของสบไพบ สอนสามใบ และสนโศกราป มีปริมาณแอลฟา โฟนีนเป็นหลักเหมาะแก่การทำเป็นสารให้ความหอม ส่วนสนคาริเบอ และสนเทศูมามีปริมาณ

แอลฟาไพนิน และเฮกเซนเป็นหลัก ซึ่งเหมาะแก่การทำเป็นสารทำความสะอาด ตัวทำละลาย สารปรุงรส สารปรุงกลิ่น และสารให้ความหอม

2) การใช้ประโยชน์รูปของเนื้อไม้ ไม้สนทั้ง 5 ชนิด สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องผ่าน 3 กระบวนการ คือ แปรรูป การอัดน้ำยา และการอบ เพื่อนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป ซึ่งไม้สนทั้ง 5 ชนิด สามารถใช้เป็นไม้ใช้สอย และไม้พลังงาน ตามแผนการใช้ประโยชน์เนื้อไม้สน ภาพที่ 50



ภาพที่ 50 แนวทางในการใช้ประโยชน์เนื้อไม้สน

ในการใช้ประโยชน์ไม้ เพื่อใช้สอยจะทำการแปรรูปไม้สน ซึ่งมีน้ำหนักเบาถึงปานกลาง เนื้อไม้สนตัวกันมีคุณสมบัติที่โดดเด่นในแง่ของการรับแรงเป็นโครงสร้างต่างๆ เช่น คาน ดง และโครงถักต่างๆ เสาอาคาร เสาเข็ม คร่าวผ้า และไม้รองหมอนรถไฟ ข้อต่อ ไม้พื้น และเครื่องเรือนต่างๆ เป็นต้น ไม้สนต้องแปรรูปให้ได้ความหนาไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร และความกว้างไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร โดยความยาวขึ้นอยู่กับการใช้งาน โดยทั่วไปมี 4 ขนาด คือ 2-2.5, 3-5.5, 6-7.5 และ 8 เมตรขึ้นไป (ตารางที่ 31)

ตารางที่ 31 ขนาดทั่วไปของไม้แปรรูปที่ใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ

ชนิดไม้แปรรูป	ความหนา	ความกว้าง	ความยาว	หน่วย
ขนาดไม้แปรรูปแบบไม้ผ่า	1/2-3/4	4-6	8-10	นิ้ว
ขนาดไม้แปรรูปแบบไม้เล้า	-----	4,5,6	-----	ตารางนิ้ว
ขนาดไม้แปรรูปแบบไม้พื้น	1	-	-	
ขนาดไม้แปรรูปแบบไม้กระเบื้อง	1	1	-	นิ้ว

หลังจากการแปรรูปไม้ต้องอาบน้ำยาด้วยสารเคมี โดยใช้สารโครเมตคอปเปอร์อาร์ซีน (CCA) โดยทำการอัดน้ำยาแบบเต็มเซลล์ เริ่มจากการไล่อากาศ และนำออกจากเนื้อไม้ ด้วยระบบ

สูญอากาศ แล้วทำการอัดน้ำยาด้วยแรงดัน 7-13 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อุณหภูมิประมาณ 80-100 องศาเซลเซียส นานประมาณ 2-3 ชั่วโมง ลดความดันแล้วปล่อยน้ำยาออก หลังจากให้น้ำยาจะทำการอบไม้ในเตาอบไม้ทั่วไปที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส นาน 2-3 วัน จนกว่าจะได้ความชื้นตามต้องการประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการใช้กระแสอากาศเร็ว 64-80 เมตรต่อวินาที แล้วใช้เป็นไม้เพื่อการก่อสร้าง เครื่องเรือน เฟอร์นิเจอร์ ของเล่นสำหรับเด็ก เป็นผลิตภัณฑ์หลัก นอกจากนั้นเศษไม้ ปลายไม้ และชิ้นเลื่อยยังสามารถใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่น ได้ดังนี้ 1) ทำไม้ประสานสำหรับทำไม้พื้น ไม้วงกบ ไม้บานกรอบหน้าต่าง 2) ทำแผ่นขึ้นไม้ยึด จากเศษไม้เหลือจากการใช้งานข้างต้น โดยจะทำการแผ่นขึ้นไม้ยึดได้ก็จะติดเป็นไม้ที่มีความหนาแน่นต่ำ และ 3) เศษเหลืออื่นๆ จากการใช้ประโยชน์ข้างต้นใช้ทำ เชื้อเพลิง และถ่าน เป็นต้น

ในการใช้ประโยชน์ไม้เพื่อพลังงานแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ ไม้ท่อน และถ่านไม้ สำหรับไม้ท่อนเมื่อทำการเผาไม้สนจะทำให้ค่าความร้อนประมาณ 4,000-5,000 แคลอรี สำหรับถ่านไม้ทำการเผาไม้สนในเตาเผามาตรฐาน โดยทำการไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 20-270 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถลดความชื้นจาก 50-60 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 20-30 เปอร์เซ็นต์ได้ หลังจากนั้นทำการเปลี่ยนไม้เป็นถ่านที่อุณหภูมิ 270-400 องศาเซลเซียส โดยทำให้สารเคมีส่วนใหญ่ในเนื้อไม้แตกสลายไป แล้วทำการทำให้บริสุทธิ์ด้วยอุณหภูมิ 400-700 องศาเซลเซียส แล้วทำให้ถ่านเย็นตัวลง จะได้ถ่านไม้สนที่มีคุณภาพสูง มีค่าความร้อนประมาณ 8,000 แคลอรี

4.4 การศึกษาระบบรวมนิเวศในการจัดการไม้สนพื้นเมือง/ต่างประเทศ

การศึกษาที่ 1 การจัดการไม้สนพื้นเมือง

4.4.1 ทำการคัดเลือกต้นไม้ตัวอย่าง จำนวนอย่างน้อย 17 ต้น ทั่วทั้งพื้นที่ (เนื่องจากการสร้างเส้นพิกัดมีวงปีไม้ตัวอย่างจะนำเชื้อติด เมื่อตรวจสอบด้วยต้นไม้ตัวอย่าง จำนวน 5-7 ต้น โดยจะทำการเจาะต้นละ 2 ต้น อย่างไรก็ตามควรเก็บจำนวนตัวอย่างให้มากกว่านี้ เนื่องจากไม้ตัวอย่างบางตัวอย่างอาจไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการได้ ฉะนั้นจำนวนวิจัยส่วนใหญ่จึงนิยมทำการเจาะไม้ตัวอย่างจำนวนอย่างน้อย 17 ต้นต่อหนึ่งพื้นที่การศึกษา เพื่อไม่ให้เป็นการรบกวนต้นไม้ในพื้นที่มากเกินไป และเพื่อลดต่อการทดสอบความน่าเชื่อถือทางสถิติ ทั้งนี้หากผลการทดสอบทางสถิติไม่ผ่านอาจต้องทำการเพิ่มจำนวนตัวอย่างในพื้นที่อีกครั้ง อย่างไรก็ตามในการกำหนดจำนวนตัวอย่างจะต้องคำนึงถึงงบประมาณในการดำเนินงานด้วยเช่นกัน) เพื่อเจาะใส่ไม้ตัวอย่างมาวิเคราะห์การเติบโตตามหลักวิทยาศาสตร์ (Dendrochronology) โดยมีหลักในการเลือกตัวอย่างไม้สนในแต่ละต้น คือ มีลักษณะเรือนยอดสมบูรณ์ ลำต้นเปลาตรง ไม่มีพุ่มหน หรือความผิดปกติมากนัก และถูกรบกวนจากปัจจัยภายนอกน้อย เช่น ไฟป่า หรือปัจจัยอื่นๆ ดังแสดงในภาพที่ 51 และนำไปใช้ไม้ตัวอย่างมาศึกษาในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หาอายุหาชั้น คำนวณหาสูตร วิทยาศาสตร์เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยติดใส่ไม้ตัวอย่างด้วยการไว้บนร่องของแผ่นรองรับไม้ที่จัดเตรียมไว้สำหรับยึดใส่ไม้ตัวอย่างให้แน่น โดยให้ด้านตัดขวาง (Transverse Section) ขึ้นด้านบน และให้ไม้ตัวอย่างอยู่เหนือแผ่นรองรับไม้ ประมาณ 1 ใน 2 ส่วน ทำการเขียนรหัสกำกับ และยึดแท่งไม้ตัวอย่างกับแผ่นรองรับไม้อีกครั้งด้วยการนำกระดากการพันรอบตัวอย่างเพื่อยึดให้แน่น ป้อนยี่ห้อยให้ทั่วทั้งแท่ง และนำใส่ไม้ตัวอย่างไปจัดด้วยเครื่องอัดกระดาษทราย โดยดำเนินการเปลี่ยนจากกระดาษทรายหยาบไปละเอียดจนเห็นลักษณะวงปีชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 52 เพื่อนำมาทดสอบแนวโน้มในการศึกษาทางจุลชีววิทยาในขั้นต้น



ภาพที่ 51 การเจาะไม้สอดงอใบในพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 52 ใส่ไม้ตัวอย่างของสนสองใบ

ไม้สนสองใบที่ใช้ในการศึกษา มีลักษณะความกว้างวงปีที่ดีค่อนข้างแคบ นอกจากนี้ยังพบลักษณะของวงปีปลอม (False Ring) ค่อนข้างมาก เมื่อตัดอย่างไม้สนสองใบ ผ่านเทคนิค Crossdating ซึ่งเป็นเทคนิคสำหรับกำหนดปี (ท.ศ.) ของวงปีไม้ไม้แต่ละวงปีให้อยู่ตรง หลังจากผ่านขั้นตอนการวัดความกว้างวงปีไม้ ข้อมูลความกว้างวงปีไม้จะถูกนำมาทดสอบความถูกต้องของปี (ท.ศ.) ของวงปีไม้ โดยการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป COFECHA ซึ่งกำหนดช่วงเวลาทุก 50 ปี เช่น ช่วงเวลาแรกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2350 ถึง พ.ศ. 2400 และในการคำนวณช่วงเวลาต่อมาจะนำข้อมูลเดิม 25 ปี มาเทียบกับ โดยช่วงเวลาที่นำมาจะครอบคลุม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2325 ถึง พ.ศ. 2375 โดยข้อมูลความกว้างวงปีไม้ทั้งหมดจะนำมาหาความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient) และค่าต่ำสุดของระดับวิกฤตของสหสัมพันธ์ (Critical Level of Correlation) ที่สัมพันธ์ได้ ในทุกช่วงเวลาจนถึงช่วงเวลาที่ปัจจุบัน

ค่าความสัมพันธ์ของความกว้างวงปีไม้ในการมีกำหนดช่วงเวลาทุก 50 ปี ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ได้กำหนดค่าต่ำสุดของระดับวิกฤตของสหสัมพันธ์ คือ 0.3281 (Holmes, 1983) หากความกว้างวงปีไม้ในช่วงปีใดมีค่าน้อยกว่าค่าสุดของระดับวิกฤตของสหสัมพันธ์ แสดงว่า ความกว้างวงปีไม้ในช่วงเวลาดังกล่าวอาจมีความผันแปรสูง หรือมีความคลาดเคลื่อนของการกำหนดปีในการวัดความกว้างวงปีไม้ ในการวิจัยนี้พบว่า ชุดความกว้างวงปีไม้ จาก 34 ตัวอย่างส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับค่าความกว้างวงปีไม้สูงกว่าระดับวิกฤตของสหสัมพันธ์ดังแสดงในภาพที่ 53 โดยในเพียง 2 ตัวอย่างเท่านั้น ที่มีค่าต่ำกว่าระดับวิกฤตของสหสัมพันธ์จึงไม่นำมาตัวอย่างวันที่ 16 และ 17 มาวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อมา

Correlation coefficients between radial segments, segment 20 years
 (Fig. 1) * correlation index = $\frac{1 - R^2}{R^2}$ (R = correlation coefficient) * * correlation higher than value shown indicates
 significance at 1% level

Seg. from	Seg. to	1875-1895	1895-1915	1915-1935	1935-1955	1955-1975	1975-1995	1995-2015	1995-2015
1	20	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
2	21	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
3	22	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
4	23	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
5	24	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
6	25	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
7	26	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
8	27	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
9	28	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
10	29	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
11	30	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
12	31	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
13	32	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
14	33	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
15	34	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
16	35	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
17	36	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
18	37	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
19	38	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
20	39	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
21	40	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
22	41	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
23	42	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
24	43	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
25	44	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
26	45	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
27	46	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
28	47	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
29	48	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
30	49	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
31	50	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
32	51	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
33	52	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
34	53	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
35	54	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
36	55	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
37	56	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
38	57	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
39	58	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
40	59	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
41	60	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
42	61	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
43	62	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
44	63	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
45	64	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
46	65	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
47	66	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
48	67	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
49	68	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
50	69	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99

ภาพที่ 53 การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป COFECHA

อย่างไรก็ตามในการวิจัยนี้พบว่า ชุดความกว้างวงปีไม้จาก 30 ตัวอย่าง มีบางช่วงเวลาที่ค่าความสัมพัทธ์มีค่าน้อยกว่าค่าต่ำสุดของระดับวิกฤตของสหสัมพันธ์ แต่สามารถยอมรับได้ ยกตัวอย่างเช่น

ตัวอย่างไม้ 4๑ พบว่า ในช่วงเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1781 ถึง ค.ศ. 1830 และ ค.ศ. 1925 ถึง ค.ศ. 1974 มีความสัมพันธ์น้อยกว่าค่าของระดับวิกฤตของสหสัมพันธ์ โดยมีค่าเท่ากับ 0.290 แต่เนื่องจากโปรแกรม COFECHA ได้ทำการจำลองค่าความสัมพันธ์ในการมีผลผิดพลาดในการนับวงปีขาด หายเกินในช่วง 10 ปี ซึ่งพบว่า ค่าความสัมพันธ์ 0.290 และ 0.280 เป็นค่าความสัมพันธ์ที่มากที่สุด ในช่วงนั้นแล้ว เมื่อพิจารณาจากไม้มีตัวอย่าง และค่าความกว้างวงปี ในช่วงดังกล่าวพบว่า ค่าความกว้างวงปีช่วงปีดังกล่าวมีวงปีค่อนข้างมาก จึงทำให้มีความผันแปรสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ ค่าสถิติที่ได้จึงน้อยกว่าค่าของระดับวิกฤตของสหสัมพันธ์ และพบว่า ในช่วงเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1875 ถึง ค.ศ. 1924 และช่วงตั้งแต่ปี ค.ศ. 1900 ถึง ค.ศ. 1949 มีความสัมพันธ์น้อยกว่าค่าต่ำสุดของระดับวิกฤตของสหสัมพันธ์ โดยมีค่าเท่ากับ 0.340 และ 0.240 ตามลำดับ แต่เนื่องจากโปรแกรม COFECHA ได้ทำการจำลองค่าความสัมพันธ์ในการมีผลผิดพลาดในการนับวงปีขาด หายเกินในช่วง 10 ปี ซึ่งพบว่า ค่าความสัมพันธ์ดังกล่าว เป็นค่าความสัมพันธ์ที่มากที่สุดในช่วงเวลานั้นแล้ว เมื่อพิจารณาจากไม้มีตัวอย่าง และค่าความกว้างวงปีในช่วงดังกล่าว พบว่า ค่าความกว้างวงปีช่วงบริเวณดังกล่าวมีลักษณะวงปีแคบติดกันเป็นแถบ ทำให้ความผันแปรสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ ค่าสถิติที่ได้จึงน้อยกว่า ซึ่งหากแก้ไขตามคำแนะนำของโปรแกรมจะทำให้ช่วงเวลานั้นที่ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างวงปีกับปีดังกล่าวถูกต้องอยู่แล้วเกิดผลผิดพลาดต่อเนื่องตามๆ ผู้วิจัยจึงใช้ค่าความกว้างวงปีตามค่าที่วัดได้ โดยไม่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของโปรแกรมดังแสดงในภาพที่ 54

๑๐ 1/10 to 2013

[X] Segment	819	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1781 1830	0	0.00	0.17	0.34	0.51	0.68	0.85	1.02	1.19	1.36	1.53	1.70	1.87	2.04	2.21	2.38	2.55	2.72	2.89	3.06	3.23	3.40
1875 1924	1	0.00	0.17	0.34	0.51	0.68	0.85	1.02	1.19	1.36	1.53	1.70	1.87	2.04	2.21	2.38	2.55	2.72	2.89	3.06	3.23	3.40
1900 1949	1	0.00	0.17	0.34	0.51	0.68	0.85	1.02	1.19	1.36	1.53	1.70	1.87	2.04	2.21	2.38	2.55	2.72	2.89	3.06	3.23	3.40
1925 1974	0	0.17	0.34	0.51	0.68	0.85	1.02	1.19	1.36	1.53	1.70	1.87	2.04	2.21	2.38	2.55	2.72	2.89	3.06	3.23	3.40	3.57

ภาพที่ 54 ค่าแนะนำในการแก้ไขความผิดพลาดจากการวิเคราะห์สถิติจากโปรแกรม COFECHA

จากเจาะไม้มีตัวอย่างได้ทำการเลือกต้นสนสองใบขนาดใหญ่ และไม่มีร่องรอยผลจากการทำไม้เกียะ เพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา พบว่า ต้นสนสองใบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 42.8-78.1 เซนติเมตร และมีความสูงระหว่าง 26.2-38.4 เมตร จากการวัดความกว้างวงปีไม้ที่ได้ผ่านการทดสอบด้วยโปรแกรม COFECHA เพื่อยืนยันปี พ.ศ. ที่วงปีเกิดขึ้น ตัวอย่างไม้มีที่มีอายุมากที่สุด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 77.5 เซนติเมตร มีความกว้างของวงปีวงสุดท้ายในปี พ.ศ. 2235 ดังนั้นจึงสามารถกำหนดช่วงของความกว้างวงปีได้ถึง 324 ปีย้อนหลัง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2235 ถึงปี

พ.ศ. 2558 ส่วนตัวอย่างไม้สนสองใบที่มีอายุน้อยที่สุดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 44.7 เซนติเมตร มีอายุ 84 ปี ตั้งแสดงในตารางที่ 32

ตารางที่ 32 ข้อมูลความกว้างวงปีไม้สนสองใบ

รหัสตัวอย่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย อก (ซม.)	ความสูง (ม.)	จำนวนวงปี	ปีเริ่มต้น	ปีสุดท้าย
1N	73.8	34.7	305	2254	2558
1E	73.8	34.7	282	2277	2558
2N	64	30.7	251	2328	2558
2E	64	30.7	251	2328	2558
3E	66.1	26.2	135	2424	2558
3N	66.1	26.2	243	2316	2558
4E	78.1	33.7	235	2324	2558
4N	78.1	33.7	217	2342	2558
5N	63.4	36.1	200	2359	2558
5E	63.4	36.1	191	2368	2558
6E	61.5	36.1	212	2347	2558
6N	61.5	36.1	215	2344	2558
7E	68.9	30.6	221	2338	2558
7N	68.9	30.6	227	2332	2558
8N	73.5	36.8	205	2354	2558
8W	73.5	36.8	207	2352	2558
9E	44.7	28.3	84	2475	2558
9N	44.7	28.3	74	2485	2558
10E	49.6	27.6	89	2470	2558
10N	49.6	27.6	92	2482	2558
11N	42.8	27.2	101	2458	2558
11E	42.8	27.2	100	2459	2558
12N	67.4	38.4	106	2453	2558
12E	67.4	38.4	85	2474	2558
13N	57.2	32.8	126	2433	2558
13E	57.2	32.8	142	2417	2558
14N	77.5	36.9	324	2235	2558
14E	77.5	36.9	323	2236	2558
15N	58.9	30.8	108	2451	2558
15E	58.9	30.8	110	2449	2558

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของไม้สนสองใบ

เนื่องจากอายุของต้นสนสองใบมีการกระจายออกเป็น 3 ชั้นอายุ ประกอบด้วย อายุ 74-142 ปี, 143-231 ปี และ 232- 32 ปี ดังนั้นการวิเคราะห์การเติบโตจึงได้รูปแบบเพื่อใช้อธิบายทั้งหมด 3 ช่วง เพื่อให้ครอบคลุมอายุทั้งหมดของไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษา โดยข้อมูลความกว้างวงปีที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยแบบการเติบโต โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของวงปีไม่กับเวลา (ปี) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ในการสร้างแบบการเติบโตนั้นได้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) โดยใช้รูปแบบความสัมพันธ์ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์การเติบโตในรูปแบบต่าง ได้แก่ สมการเชิงเส้น (Linear Equation) สมการเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Equation) และสมการโค้งรูปตัว S (S-Curve Equation) โดยมีตัวแบบการถดถอยตามลำดับ ดังนี้

$$\text{สมการเชิงเส้น : } DBH = b_0 + b_1(x)$$

$$\text{สมการเอ็กซ์โปเนนเชียล : } DBH = b_0 \cdot e^{b_1(x)}$$

$$\text{สมการโค้งรูปตัว S : } DBH = \frac{c}{b_0 + b_1(x)}$$

$$\text{โดย } b_0 = \text{ค่าคงที่}$$

$$b_1 = \text{ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ}$$

$$x = \text{ปี}$$

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสร้างตัวแบบการเติบโต ดังแสดงในตารางที่ 33 พบว่า ในช่วงอายุ 74-142 ปี ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้ เท่ากับ 53.43 เซนติเมตร มีตัวแบบการเติบโตแบบสมการเส้นตรง $DBH = -0.0017year + 0.5309$ ($R^2=0.181$)

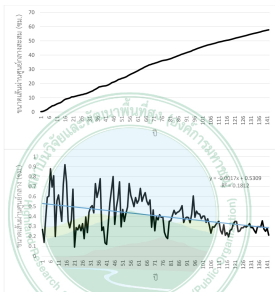
ในช่วงอายุ 191-231 ปี ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้มิ เท่ากับ 67.93 เซนติเมตร มีตัวแบบการเติบโตแบบสมการเอ็กซ์โปเนนเชียล $DBH = 0.447e^{(-0.0052year)}$ ($R^2=0.665$)

ในช่วงอายุ 282-324 ปี ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้มิ เท่ากับ 75.65 เซนติเมตร มีตัวแบบการเติบโตแบบสมการเอ็กซ์โปเนนเชียล $DBH = 0.276e^{(-0.0048year)}$ ($R^2=0.496$)

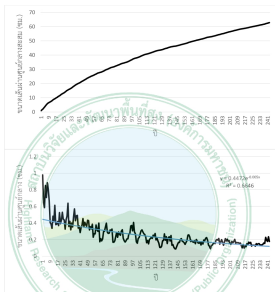
ตารางที่ 33 ตัวแบบการเติบโตที่เหมาะสมในแต่ละชั้นอายุสนสองใบ

ช่วงอายุ	ค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเชิงฉาก (ซม.)	ตัวแบบการเติบโต	R^2
74-142	53.43	$DBH = -0.0017year + 0.5309$	0.181
191-231	67.93	$DBH = 0.447e^{(-0.0052year)}$	0.665
282-324	75.65	$DBH = 0.276e^{(-0.0048year)}$	0.496

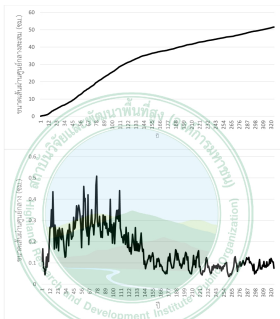
เมื่อพิจารณาการเติบโตพบว่า ในช่วงอายุ 74–142 ปี มีความสัมพันธ์ในรูปแบบสมการเส้นตรง ซึ่งค่า R^2 ของรูปแบบการเติบโตค่อนข้างต่ำ เนื่องจากมีความแปรปรวนของอัตราการเติบโตค่อนข้างมาก โดยมีค่าเฉลี่ยการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นปีละ 0.41 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 55 ไม่สนใจสองในในช่วงอายุ 143–231 ปี มีตัวแบบการเติบโตแบบสมการเอ็กซีโปเนนเชียลมีค่าเฉลี่ยการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นปีละ 0.23 เซนติเมตร มีการเติบโตที่จะเพิ่มขึ้นในอัตราที่ค่อนข้างคงที่ดังแสดงในภาพที่ 56 และไม่สนใจสองในช่วงอายุ 232–324 ปี มีตัวแบบการเติบโตแบบสมการเอ็กซีโปเนนเชียล โดยสามารถแบ่งช่วงการเติบโตได้เป็น 2 ช่วงอย่างชัดเจน ช่วงปีที่ 1–142 ปี ค่าเฉลี่ยการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นปีละ 0.25 เซนติเมตร ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวอาจเป็นช่วงการเติบโต ระยะที่ 1 และระยะที่ 2 สอดคล้องกับความสัมพันธ์ของการเติบโต และเวลาช่วงสิ่งมีชีวิตเรียกว่า Sigmoid Growth-Curve ที่นับเป็นจากต้นไม้จะมีอัตราการเติบโตในระยะเวลาต่างๆ ตลอดวงจรชีวิตที่ไม่เท่ากัน คือ ในช่วงถูกไม้เป็นระยะที่การเติบโตเป็นไปอย่างช้าๆ และจะมีการเติบโตที่จะเพิ่มขึ้นในอัตราที่ค่อนข้างคงที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง (Linear phase) ความแตกต่างของอัตราการเติบโตจะอยู่ที่ความลาดชันของเส้นตรง ซึ่งช่วงนี้มักจะใช้เวลานาน ภายหลังจากโตเต็มที่แล้วเป็นระยะที่ต้นไม้มีการเติบโตเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงถือว่าเป็นระยะที่ต้นไม้มีความแก่ทางสรีรวิทยา (ลดวีย์, 2550) โดยตั้งแต่ปีที่ 143 ซึ่งเป็นช่วงที่การเติบโตเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงมีค่าเฉลี่ยการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นปีละ 0.09 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 57



ภาพที่ 55 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมัธยมศึกษาตอนต้นกับเวลา (ปี) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันในช่วงอายุ 74-142 ปี



ภาพที่ 56 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกับเวลา (ปี) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันในช่วงอายุ 143-231 ปี



ภาพที่ 57 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดชั้นผ่านศูนย์กลางไม้นสองใบกับเวลา (ปี) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันในช่วงอายุ 232-324 ปี

การวิเคราะห์กำลังผลิตไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษา เมื่อทราบอายุ และการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปี สามารถคำนวณหากำลังผลิตรายปี โดยคำนวณปริมาตรไม้สนสองใบ โดยใช้สูตรคำนวณปริมาตรไม้สนสองใบที่ได้มีการศึกษาในบริเวณโครงการหลวงวัดจันทร์ของสุนันทา และบุญวงศ์ (2532) ดังนี้

$$\text{Log } V = -5.6765 + 1.9402 \log C + 1.1728 \log H$$

โดย V = ปริมาตรของลำต้น (ลูกบาศก์เมตร)

C = ความโตเส้นรอบวงที่ความสูงเพิกอก (เซนติเมตร)

H = ความสูงทั้งหมด (เมตร)

เนื่องจากการคำนวณปริมาตรต้องใช้ค่าความสูงเป็นตัวแทนในการประมาณผล ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ไม่มีข้อความสูงย้อนหลังตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง จึงได้ใช้การคำนวณความสูงจากสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความโต และความสูงทั้งหมดของไม้ตัวอย่างของสุนันทา และบุญวงศ์ (2532) โดยสามารถใช้ค่าความสูงได้ตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 10 เซนติเมตร ขึ้นไปดังต่อไปนี้

$$H = 10.4440 + 0.4596 D \quad (r = 0.935)$$

โดย D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูงเพิกอก (เซนติเมตร)

H = ความสูงทั้งหมด (เมตร)

ผลการศึกษากำลังผลิตของไม้สนสองใบ โดยใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิกอกย้อนหลังจากการวัดความกว้างวงปีไม้ และความสูงจากสูตรในการคำนวณได้ผลการศึกษา ดังตารางที่ 34 และภาพที่ 58 พบว่า ไม้สนสองใบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 10 เซนติเมตร จนถึง 82.2 เซนติเมตร จะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละ 0.035 ลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 58 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรไม้สนสองใบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิกอกตั้งแต่ 10 เซนติเมตร จนถึง 82.2 เซนติเมตร

ตารางที่ 34 กำลังผลิตของไม้สนสองใบจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูง

จำนวนปี (ปี)	DBH (ซม.)	ความสูง (ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)	จำนวนปี (ปี)	DBH (ซม.)	ความสูง (ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)
x	0.1-10	-	-	X+33	20.1	19.7	0.216
X+1	10.1	15.1	0.041	X+34	20.4	19.8	0.225
X+2	10.4	15.2	0.045	X+35	20.8	20.0	0.236
X+3	10.7	15.4	0.048	X+36	21.1	20.2	0.245
X+4	11.1	15.5	0.053	X+37	21.5	20.3	0.254
X+5	11.5	15.7	0.058	X+38	21.8	20.5	0.264
X+6	11.8	15.9	0.060	X+39	22.2	20.7	0.277
X+7	12.1	16.0	0.064	X+40	22.6	20.8	0.291
X+8	12.4	16.1	0.067	X+41	23.0	21.0	0.303
X+9	12.6	16.2	0.069	X+42	23.4	21.2	0.316
X+10	12.9	16.4	0.073	X+43	23.7	21.3	0.327
X+11	13.1	16.5	0.077	X+44	24.0	21.5	0.339
X+12	13.6	16.7	0.083	X+45	24.3	21.6	0.349
X+13	14.0	16.9	0.089	X+46	24.6	21.8	0.360
X+14	14.4	17.1	0.095	X+47	25.0	21.9	0.373
X+15	14.7	17.2	0.100	X+48	25.4	22.1	0.390
X+16	14.9	17.3	0.104	X+49	25.8	22.3	0.405
X+17	15.1	17.4	0.108	X+50	26.1	22.4	0.418
X+18	15.6	17.6	0.115	X+51	26.5	22.6	0.433
X+19	15.8	17.7	0.119	X+52	26.8	22.7	0.445
X+20	16.0	17.8	0.123	X+53	27.2	22.9	0.463
X+21	16.3	17.9	0.128	X+54	27.5	23.1	0.478
X+22	16.6	18.1	0.134	X+55	27.8	23.2	0.493
X+23	16.9	18.2	0.141	X+56	28.3	23.4	0.512
X+24	17.2	18.3	0.147	X+57	28.6	23.6	0.531
X+25	17.5	18.5	0.153	X+58	29.0	23.8	0.550
X+26	17.7	18.6	0.158	X+59	29.4	23.9	0.566
X+27	18.0	18.7	0.164	X+60	29.8	24.1	0.587
X+28	18.3	18.9	0.171	X+61	30.2	24.3	0.608
X+29	18.8	19.1	0.182	X+62	30.8	24.6	0.639
X+30	19.3	19.3	0.194	X+63	31.1	24.7	0.657
X+31	19.6	19.4	0.202	X+64	31.4	24.9	0.677
X+32	19.8	19.6	0.209	X+65	31.7	25.0	0.693

ตารางที่ 34 (ต่อ)

จำนวนปี (ปี)	DBH (ซม.)	ความสูง (ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)	จำนวนปี (ปี)	DBH (ซม.)	ความสูง (ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)
X+66	32.1	25.2	0.713	X+98	42.1	29.8	1.668
X+67	32.4	25.3	0.731	X+99	42.2	29.9	1.685
X+68	32.8	25.5	0.755	X+100	42.5	30.0	1.509
X+69	33.2	25.7	0.784	X+101	42.7	30.1	1.534
X+70	33.6	25.9	0.806	X+102	43.0	30.2	1.563
X+71	34.0	26.1	0.833	X+103	43.4	30.4	1.596
X+72	34.4	26.3	0.860	X+104	43.6	30.5	1.622
X+73	34.7	26.4	0.879	X+105	43.9	30.6	1.646
X+74	35.1	26.6	0.902	X+106	44.1	30.7	1.671
X+75	35.3	26.7	0.919	X+107	44.4	30.8	1.699
X+76	35.6	26.8	0.940	X+108	44.7	31.0	1.727
X+77	35.9	27.0	0.962	X+109	44.9	31.1	1.756
X+78	36.3	27.1	0.989	X+110	45.1	31.2	1.772
X+79	36.6	27.3	1.012	X+111	45.2	31.2	1.788
X+80	37.0	27.4	1.039	X+112	45.4	31.3	1.805
X+81	37.3	27.6	1.064	X+113	45.6	31.4	1.827
X+82	37.6	27.7	1.089	X+114	45.8	31.5	1.854
X+83	38.0	27.9	1.117	X+115	46.0	31.6	1.876
X+84	38.4	28.1	1.148	X+116	46.3	31.7	1.904
X+85	38.7	28.2	1.170	X+117	46.5	31.8	1.930
X+86	39.0	28.4	1.196	X+118	46.7	31.9	1.954
X+87	39.3	28.5	1.220	X+119	47.0	32.0	1.983
X+88	39.6	28.6	1.249	X+120	47.2	32.2	2.014
X+89	39.8	28.7	1.267	X+121	47.4	32.2	2.036
X+90	40.1	28.9	1.288	X+122	47.6	32.3	2.054
X+91	40.3	29.0	1.310	X+123	47.7	32.4	2.072
X+92	40.7	29.1	1.341	X+124	47.9	32.5	2.090
X+93	41.0	29.3	1.366	X+125	48.1	32.5	2.111
X+94	41.2	29.4	1.390	X+126	48.2	32.6	2.132
X+95	41.6	29.5	1.422	X+127	48.5	32.7	2.158
X+96	41.7	29.6	1.436	X+128	48.7	32.8	2.185
X+97	41.9	29.7	1.454	X+129	49.0	33.0	2.222

ตารางที่ 34 (ต่อ)

จำนวนปี (ปี)	DBH (ซม.)	ความสูง (ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)	จำนวนปี (ปี)	DBH (ซม.)	ความสูง (ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)
X+130	49.3	33.1	2.262	X+163	56.3	36.3	3.256
X+131	49.6	33.2	2.295	X+164	56.4	36.4	3.285
X+132	49.9	33.4	2.339	X+165	56.7	36.5	3.327
X+133	50.1	33.5	2.371	X+166	56.9	36.6	3.360
X+134	50.4	33.6	2.400	X+167	57.1	36.7	3.399
X+135	50.5	33.7	2.426	X+168	57.3	36.8	3.429
X+136	50.7	33.7	2.439	X+169	57.6	36.9	3.475
X+137	50.8	33.8	2.463	X+170	57.9	37.0	3.522
X+138	51.1	33.9	2.491	X+171	58.1	37.2	3.567
X+139	51.3	34.0	2.525	X+172	58.5	37.3	3.626
X+140	51.6	34.2	2.565	X+173	58.6	37.4	3.653
X+141	51.9	34.3	2.608	X+174	58.8	37.5	3.681
X+142	52.2	34.4	2.646	X+175	58.9	37.5	3.699
X+143	52.5	34.6	2.684	X+176	59.0	37.6	3.715
X+144	52.7	34.7	2.717	X+177	59.1	37.6	3.739
X+145	52.9	34.8	2.748	X+178	59.3	37.7	3.779
X+146	53.1	34.8	2.775	X+179	59.6	37.8	3.828
X+147	53.3	34.9	2.800	X+180	59.9	38.0	3.887
X+148	53.4	35.0	2.821	X+181	60.1	38.1	3.922
X+149	53.6	35.1	2.851	X+182	60.4	38.2	3.971
X+150	53.8	35.2	2.884	X+183	60.7	38.3	4.027
X+151	54.1	35.3	2.919	X+184	61.0	38.5	4.088
X+152	54.3	35.4	2.949	X+185	61.2	38.6	4.124
X+153	54.5	35.5	2.985	X+186	61.5	38.7	4.169
X+154	54.7	35.6	3.019	X+187	61.7	38.8	4.205
X+155	55.0	35.7	3.064	X+188	61.9	38.9	4.248
X+156	55.2	35.8	3.090	X+189	62.1	39.0	4.298
X+157	55.4	35.9	3.122	X+190	62.5	39.2	4.370
X+158	55.6	36.0	3.149	X+191	62.9	39.3	4.437
X+159	55.7	36.1	3.173	X+192	63.2	39.5	4.498
X+160	55.8	36.1	3.190	X+193	63.4	39.6	4.552
X+161	56.0	36.2	3.209	X+194	63.8	39.7	4.617
X+162	56.1	36.2	3.227	X+195	64.0	39.9	4.676

ตารางที่ 34 (ต่อ)

จำนวนปี (ปี)	DBH (ซม.)	ความสูง (ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)	จำนวนปี (ปี)	DBH (ซม.)	ความสูง (ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)
X+196	64.3	40.0	4.737	X+229	72.7	43.9	6.686
X+197	64.7	40.2	4.809	X+230	73.1	44.0	6.779
X+198	65.0	40.3	4.869	X+231	73.3	44.1	6.846
X+199	65.3	40.5	4.938	X+232	73.6	44.3	6.922
X+200	65.6	40.6	5.009	X+233	73.9	44.4	6.994
X+201	65.9	40.7	5.079	X+234	74.1	44.5	7.067
X+202	66.2	40.9	5.135	X+235	74.4	44.6	7.131
X+203	66.5	41.0	5.203	X+236	74.6	44.7	7.196
X+204	66.7	41.1	5.244	X+237	74.9	44.9	7.267
X+205	67.0	41.2	5.306	X+238	75.1	45.0	7.330
X+206	67.2	41.3	5.346	X+239	75.3	45.1	7.399
X+207	67.4	41.4	5.405	X+240	75.6	45.2	7.465
X+208	67.7	41.5	5.461	X+241	75.8	45.3	7.516
X+209	68.0	41.7	5.525	X+242	76.0	45.4	7.576
X+210	68.2	41.8	5.588	X+243	76.2	45.5	7.634
X+211	68.5	41.9	5.649	X+244	76.4	45.6	7.696
X+212	68.7	42.0	5.688	X+245	76.6	45.7	7.759
X+213	68.8	42.1	5.721	X+246	76.8	45.8	7.825
X+214	68.9	42.1	5.749	X+247	77.0	45.8	7.876
X+215	69.1	42.2	5.797	X+248	77.2	45.9	7.918
X+216	69.3	42.3	5.848	X+249	77.4	46.0	7.978
X+217	69.6	42.4	5.905	X+250	77.5	46.1	8.018
X+218	69.8	42.5	5.969	หมายเหตุ : x คือ อายุของต้นไม้ที่ไปขนาดเกินผ่าน			
X+219	70.1	42.7	6.029	ศูนย์กลางค่าเท่ากับ 30			
X+220	70.4	42.8	6.096				
X+221	70.7	42.9	6.166				
X+222	70.9	43.0	6.239				
X+223	71.3	43.2	6.319				
X+224	71.5	43.3	6.374				
X+225	71.7	43.4	6.436				
X+226	72.0	43.5	6.502				
X+227	72.2	43.6	6.564				
X+228	72.4	43.7	6.618				

4.4.2 พื้นที่เพื่อศึกษาการทดแทนตามธรรมชาติไม้สนสองใบ บริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ (หน่วยย่อยหัวงู)

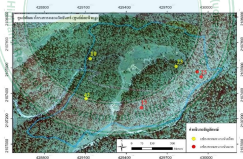
4.4.2.1 คัดเลือกพื้นที่ป่าสนบริเวณหน่วยย่อยหัวงูที่มีความหนาแน่นของไม้สนสองใบ ตามธรรมชาติแตกต่างกัน ได้แก่ บริเวณที่มีไม้สนหนาแน่นมาก และบริเวณที่มีไม้สนหนาแน่นน้อย โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการศึกษาในปีที่ 1 เพื่อช่วยในการกำหนดจุดวางแปลงขนาด 40x40 เมตร พื้นที่ละ 3 ซ้ำ โดยได้แปลงตัวอย่างทั้งสิ้น 6 แปลงตัวอย่าง ดังแสดงในภาพที่ 59 โดยมีข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการศึกษาปีที่ 1 ทั้งสิ้น 35 แปลง โดยเลือกแปลงที่มีความหนาแน่นของไม้สนมากที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ แปลงที่ 15, 13 และ 25 ซึ่งมีความหนาแน่นของไม้สน เท่ากับ 80, 78.4 และ 70.4 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ ผลจากการลงพื้นที่สำรวจ พบว่า แปลงที่ 13 มีการรบกวนจากปัจจัยภายนอก เช่น ไฟไหม้ และการนำดินมาถม ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกแปลงบริเวณใกล้เคียงที่ 25 เป็นตัวแทนพื้นที่ที่มีความหนาแน่นมากของไม้สนจำนวน 2 แปลง เนื่องจากพื้นที่นี้บริเวณมากพอสำหรับวางแปลงสำรวจได้ 2 แปลง ส่วนแปลงที่มีความหนาแน่นของไม้สนน้อยที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ แปลงที่ 10, 42 และ 23 ซึ่งมีความหนาแน่นของไม้สน 6.4, 8 และ 11.2 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 35

อย่างไรก็ตาม ในการเก็บข้อมูล เพื่อวิเคราะห์สถานภาพของการทดแทนตามธรรมชาติไม้สนที่มีอยู่ในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ศึกษาบางแปลง เนื่องจากแปลงที่ 10 และ 13 มีการรบกวนจากปัจจัยภายนอก เช่น ไฟป่า และมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จึงดำเนินการหาพื้นที่แปลงใหม่ดังแสดงในภาพที่ 60 ซึ่งแปลงความหนาแน่นสูงจะถูกเลือกจากแปลงที่ 25 จำนวน 2 แปลง และจากแปลงที่ 15 จำนวน 1 แปลง โดยใช้สัญลักษณ์ H1, H2 และ H3 ตามลำดับ ส่วนแปลงที่มีความหนาแน่นน้อยจะถูกเลือกจากแปลงที่ 23 จำนวน 1 แปลง และแปลงที่ 42 จำนวน 2 แปลง โดยใช้สัญลักษณ์ L1, L2 และ L3 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 35

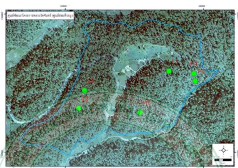
ตารางที่ 35 ความหนาแน่นของไม้สนในพื้นที่ศึกษา

ลำดับที่	แปลงที่	แปลงศึกษาการ ทดแทนตามธรรมชาติ ไม้สนสองใบ	ความหนาแน่น ของไม้สน (ต้น/ไร่)*	หมายเหตุ
1	15	H3	80	แปลงที่มีความหนาแน่นมาก
2	13	-	78.4	ไฟไหม้และมีการนำดินมาถมที่
3	25	H1,H2	70.4	แปลงที่มีความหนาแน่นมาก
4	23	L1	11.2	แปลงที่มีความหนาแน่นน้อย
5	42	L2 ,L3	8	แปลงที่มีความหนาแน่นน้อย
6	10	-	6.4	มีการนำดินมาถมที่

หมายเหตุ: ข้อมูลอ้างอิงจากการวางแปลงศึกษาในปีที่ 1



ภาพที่ 59 พื้นที่วางแปลงตัวอย่างในบริเวณที่มีไม้สนหนาแน่นมาก และหนาแน่นน้อย ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ (หน่วยย่อยห้วยงู) จากการศึกษาในปีที่ 1



ภาพที่ 60 พื้นที่เพื่อศึกษาการทดแทนความธรรมชาติไม้สนสองใบ บริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวง
วัดจันทร์ (หน่วยย่อยห้วยงู)

ในแต่ละบริเวณวางแปลงขนาด 40x40 เมตร พื้นที่ละ 3 ไร่ โดยภายในแต่ละแปลงจะ
แบ่งเป็นแปลงขนาด 10x10 เมตร จำนวน 16 แปลงย่อย ภายในแปลง 10x10 เมตร
วัดไม้สนทุกต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 4.5 เซนติเมตร และทำการถ่ายภาพเรือนยอด
เพื่อวิเคราะห์การปกคลุมเรือนยอด และภายในแปลงขนาด 10x10 เมตร วางแปลงย่อยขนาด 4x4
และ 1x1 เมตร เพื่อวัดไม้รุ่น (sapling) และลูกไม้ (seedling) ของไม้สนสองใบ ตามลำดับ
โดยติดแท็กไม้รุ่น และลูกไม้ทุกต้นจากนั้นวัดความโต ความสูง และติดตามการเติบโต
และการทดแทนความธรรมชาติทุกปี ดังแสดงในภาพที่ 61



ภาพที่ 61 การวางแปลงตัวอย่าง การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และคิดเล็กต้นสนทุกต้นในแปลงตัวอย่าง บริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ (หน่วยย่อยหัวฮู)

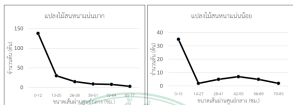
จากการศึกษาการเจริญทดแทนในปีที่ 1 พบว่า แปลงที่ไม่มีไม้สนหนาแน่นมากจำนวน 3 แปลง และหนาแน่นน้อยจำนวน 3 แปลง พบ ต้นสนสองใบจำนวน 203 และ 56 ต้น ตามลำดับ โดยมีช่วงของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.15–82.35 เซนติเมตร และมีความสูงตั้งแต่ 5 เซนติเมตร จนถึง 48.2 เมตร แปลงที่ไม่มีไม้สนหนาแน่นมาก มีความถี่ในการกระจายตามชั้น โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงในช่วงอันตรภาคชั้นที่ 1 มากที่สุด เมื่อหมู่ไม้เล็ก ๆ ที่มีอายุเท่ากับเติบโตขึ้นจำนวนต้นไม้ในหมู่ไม้จะลดลง การลดลงจะมากในตอนแรกๆ แล้วน้อยลงไปตามลำดับ ดังนั้นการกระจายของหมู่ไม้เป็นแบบ Balanced uneven-aged stand จึงเป็นรูปตัว J หมู่ไม้โตขึ้นจะมีการ

กระจายตัวของจีนอายุสามแสนอัตรการสืบพันธุ์จนถึงต้นไม้อยู่ ซึ่งจากข้อมูลที่พบแสดงให้เห็นว่า การสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของสนสองใบในพื้นที่ศึกษายังคงเป็นไปตามกลไกธรรมชาติ โดยไม่มีขนาด เล็กที่พร้อมจะทดแทนไม้อยู่ที่ตาย ซึ่งหนูไม้จะให้ผลผลิตที่สม่ำเสมอตลอดไป (Sustained yield)

ส่วนแปลงที่มีความหนาแน่นน้อย มีความถี่ในการกระจายตามชั้น โดยมีความหนาแน่นผ่าน ศูนย์กลาง และความสูงในช่วงอันตรายภาคชั้นที่ 1 มากที่สุด แต่เป็นหนูไม้ที่มีจีนอายุไม่เท่ากัน และแต่ละชั้นอายุขึ้นอยู่บนพื้นที่ไม่เท่ากัน โดยพบว่า ในช่วงอันตรายภาคชั้นที่ 2 มีจำนวนต้นสนน้อย หนูไม้เป็นโครงสร้างแบบ *Intermediate-aged stand* โดยมีการกระจายตามชั้นโดยมีความหนาแน่น ศูนย์กลาง และความสูงค่อนข้างน้อย ดังแสดงในตารางที่ 36 และภาพที่ 62

ตารางที่ 36 การกระจายตามชั้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงของแปลงไม้สนหนาแน่นมาก และแปลงไม้สนหนาแน่นน้อย บริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์

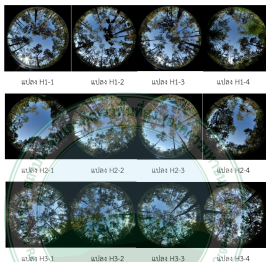
แปลงไม้สนหนาแน่นมาก				แปลงไม้สนหนาแน่นน้อย			
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)		ความสูง (ม.)		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)		ความสูง (ม.)	
อันตรายภาคชั้น	ความถี่	อันตรายภาคชั้น	ความถี่	อันตรายภาคชั้น	ความถี่	อันตรายภาคชั้น	ความถี่
0-12	138	0-6	92	0-13	35	0-8	35
13-25	30	7-13	62	14-27	2	9-17	1
26-38	15	14-20	13	28-41	5	18-26	4
39-51	9	21-27	12	42-55	7	27-35	8
52-64	8	28-34	14	56-69	5	36-44	7
65-77	3	35-41	10	70-83	2	45-53	1
รวม	203	รวม	203	รวม	56	รวม	56



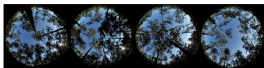
ภาพที่ 62 จำนวนต้นต่อแปลงและขนาดศูนย์กลางของแปลงไม้สนหนาแน่นมาก และหนาแน่นน้อย

แปลงที่ไม่มีไม้สนหนาแน่นมากมีความหนาแน่นของไม้ต้น ไม้รุ่น และลูกไม้ เท่ากับ 53.33, 56.25 และ 800 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของไม้ต้น ไม้รุ่น และลูกไม้ เท่ากับ 24.88, 2.92 และ 1.41 เซนติเมตร ตามลำดับ มีความสูงเฉลี่ยของไม้ต้น ไม้รุ่น และลูกไม้ เท่ากับ 17.68, 3.01 และ 0.29 เมตร ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดจากภาพถ่ายเรือนยอดเฉลี่ย 59.65 เปอร์เซ็นต์

ส่วนแปลงที่ไม่มีไม้สนหนาแน่นน้อย มีความหนาแน่นของไม้ต้น ไม้รุ่น และลูกไม้เฉลี่ย 17.67, 12.50 และ 333.33 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของไม้ต้น ไม้รุ่น และลูกไม้ เท่ากับ 28.98, 2.23 และ 1.92 เซนติเมตร ตามลำดับ มีความสูงเฉลี่ยของไม้ต้น ไม้รุ่น และลูกไม้ เท่ากับ 18.76, 1.17 และ 0.33 เมตร ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดจากภาพถ่ายเรือนยอดเฉลี่ย 55.72 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 37 และภาพที่ 63



ภาพที่ 63 ภาพถ่ายเรือนยอดของแปลงไม้สนหนาแน่นมาก และแปลงไม้สนหนาแน่นน้อยบริเวณ
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ (หน่วยย่อยหัวไร่)

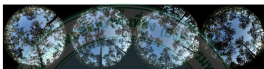


แปลง L1-1

แปลง L1-2

แปลง L1-3

แปลง L1-4

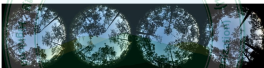


แปลง L2-1

แปลง L2-2

แปลง L2-3

แปลง L2-4



แปลง L3-1

แปลง L3-2

แปลง L3-3

แปลง L3-4

ภาพที่ 63 (ต่อ)

Research and Development Institute (Public)

ตารางที่ 37 ความความหนาแน่นเฉลี่ย ขนาดความโตเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดจากภาพถ่ายเรือนยอด ของแปลงไม้สนหนาแน่นมาก และแปลงไม้สนหนาแน่นน้อย บริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวิจิตรจันทร์ (หน่วยย่อยหัวงู)

แปลง	ไม้ต้น			ไม้รุ่น				ลูกไม้		เปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดจากภาพถ่ายเรือนยอด (ร้อยละ)
	ความหนาแน่น (ต้น/ไร่)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	ความสูง (ม.)	ความหนาแน่น (ต้น/ไร่)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	ความสูง (ม.)	ความหนาแน่น (ต้น/ไร่)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	ความสูง (ซม.)	
H1	18	43.74	27.64	100	2.35	1.78	500	2.43	48	67.8
H2	98	12.65	9.08	62.5	2.62	2.66	0	0	0	52.75
H3	44	18.24	16.32	6.25	3.8	4.6	1100	0.38	10.32	58.39
เฉลี่ย	53.33	24.88	17.68	56.25	2.92	3.01	800	1.405	29.16	59.65
L1	21	26.48	17.39	12.5	1.3	1.55	400	4.79	85	59.32
L2	11	27.44	18.51	0	0	0	300	0.6	6.17	54.51
L3	21	33.04	20.38	12.5	3.15	1.99	300	0.38	8.67	53.32
เฉลี่ย	17.67	28.98	18.76	12.5	2.225	1.77	333.33	1.92	33.28	55.72

4.4.2.2 การประเมินสุขภาพไม้สนบริเวณหน่วยย่อยห้วยจรูญ จากแปลงสำรวจเดิม เมื่อปีที่ผ่านมา แปลงวงกลมรัศมี 17.84 เมตร ระยะสำรวจ 100×100 เมตร ที่กระจายทั่วพื้นที่ศึกษา จำนวน 33 แปลง มีจำนวน 507 ต้น โดยพบว่า มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 4.5-98.4 เซนติเมตร และมีความสูงระหว่าง 2.3-40.5 เมตร ทำการสำรวจไม้สนที่ถูกเผาทำลายเกือบยวสาน ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับพื้นดิน (D_0) ระดับความสูงจากพื้นดินขึ้นมา 1.30 เมตร (DBH) ที่ระดับความสูง 2 เมตร และความสูงของต้นไม้ทั้งหมด รวมทั้งบันทึกข้อมูลสุขภาพไม้สน เช่น ผลของการถูกทำลายจากการเก็บไม้เกียะ โดยวัดขนาดความกว้าง ความยาว และความลึกของไม้สน แต่ละต้น ประเมินความรุนแรงของขนาดแผล และความเสียหายที่จะพักโคน ลักษณะของเรือนยอด การใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินสุขภาพไม้สนบริเวณหน่วยย่อยห้วยจรูญ พบว่า มีต้นสนที่เป็นผลของการถูกทำลายจากการเก็บไม้เกียะ จำนวน 105 ต้น จากต้นสนทั้งหมด 507 ต้น คิดเป็น 20.71 เปอร์เซ็นต์ของต้นสนทั้งหมด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอกเฉลี่ย 50.94 เซนติเมตร มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 0.21 ลูกบาศก์เมตร มีความสูงเฉลี่ย 29.06 เมตร โดยมีลักษณะผลของการถูกทำลายจากการเก็บไม้เกียะแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทผลที่ 1 คือ บาดแผลการเจาะ แผลเป็นหลุมเล็กๆ แต่เป็นทางยาว และประเภทผลที่ 2 คือ บาดแผลที่เกิดจากการถูกเป็นแผลใหญ่ ดังแสดงในภาพที่ 64 จากการศึกษาพบว่า ต้นสนสองใบที่มีผลของการเก็บไม้เกียะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุดเท่ากับ 20.80 เซนติเมตร จำนวนและรอบต้น พบว่า มีจำนวนแผล ตั้งแต่ 1-6 แผล มีค่าเฉลี่ยจำนวนบาดแผลต่อต้น 2.22 แผลต่อต้น ปริมาตรของแผลน้อยที่สุด คือ 0.03 ลูกบาศก์เมตร ส่วนปริมาตรแผลที่พบมากที่สุด คือ 0.76 ลูกบาศก์เมตร ปริมาตรผลเฉลี่ย คือ 0.08 ลูกบาศก์เมตร โดยเมื่อทำการเทียบปริมาตรของแผลที่เกิดขึ้นกับปริมาตรของลำต้นเหนือพื้นดินถึงที่ระดับความสูง 2 เมตร พบว่า ปริมาตรของแผลมีเปอร์เซ็นต์ของผลมากที่สุด 62.62 % โดยพบต้นสนที่มีปริมาตรของแผลที่มีสัดส่วนขนาดแผลเมื่อเทียบกับลำต้นมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 16 ต้น ซึ่งเสี่ยงต่อการโค่นล้มได้ง่าย โดยหากสัดส่วนของปริมาตรแผลเท่ากับหรือมากกว่าต้นที่มีบาดแผลประเภทที่ 2 ก่อน เนื่องจากมีโอกาสโค่นล้มได้ง่ายกว่า ซึ่งควรนำสัดส่วนปริมาตรของแผลที่เกิดขึ้นมาเป็นเกณฑ์ในการเลือกต้นที่มีความเสี่ยงที่จะหักโค่นเป็นต้นที่ควรตัดขยายระยะออก เพื่อวางแผนสวนแนวทางการจัดการไม้สนห้วยจรูญ เพื่อเป็นการ improvement cutting โดยมีการจัดลำดับความเสี่ยงต้นที่มีโอกาสล้มมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 38

ตารางที่ 38 สุขภาพไม้นอนบริเวณหน่วยย่อยต่างๆ โดยเรียงลำดับตามปริมาณผลที่เกิดขึ้น

อันดับที่	แปลง	ขนาดเฉลี่ย ด้าน ศูนย์กลาง (ชม.)	ความ สูง (ม.)	พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ม.)	จำนวน แมลง	ปริมาณ แมลง (ตร.ม.)	% ของ แมลงเมื่อ เทียบกับ ลำต้น	ประเภท ของ แมลง	ความเสียหาย อื่นๆ ที่จะเกิดขึ้น
1	042	51.97	31.20	0.21	1	0.292	62.62	2	
2	044	46.88	25.80	0.17	3	0.190	49.35	1,2	
3	015	56.91	34.80	0.25	2	0.125	45.13	1,2	
4	043	47.71	32.50	0.18	4	0.213	44.85	1,2	โดนกัด
5	043	35.22	22.20	0.09	1	0.076	41.86	1	
6	043	52.36	32.20	0.22	5	0.160	41.67	1,2	
7	036	40.88	21.40	0.13	2	0.110	37.37	2	
8	038	52.77	26.20	0.22	2	0.140	33.19	1,2	
9	002	54.84	35.20	0.24	6	0.173	32.97	1,2	
10	020	59.33	27.00	0.28	3	0.179	32.61	1,2	
11	005	53.76	28.60	0.23	3	0.231	31.84	1,2	
12	020	51.78	34.40	0.21	3	0.143	31.66	1,2	
13	023	53.25	26.40	0.22	3	0.130	31.63	1	
14	044	54.52	22.30	0.23	3	0.168	31.09	1,2	
15	013	69.59	34.80	0.38	4	0.245	30.19	1,2	
16	020	52.64	32.40	0.22	3	0.152	30.13	1,2	
17	020	49.01	30.40	0.19	3	0.105	28.00	1,2	
18	007	60.68	36.00	0.29	3	0.186	27.52	1	
19	043	55.83	40.50	0.24	3	0.151	26.50	1,2	
20	030	48.73	34.10	0.19	2	0.111	26.34	1,2	แมลงกัดกินลำต้น
21	038	47.20	28.60	0.17	3	0.107	26.26	1,2	
22	020	53.89	32.00	0.23	3	0.113	25.93	1,2	
23	003	54.78	28.40	0.24	3	0.133	25.38	2	
24	013	51.21	25.00	0.21	2	0.107	25.17	1,2	
25	019	36.34	29.60	0.10	3	0.056	24.58	1,2	
26	019	52.93	29.60	0.22	1	0.111	24.49	1	
27	028	59.55	29.70	0.28	4	0.133	24.11	1,2	
28	044	47.04	28.00	0.17	4	0.096	23.55	1,2	
29	043	51.59	25.60	0.21	4	0.120	23.29	1,2	

ตารางที่ 38 (ต่อ)

อันดับที่	แปลง	ขนาดที่ดิน ผ่าน ศูนย์กลาง (ชม.)	ความ สูง (ม.)	พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ม.)	จำนวน แมลง	ปริมาณ แมลง (ตร.ม.)	% ของ แมลงเมื่อ เทียบกับ ลำต้น	ประเภท ของ แมลง	ความเสียหาย อื่นๆ ที่สังเกตเห็น
30	004	44.01	27.20	0.15	2	0.072	23.27	1,2	
31	007	67.62	34.20	0.36	5	0.194	23.07	1,2	
32	031	62.17	31.00	0.30	1	0.174	23.07	1	
33	025	43.79	19.00	0.15	4	0.077	22.84	1,2	
34	003	46.66	24.40	0.17	1	0.076	22.46	2	
35	044	49.94	24.20	0.20	2	0.095	22.37	1,2	ชดเชย
36	005	44.81	32.80	0.16	2	0.075	22.01	1,2	
37	021	38.12	36.60	0.11	2	0.052	21.88	1,2	
38	020	53.06	35.00	0.22	3	0.088	20.70	1,2	
39	061	53.18	35.00	0.22	3	0.096	20.68	1,2	
40	009	46.85	28.90	0.17	1	0.072	20.50	1	
41	025	61.15	24.20	0.29	3	0.118	19.19	1,2	
42	019	51.69	24.60	0.21	1	0.071	19.14	1	
43	020	42.90	29.40	0.14	3	0.056	19.11	1,2	
44	058	47.39	27.50	0.18	3	0.076	18.67	1,2	
45	064	47.83	29.60	0.18	1	0.074	18.32	1	
46	025	44.43	29.80	0.15	2	0.058	17.87	1,2	
47	015	47.36	36.20	0.18	2	0.069	17.56	1,2	
48	020	63.31	26.20	0.31	4	0.113	17.41	1,2	
49	003	34.14	22.60	0.09	3	0.035	17.25	2	
50	042	59.68	29.40	0.28	3	0.118	17.25	1,2	
51	010	64.39	31.50	0.33	3	0.112	16.38	1,2	
52	031	54.24	24.30	0.23	2	0.077	16.17	1,2	
53	020	46.34	23.20	0.17	2	0.056	15.95	1	
54	021	43.69	33.60	0.15	1	0.047	15.38	1	
55	019	42.99	28.00	0.15	3	0.046	15.21	1,2	
56	010	52.70	36.60	0.22	2	0.077	15.09	1,2	
57	043	41.46	23.80	0.13	1	0.054	14.15	1	
58	032	32.48	27.80	0.08	2	0.025	14.08	1,2	
59	034	54.36	29.20	0.23	2	0.074	14.01	1,2	

ตารางที่ 38 (ต่อ)

อันดับที่	แปลง	ขนาดที่ดิน สวนสาธารณะ (ชม.)	ความ สูง (ม.)	พื้นที่ หน้าตัด (ลบ. ม.)	จำนวน แมลง	ปริมาณ แมลง (ลบ.ม.)	% ของ แมลงเมื่อ เทียบกับ ลำต้น	ประเภท ของ แมลง	ความเสียหาย อื่นๆ ที่จะเกิดขึ้น
60	025	64.62	30.40	0.33	2	0.095	13.71	1	
61	035	47.36	22.20	0.18	2	0.049	13.46	1,2	
62	016	52.45	30.20	0.22	3	0.066	13.46	2	
63	023	98.41	51.60	0.76	6	0.144	13.13	1,2	
64	030	52.04	31.40	0.21	2	0.032	13.09	1,2	
65	003	54.17	33.20	0.23	4	0.067	13.07	2	
66	032	54.24	29.20	0.23	2	0.064	12.87	2	
67	003	39.71	28.60	0.12	3	0.035	12.26	1,2	
68	036	50.96	32.60	0.20	1	0.053	11.93	1	
69	020	50.29	36.50	0.20	1	0.047	11.86	1	
70	045	49.94	32.20	0.20	1	0.047	11.47	2	
71	003	56.59	28.40	0.25	3	0.061	11.46	1,2	
72	020	55.10	31.20	0.24	2	0.053	11.37	1	
73	004	57.74	30.60	0.26	1	0.060	10.03	1	
74	038	63.69	28.20	0.32	4	0.057	9.80	1,2	
75	030	20.80	15.40	0.03	1	0.009	9.46	1	
76	019	40.32	29.40	0.13	1	0.024	9.24	2	
77	036	37.83	27.40	0.11	1	0.022	9.21	2	แมลงกัดผิวหนัง
78	030	54.01	23.80	0.23	3	0.040	8.63	1,2	
79	005	37.07	20.00	0.11	1	0.020	8.37	2	
80	043	53.31	32.00	0.22	2	0.039	8.25	1,2	
81	017	46.27	31.20	0.17	1	0.032	8.25	2	
82	042	54.55	28.50	0.23	2	0.035	7.69	2	
83	031	62.29	25.00	0.30	1	0.047	7.51	1	
84	044	49.78	28.80	0.19	1	0.034	7.43	1	
85	021	41.37	33.40	0.13	1	0.020	6.85	1	
86	005	45.73	30.80	0.16	1	0.024	6.57	2	
87	032	45.64	26.00	0.16	1	0.024	6.55	1	
88	003	36.24	26.10	0.10	1	0.021	6.53	2	
89	045	55.38	37.20	0.24	1	0.036	6.40	2	

ตารางที่ 38 (ต่อ)

อันดับที่	แปลง	ขนาดเส้น ผ่าน ศูนย์กลาง (ซม.)	ความ สูง (ม.)	พื้นที่ หน้าตัด (ตร.ม.)	จำนวน ผล (ผล/ม.)	ปริมาณ ผล (ตร.ม.)	% ของ ผลเมื่อ เทียบกับ สำคัน	ประเภท ของ ผล	ความเสียหาย อื่นๆ ที่จะหักลบ
90	032	55.19	33.80	0.24	2	0.030	5.28	1,2	
91	019	39.68	20.00	0.12	1	0.012	5.23	2	
92	021	39.11	30.20	0.12	1	0.013	5.17	2	
93	023	35.99	17.10	0.10	1	0.011	5.17	2	
94	017	51.69	25.80	0.21	1	0.022	4.62	2	
95	008	52.71	34.00	0.22	1	0.023	4.47	2	
96	030	49.81	30.60	0.19	1	0.017	4.02	1	
97	040	73.44	39.20	0.42	1	0.036	3.39	2	
98	008	41.50	25.40	0.14	1	0.009	3.09	2	
99	010	78.09	40.40	0.48	2	0.022	2.11	2	
100	005	62.10	27.20	0.30	2	0.018	2.10	2	
101	030	66.66	30.40	0.35	3	0.013	2.05	2	
102	023	67.52	25.00	0.36	4	0.015	1.92	1,2	
103	021	33.34	21.40	0.09	1	0.004	1.77	2	
104	017	40.29	28.60	0.13	1	0.005	1.72	2	
105	019	50.51	26.00	0.20	1	0.006	1.56	1	
เฉลี่ย		50.94	0.21	29.06	2.22	0.08	17.65		



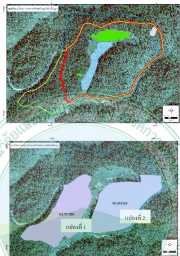
ภาพที่ 64 ประเภทผลที่ 1 คือ บาดแผลการเจาะ และผาเป็นท่อนเล็กๆ แต่เป็นทางยาว



ภาพที่ 64 (ต่อ) ประเภทแผลที่ 2 คือ บาดแผลที่เกิดจากการถากเป็นแผลใหญ่

4.4.2.3 การวางแผนการตัดฟัน (compartment)

จากข้อมูลวิจัยในปีที่ 1 และปีนี้ในการจัดการป่าต้นที่ไคซันได้ขึ้น ได้ขึ้นจะต้องมีการสำรวจทรัพยากรในพื้นที่ป่าขึ้นว่ามีอะไร อยู่ที่ไหน และมีอยู่เท่าใด ซึ่งขั้นตอนการแบ่งพื้นที่ป่าเป็นขึ้นเป็นตอน (compartment) ตอนนี้อธิบายเป็นหน่วยถาวรในการจัดการป่าไม้ และมักกำหนดให้มีขอบเขตที่สังเกตได้ง่าย เช่น สันเขา ลำห้วย หรือถนน โดยนำข้อมูลปริมาณ การสังเกตของไม้สน และลักษณะดิน มาเป็นเกณฑ์ในการจำแนกแปลงป่า เพื่อสาธิตการวางแผนการตัดฟัน เพื่อศึกษาการเติบโตหลังการตัดฟัน รวมทั้งการทดแทนตามธรรมชาติ การดำเนินการใช้ส่วนไม้ได้แบ่งแปลงป่าออกเป็น 2 พื้นที่ โดยใช้นิ้ววนวน และอ่างเก็บน้ำเป็นขอบเขตพื้นที่ (ภาพที่ 65) นอกจากนี้ได้มีการวางแผนการตัดฟัน (compartment) ทั้ง 2 พื้นที่ เพื่อให้มีการใช้ประโยชน์ไม้สนในแต่ละพื้นที่อย่างเหมาะสม และยั่งยืน โดยมีรายละเอียดแต่ละพื้นที่ดังแสดงในตารางที่ 37



ภาพที่ 65 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ (หน่วยย่อยห้วยงู) และการแบ่งแปลงป่า เพื่อการวางแผนการตัดฟัน (compartment)

คำอธิบายสัญลักษณ์

	ขอบเขตพื้นที่ใช้ประโยชน์การวางแผนการตัดฟัน		พื้นที่ป่าสงวนกรม
	ขอบเขตพื้นที่ใช้ประโยชน์ของหน่วยย่อยห้วยงู		อ่างเก็บน้ำ
	ถนน		สิ่งก่อสร้าง

จากภาพที่ 65 จะเห็นได้ว่า ซอยเขตพื้นที่ตามแผนที่ของหน่วยย่อยห้วยภูเตมมีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 463.62 ไร่ แต่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่แปลงปลูกพืชเกษตร อย่างเก็บน้ำ และสิ่งก่อสร้าง รวมถึงมีการตัดถนนขึ้นใหม่ ทำให้มีพื้นที่เหลือ 410.00 ไร่ โดยในพื้นที่โครงการหลวงนี้มีพื้นที่ป่า 362.87 ไร่ พื้นที่ที่ทำเกษตรกรรม ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูกพื้นที่เลี้ยงสัตว์ คิดเป็นพื้นที่ จำนวน 18.02 ไร่ พื้นที่อ่างเก็บน้ำ 25.81 ไร่ และพื้นที่สิ่งก่อสร้าง 3.30 ไร่

การแบ่งแปลงป่า เพื่อการวางแผนการตัดพื้นที่ (compartment) ได้แบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 แปลง โดยใช้แนวถนน และอ่างเก็บน้ำเป็นขอบเขตพื้นที่ และได้มีการวางแผนการตัดพื้นที่ (compartment) ทั้งสองพื้นที่ เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ไม้สนในแปลงพื้นที่อย่างเหมาะสม และยังขึ้น โดยจากการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 แปลง พบว่า ในแปลงที่ 2 มีความหนาแน่นของไม้สนสองใบที่ ึ่งในส่วนของไม้ยืนต้น ไม้รุ่น และลูกไม้มากกว่าแปลงที่ 1 อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงอัตราการทดแทนที่สูงกว่าแปลงที่ 1 รวมทั้งพื้นที่แปลงที่ 2 มีอัตราการเติบโตดีกว่า และพบการถูกเผาทำลาย เพื่อเก็บไม้เก็บไปใช้ประโยชน์มากกว่าแปลงที่ 1 ดังนั้นการเลือกตัดไม้เพื่อใช้ประโยชน์ โดยพิจารณาจำนวนต้นที่ตัดจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และตามลำดับจากผลารายสุขภาพไม้ควรดำเนินการตัดพื้นที่แปลงที่ 2 ก่อน โดยรายละเอียดแต่ละพื้นที่แสดงในตารางที่ 39

ตารางที่ 39 รายละเอียดแปลงป่าแต่ละพื้นที่

ข้อมูล	แปลงที่ 1	แปลงที่ 2	หน่วย
ขนาดเนื้อที่	143.76	150.87	ไร่
พื้นที่ป่าดงดิบ	1.50	2.00	ตร.ม./ไร่
ปริมาตรเฉลี่ย	15.13	18.74	ลบ.ม./ไร่
มวลชีวภาพเฉลี่ย	13.57	16.73	ตัน/ไร่
ความหนาแน่นของไม้ต้น	7.63	13.28	ต้น/ไร่
ความหนาแน่นของไม้รุ่น	10.66	16.66	ต้น/ไร่
ความหนาแน่นของลูกไม้	7.11	15.19	ต้น/ไร่
เกรส 10 %	0.15	0.20	ตร.ม./ไร่
จำนวนต้นที่ พื้นที่ป่าดงดิบ	ตัด 1 (DBH > 43.5 ซม.)	1 (DBH > 50.5 ซม.)	
ตัดออก (การวาง เมตร/ไร่)	เกรส 20 % 0.30	0.40	ตร.ม./ไร่
และจำนวน ต้นที่ตัดออก (ต้น)	จำนวนต้นที่ ตัด 1 (DBH > 61.5 ซม.)	1 (DBH > 71.5 ซม.)	
(selection thinning)*	เกรส 30 % 0.45	0.60	ตร.ม./ไร่
	จำนวนต้นที่ ตัด 1 (DBH > 75.5 ซม.)	1 (DBH > 87.5 ซม.)	
	เกรส 40 % 0.60	0.80	ตร.ม./ไร่
	จำนวนต้นที่ ตัด 1 (DBH > 87.5 ซม.)	2 (DBH > 71.5 ซม.)	

หมายเหตุ: * เป็นค่าการไม่มีผู้ถูกพ่นไม้ซึ่งผลการโค่นล้มไม้ บริเวณหน่วยย่อยวิจัย

แผนการตัดฟันไม้สนสองใบในพื้นที่หน่วยย่อยห้วยงู

1. การแบ่งแปลงป่า เพื่อการวางแผนการตัดฟัน (compartment) ได้แบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 แปลง โดยใช้แนวถนน และอ่างเก็บน้ำเป็นขอบเขตพื้นที่ และได้มีการวางแผนการตัดฟัน (compartment) ทั้ง 2 พื้นที่ เพื่อให้มีการใช้ประโยชน์ไม้สนในแต่ละพื้นที่อย่างเหมาะสมและยั่งยืน โดยจากการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 แปลง โดยแปลงที่ 1 มีขนาดเนื้อที่ 143.76 ไร่ มีพื้นที่หน้าตัด 1.50 ตารางเมตรต่อไร่ โดยจากการวางแผนสำรวจ พบว่า มีความหนาแน่นของต้นสนสองใบ ไม้งู้น และลูกไม้ เท่ากับ 7.61, 10.66 และ 7.11 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนแปลงที่ 2 มีขนาดเนื้อที่ 150.87 ไร่ มีพื้นที่หน้าตัด 2 ตารางเมตรต่อไร่ โดยพบว่ามีความหนาแน่นของต้นสนสองใบ ไม้งู้น และลูกไม้ เท่ากับ 13.28, 16.66 และ 15.19 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวหาความต้องการตัดฟัน ไม้สนสองใบควรเลือกตัดไม้สนในพื้นที่แปลงที่ 2 ก่อน เนื่องจากมีความหนาแน่นของไม้สนสองใบ ทั้งในส่วนองไม้ยืนต้น ไม้งู้น และลูกไม้ซึ่งแสดงให้เห็นถึงอัตราการทดแทนที่สูงกว่าแปลงที่ 1 รวมทั้งพื้นที่แปลงที่ 2 มีอัตราการเติบโตดีกว่า และพบการถูกเผาทำลายเพื่อเก็บไม้ไผ่โดยไม่ใช้ประโยชน์ มากกว่าแปลงที่ 1

2. เลือกตัดต้นสนสองใบที่มีสุขภาพไม่ดีเสี่ยงต่อการโค่นล้มไม้ออกก่อน โดยพิจารณาเปอร์เซ็นต์ของผลจากการถูกทำลายจากการเก็บไม้เกียร์ที่มีสัดส่วนขนาดเล็กเมื่อเทียบกับลำต้นมาก ที่สุดออกก่อน จากการศึกษาดังกล่าว มีลักษณะและผลของการถูกทำลายจากการเก็บไม้เกียร์แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทผลที่ 1 คือ บาดแผลจากการเจาะ และแผลเป็นหลุมเล็กๆ แต่เป็นพายาว และประเภทผลที่ 2 คือ บาดแผลที่เกิดจากการถากเป็นแผลใหญ่ โดยหากสัดส่วนของปริมาณแผล เท่ากันได้พิจารณาตัดต้นที่มีบาดแผลประเภทที่ 2 ก่อน ซึ่งเป็นผลที่สร้างความเสียหายต่อต้นสน ก่อนข้างมากกว่าบาดแผลประเภทแรก

3. การพิจารณาวางแผนกำหนดตัดไม้ เพื่อให้เกิดความยั่งยืนจะต้องนำข้อมูลอัตราการเติบโต ความถี่สูง และอายุของไม้มาพิจารณาเป็นหลักสำคัญ ดังนั้นการตัดไม้สนสองใบออกจากพื้นที่ในครั้งนี้จึงเน้นไปที่ไม้ที่มีลักษณะเฉพาะ เช่น ไม้ที่ไม่มีความสมบูรณ์ โดยเฉพาะต้นที่มีการถูกเก็บ ไม้ไม่เกียร์ เพื่อเป็นการปรับปรุงโครงสร้างของหมู่ไม้ ซึ่งการดำเนินการคัดเลือกไม้เหล่านี้ต้องยังไม่ใช้การตัดไม้เพื่อให้เกิดความยั่งยืน สำหรับการพิจารณาการตัดไม้ครั้งนี้ จำนวนจากค่าพื้นที่หน้าตัดเป็นเกณฑ์หลักในการพิจารณาความหนักเบาของการตัด โดยมีรูปแบบความเป็นไปได้ของการตัด ด้วยวิธี selection thinning โดยทำการเลือกตัดไม้ที่มีขนาดเวียนฮอดเดน (codominant และ dominant) ที่มีสมบูรณ์ตามที่กล่าวไว้เบื้องต้นออกก่อน ซึ่งในพื้นที่ป่าสนวัดจันทร์ การใช้ selection thinning อาจเหมาะสมในบริเวณที่มีไม้สนขนาดใหญ่หลายต้นมีขนาดผลจากการเก็บไม้เกียร์ที่รุนแรง สุ่มเสี่ยงต่อการหักโค่น หากตัดนำมาใช้ประโยชน์ก่อนจะเป็นประโยชน์มากกว่า และยังเป็นกาเปิด

เชื่อว่าให้ไม้ขนาดเล็กได้เจริญเติบโตขึ้นมาทดแทนต่อไป แต่การตัดไม้ขนาดใหญ่ในความรู้สึของคนทั่วไปอาจเกิดกระแสการต่อต้านได้ จึงควรดำเนินการด้วยความระมัดระวัง โดยทางปฏิบัติของ selection thinning ที่เสนอในครั้งนี้จะแบ่งระดับความหนักเบาของการตัดไม้ออกเป็นเกรดในขั้นที่กำหนดให้เป็น 10, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่หน้าตัดเป็นหลัก ดังนี้

พื้นที่แปลงที่ 1

1. กำหนดเปอร์เซ็นต์การตัดขยายระยะ เท่ากับ 10% จะทำการตัดไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีขนาดใหญ่กว่า 43.5 เซนติเมตร ออกจากพื้นที่แปลง 1 ต้นต่อไร่
2. กำหนดเปอร์เซ็นต์การตัดขยายระยะ เท่ากับ 20% จะทำการตัดไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีขนาดใหญ่กว่า 61.5 เซนติเมตร ออกจากพื้นที่แปลง 1 ต้นต่อไร่
3. กำหนดเปอร์เซ็นต์การตัดขยายระยะ เท่ากับ 30% จะทำการตัดไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีขนาดใหญ่กว่า 75.5 เซนติเมตร ออกจากพื้นที่แปลง 1 ต้นต่อไร่
4. กำหนดเปอร์เซ็นต์การตัดขยายระยะ เท่ากับ 40% จะทำการตัดไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีขนาดใหญ่กว่า 87.5 เซนติเมตร ออกจากพื้นที่แปลง 1 ต้นต่อไร่

พื้นที่แปลงที่ 2

1. กำหนดเปอร์เซ็นต์การตัดขยายระยะ เท่ากับ 10% จะทำการตัดไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีขนาดใหญ่กว่า 50.5 เซนติเมตร ออกจากพื้นที่แปลง 1 ต้นต่อไร่
2. กำหนดเปอร์เซ็นต์การตัดขยายระยะ เท่ากับ 20% จะทำการตัดไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีขนาดใหญ่กว่า 71.5 เซนติเมตร ออกจากพื้นที่แปลง 1 ต้นต่อไร่
3. กำหนดเปอร์เซ็นต์การตัดขยายระยะ เท่ากับ 30% จะทำการตัดไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีขนาดใหญ่กว่า 87.5 เซนติเมตร ออกจากพื้นที่แปลง 1 ต้นต่อไร่
4. กำหนดเปอร์เซ็นต์การตัดขยายระยะ เท่ากับ 40% จะทำการตัดไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีขนาดใหญ่กว่า 71.5 เซนติเมตร ออกจากพื้นที่แปลง 2 ต้นต่อไร่

ในขั้นนี้คิดเป็นพื้นที่ต่อไป เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นรูปแบบอื่น และจำนวนต้นไม้ใช้ค่าเฉลี่ยของพื้นที่หน้าตัด ซึ่งในการปฏิบัติจริง อาจพิจารณาสุขภาพของต้นสนสองใบในพื้นที่เป็นเกณฑ์ร่วมด้วย เพื่อให้ทราบจำนวนต้นสนที่ต้องการตัดออก และเพื่อให้เกิดความยั่งยืนและผลกระทบน้อยที่สุดในแต่ละพื้นที่

การศึกษาที่ 2 การตัดขยายระยะของไม้สนต่างถิ่น

4.4.3 พื้นที่ศึกษาการตัดขยายระยะของไม้สนต่างถิ่น กรณีศึกษาไม้สนคาริเบีย

4.4.3.1 ข้อมูลเบื้องต้นลักษณะโครงสร้างของแปลงตัดขยายระยะไม้สนคาริเบีย พื้นที่ศึกษาแปลงตัวอย่างไม้สนคาริเบียที่สถานีวนวัฒนวิจัยอินทผลิล จังหวัดเชียงใหม่ (ภาพที่ 66) มีพื้นที่แปลงตัวอย่างขนาด 5 ไร่ มีความกว้าง เท่ากับ 40 เมตร ความยาว เท่ากับ 200 เมตร (ภาพที่ 67) ซึ่งเป็นแปลงสวนรวมพันธุ์สนคาริเบียของกรมป่าไม้ โดยจะมีการแบ่งตัดพื้นที่ เป็น 5 บล็อก ละ 1 ไร่ ขนาด 40x40 เมตร ใน 1 บล็อกได้ทำการปลูกต้นสน 32 ชุด แบ่งเป็นแถว ด้านกว้าง 4 แถว ด้านยาว 32 แถว ในแต่ละชุดได้ปลูกต้นสนทั้งหมด 9 ต้น ระยะปลูก 1.5x3 เมตร ต้นสนคาริเบียที่ปลูกมีอายุ 11 ปี ซึ่งดำเนินการปลูกในปี พ.ศ. 2548 ในแต่ละชุดได้ปลูกต้นสนที่มี สายพันธุ์แตกต่างกัน และมีอัตราการรอดตายที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ยังไม่มีการตัดขยายระยะ (ตารางที่ 40) ในลักษณะตามแผนผังแปลงสวนรวมพันธุ์ไม้สนคาริเบีย (ภาพผนวกที่ 3)



ภาพที่ 66 แปลงไม้สนคาริเบียที่สถานีวนวัฒนวิจัยอินทผลิล จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 67 แปลงตัวอย่างการศึกษาระยะไม้นอนคาร์บอน บริเวณสถานีวันวันวิชัยอินทิล จังหวัดเชียงใหม่

พื้นที่นี้ที่โดยรอบแปลงตัวอย่างเป็นป่าเต็งรัง มีไม้ท่อนเป็นไม้เด่น ดินเป็นดินร่วนปนทราย มีค่าปฏิกิริยาดินอยู่ที่ประมาณ 5.06 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินอยู่ที่ประมาณ 25 กรัมต่อกิโลกรัม ความหนาแน่นของดินอยู่ที่ 1.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เซนติเมตร มีปริมาณไนโตรเจน เท่ากับ 0.75 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 13.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่สกัดได้ เท่ากับ 282.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมเท่ากับ 385.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แมกนีเซียม เท่ากับ 154.68 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโซเดียม เท่ากับ 492.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

อุณหภูมิเฉลี่ยต่อปีอยู่ที่ประมาณ 25-26 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 20 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 31-32 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนต่อปีอยู่ที่ประมาณ 1,887 มิลลิเมตรต่อปี

ตารางที่ 40 ข้อมูลชนิดพันธุ์ไม้สนคาร์บีเบียนแปลงสวนรวมพันธุ์ไม้สนคาร์บีเบียน เพื่อใช้ประโยชน์
ในเชิงอนุรักษ์ ปี พ.ศ. 2548

No.	Lot. No.	Provenance	Origin
1	2071	HB Prog. 1980	Byfield, Queensland, Australia
2	2083	HB Prog. 1980	Byfield, Queensland, Australia
3	2086	HB Prog. 1980	Byfield, Queensland, Australia
4	2094	HB Prog. 1980	Byfield, Queensland, Australia
5	2169	HB Prog. 1981	Byfield, Queensland, Australia
6	2212	HB Prog. 1981	Limones, Honduras site No.P.C. 13
7	2220	HB Prog. 1981	Limones, Honduras site No.P.C. 14
8	2223	HB Prog. 1981	Limones, Honduras Rep.
9	2253	HB Prog. 1981	MPR, Belize siteNo.P.C.20
10	2256	HB Prog. 1981	MPR, Belize siteNo.P.C.20
11	2259	HB Prog. 1981	MPR, Belize siteNo.P.C.20
12	2261	HB Prog. 1981	MPR, Belize siteNo.P.C.20
13	2263	HB Prog. 1981	MPR, Belize siteNo.P.C.20
14	2272	HB Prog. 1981	Queensland, Australia site
15	2273	HB Prog. 1981	Queensland, Australia site
16	2279	HB Prog. 1981	St. Clara, Nicaragua
17	2046	HB Prog. 1981	La Mosquitia, Honduras
18	2059	HB Prog. 1980	Byfield, QLD, Austrlia
19	2062	HB Prog. 1980	Byfield, QLD, Austrlia
20	2069	HB Prog. 1980	Byfield, QLD, Austrlia
21	2085	HB Prog. 1980	Byfield, QLD, Austrlia
22	2092	HB Prog. 1980	Byfield, QLD, Austrlia
23	2093	HB Prog. 1980	Byfield, QLD, Austrlia
24	2119	HB Prog. 1980	Card well, QLD, Australia
25	2120	HB Prog. 1980	Card well, QLD, Australia
26	2191	HB Prog. 1981	Karawala, Nicaragua site No.P.C.02

ตารางที่ 40 (ต่อ)

No.	Lot. No.	Provenance	Origin
27	2197	HB Prog. 1981	Karawala, Nicaragua site No.P.C.02
28	2204	HB Prog. 1981	Alamicamba, Nicaragua site No.P.C.03
29	2238	HB Prog. 1981	Guasuja, Honduras site Mo.P.C.03
30	2243	HB Prog. 1981	Guasuja, Honduras site Mo.P.C.03

4.4.3.2 ขั้วผลก่อน และหลังการตัดขยายระยะไม้สนคาริเบีย

จากวัสดุสับป้อนต้นลักษณะโครงสร้างของแปลงตัดขยายระยะไม้สนคาริเบีย ทำการแบ่งบล็อกออกเป็น 4 บล็อกย่อย ขนาดแปลง 20x20 เมตร เพื่อศึกษาวนเวียนวิธี โดยมุ่งเน้นเรื่องการตัดขยายระยะที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ได้ทั้งหมดจำนวน 20 บล็อก ดังแสดงในภาพที่ 68



ภาพที่ 68 บล็อกย่อยที่ใช้ในการศึกษาไม้สนคาริเบีย

โดยผลการวิเคราะห์ขนาดพื้นที่หน้าตัด เปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดจากภาพถ่ายเรือนยอด และการปกคลุมเรือนยอดจากการวัดขนาดเรือนยอดจริงก่อนการตัดขยายระยะ เพื่อกำหนดต้นที่จะตัดออกจากระดับความเข้มข้นที่ตั้งไว้ก่อนที่จะทำการตัดขยายระยะ พบว่า ต้นสนคาริเบียมีอัตราการตายสูงมาก โดยมีค่าเฉลี่ยการรอดตายจำนวน 34 ต้นต่อบล็อก คิดเป็น

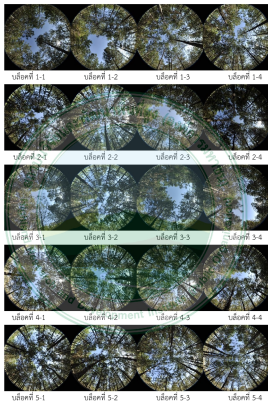
47.22 เปอร์เซ็นต์ จากจำนวนต้นที่ปลูก โดยบล็อกรที่มีเปอร์เซ็นต์รอดตายสูงที่สุด 65.28 เปอร์เซ็นต์ ต่อบล็อก และบล็อกรที่มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายน้อยที่สุด คือ 29.17 เปอร์เซ็นต์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 15.68 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 11.83 เมตร ซึ่งมีองค์ประกอบที่หน้าตัด พบว่า มีค่าเฉลี่ย 7.10 ตารางเมตรต่อบล็อก โดยมีเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดจากการใช้กิ่งอ้อยดำภาคคิดเป็น 74.31 เปอร์เซ็นต์ และการปกคลุมเรือนยอดจากการวัดขนาดความกว้างเรือนยอดจริง 432.49 ตารางเมตร ดังแสดงในตารางที่ 41

สำหรับแผนการทดลองการตัดขยายระยะ จากข้อมูลเบื้องต้น พบว่า ต้นสนคำวี่ใบมีอัตราการตายจำนวนมาก และมีการเปลี่ยนแปลงผลงอกที่มีการทำวิจัยทำให้ไม่สามารถตัดต้นไม้ได้จึงกำหนดแปลงดังกล่าวเป็นแปลงควบคุม ทำให้การกำหนดสัดส่วนการตัดขยายระยะต้องใช้ปัจจัยเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดจากภาพถ่ายเรือนยอด (ภาพที่ 69) เชื่อมกับสัดส่วนกับการปกคลุมเรือนยอดที่วัดจริง



ตารางที่ 41 ผลการวิเคราะห์บล็อกไม้สนคาริเบียก่อนการตัดขยายระยะ

บล็อก ที่	จำนวน ต้นที่ เหลืออยู่ ก่อนการ ตัด ขยาย ระยะ (ต้น)	เปอร์เซ็นต์ การรอด ตาย (ร้อยละ)	ขนาดเส้น ผ่าน ศูนย์กลาง เฉลี่ยที่ ระดับอก (ซม.)	ความ สูง เฉลี่ย (ม.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ม.)	เปอร์เซ็นต์ การปก คลุม เรือน ยอดจาก ภาพถ่าย เรือนยอด (ร้อยละ)	การปก คลุม เรือน ยอดจาก การวัด จากเรือน ยอดจริง (ตร.ม.)
1-1	23	31.94	13.5	9.2	3.54	73.98	271.47
1-2	27	37.50	13.6	10.3	4.10	70.72	336.52
1-3	34	47.22	14.5	11.6	6.48	70.09	517.75
1-4	36	50.00	15.9	12.6	7.10	71.39	489.04
2-1	32	44.44	15.4	11.2	6.24	74.16	332.32
2-2	42	58.33	16.0	12.9	9.08	72.31	413.90
2-3	36	50.00	15.0	10.8	5.02	79.68	437.40
2-4	26	36.11	17.3	12.6	9.00	85.98	311.40
3-1	34	47.22	16.2	11.2	7.40	76.91	491.73
3-2	33	45.83	17.2	13.2	8.20	74.86	433.44
3-3	36	50.00	16.6	12.0	4.90	77.49	504.72
3-4	21	29.17	17.4	13.3	8.91	75.81	256.16
4-1	32	44.44	16.0	12.3	6.84	70.00	376.78
4-2	47	65.28	15.9	12.5	10.00	74.79	417.56
4-3	36	50.00	16.2	12.4	7.26	73.61	344.44
4-4	32	44.44	16.4	12.4	8.05	76.25	372.42
5-1	39	54.17	15.7	12.2	8.07	76.45	524.26
5-2	42	58.33	16.8	12.1	9.79	74.02	612.55
5-3	31	43.06	14.4	11.6	7.17	69.60	411.26
5-4	41	56.94	13.6	10.2	4.83	68.03	432.49
เฉลี่ย	34	47.22	15.68	11.83	7.10	74.31	414.38



ภาพที่ 69 ภาพถ่ายเรือนยอดของต้นไม้สวนสาธารณะก่อนการตัดขยายระยะ

โดยแบ่งประเภทของบล็อกตามเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดจากภาพถ่ายเรือนยอด โดย H คือ บล็อกที่มีเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดสูง และ L คือ บล็อกที่มีเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดต่ำ ส่วน C คือบล็อกที่เป็นแปลงควบคุม ดังนั้นจึงกำหนดการศึกษาเป็น 5 รูปแบบรูปแบบละ 3 ซ้ำ (บล็อก) ยกเว้นแปลงควบคุม (C) ที่มีจำนวน 6 ซ้ำ (บล็อก) ดังภาพที่ 70 และตารางที่ 42 ได้แก่

1. ไม่มีการตัดขยายระยะ แปลงควบคุม (C) จำนวน 8 ซ้ำ
2. ตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 30 ของเปอร์เซ็นต์ของการปกคลุมเรือนยอดจากภาพถ่ายเรือนยอดสูง H30 (ตัดหนัก) จำนวน 3 ซ้ำ
3. ตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 30 ของเปอร์เซ็นต์ของการปกคลุมเรือนยอดจากภาพถ่ายเรือนยอดต่ำ L30 (ตัดหนัก) จำนวน 3 ซ้ำ
4. ตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 50 ของเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดจากภาพถ่ายเรือนยอดสูง H50 (ตัดเบา) จำนวน 3 ซ้ำ
5. ตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 50 ของเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดจากภาพถ่ายเรือนยอดต่ำ L50 (ตัดเบา) จำนวน 3 ซ้ำ



ภาพที่ 70 บล็อกย่อยที่ใช้ในการศึกษาไม้สนสามใบตามแผนการทดลอง

ตารางที่ 42 การกำหนดสัดส่วนการตัดขยายระยะในแต่ละบล็อก

บล็อกที่	เปอร์เซ็นต์การ ปกคลุมเรือน ยอดจาก ภาพถ่ายเรือน ยอด (ร้อยละ)	การปกคลุม เรือนยอดจาก การวัดจาก เรือนยอดจริง (ตร.ม.)	รูปแบบ การตัด ขยาย ระยะ*	การปกคลุม เรือนยอดที่ ตัดออกมา สัดส่วน (ตร.ม.)	การปกคลุม เรือนยอดที่ เหลือหลังตัด ขยายระยะ (ตร.ม.)
1-1	75.98	271.47	C	0	271.47
1-2	70.72	336.52	L30	193.76	142.75
1-3	70.09	517.75	L50	148.00	369.35
1-4	71.39	489.04	L50	146.53	342.51
2-1	74.16	332.32	L30	197.88	134.43
2-2	72.31	413.90	C	0	413.90
2-3	79.68	437.40	H50	162.93	274.47
2-4	85.98	311.40	H30	202.75	108.65
3-1	76.91	491.73	H50	172.05	319.68
3-2	74.86	433.44	C	0	433.44
3-3	77.49	504.72	H50	179.05	325.67
3-4	75.81	256.16	H30	154.79	101.37
4-1	70.00	376.78	L30	215.30	161.48
4-2	74.79	417.56	C	0	417.56
4-3	73.61	344.44	L50	110.48	233.96
4-4	76.25	372.42	H30	225.90	146.53
5-1	76.45	524.26	C	0	524.26
5-2	74.02	612.55	C	0	612.55
5-3	69.60	411.26	C	0	411.26
5-4	68.03	432.49	C	0	432.49
เฉลี่ย	74.31	414.38			308.89

หมายเหตุ: C = แปลงควบคุม ไม่มีการตัดขยายระยะ

H = แปลงที่มีเปอร์เซ็นต์ของการปกคลุมเรือนยอดจากภาพถ่ายเรือนยอดสูง

L = แปลงที่มีเปอร์เซ็นต์ของการปกคลุมเรือนยอดจากภาพถ่ายเรือนยอดต่ำ

30 = แปลงที่มีการตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 30 ของเปอร์เซ็นต์ของการปกคลุมเรือนยอด (ตัดหนัก)

50 = แปลงที่มีการตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 50 ของเปอร์เซ็นต์ของการปกคลุมเรือนยอด (ตัดเบา)

การเลือกต้นที่จะตัดโค่นแต่ละแปลงจะคิดจากค่าสัดส่วนการตัดขยายระยะ และใช้ระบบเลือกตัด (selection thinning) โดยจะมีการเลือกเป็นต้นแม่ไม้ที่มีลักษณะดีของแต่ละสายพันธุ์ไว้ เพื่อกำหนดต้นอื่นๆ ที่ใกล้เคียงแม่ไม้จะไม่ถูกเลือกเป็นต้นแรกๆ ในการตัดขยายระยะ และทำการตัดโค่นไม้ตามจำนวนสัดส่วนที่ได้ตามการคำนวณการปกคลุมเรือนยอดตามแผนการทดลอง (ภาพผนวกที่ 2) โดยการปกคลุมเรือนยอดจากภาพถ่ายเรือนยอดต่ำ โดยเรียงจากเปอร์เซ็นต์น้อยไปมาก ได้แก่ บล็อก 4-1, 1-3, 1-2, 1-4, 4-3, และ 2-1 ตามลำดับ ซึ่งการเลือกแปลงที่ตัดหนัก และตัดเบาเกิดจากการสุ่มตัวอย่าง (ประกอบกับการคำนวณจากต้นที่มีการเลือกต้นที่แม่ไม้ที่มีลักษณะดีแต่ละสายพันธุ์ไว้ เพื่อกำหนดต้นอื่นๆ ที่ใกล้เคียงแม่ไม้จะไม่ถูกเลือกเป็นต้นแรกๆ ในการตัดขยายระยะ และทำการตัดโค่นไม้ตามจำนวนสัดส่วนที่ได้ตามการคำนวณการปกคลุมเรือนยอดตามแผนการทดลอง และมีการตัดต้นไม้ นอกเหนือที่สุด ทำให้ได้แปลงตัดเบาเป็น บล็อกที่ 1-3, 1-4 และ 4-3 โดยแปลงตัดหนัก คือ แปลง 1-2, 2-1 และ 4-1 ส่วนบล็อกที่มีการปกคลุมเรือนยอดจากภาพถ่ายเรือนยอดสูง โดยเรียงจากเปอร์เซ็นต์น้อยไปมาก ได้แก่ บล็อก 3-4, 4-4, 3-1, 3-3, 2-3, และ 2-4 ตามลำดับ ซึ่งการเลือกแปลงที่ตัดหนัก และตัดเบาเกิดจากการสุ่มตัวอย่างประกอบกับการคำนวณจากต้นที่มีการเลือกเป็นต้นแม่ไม้ของแต่ละสายพันธุ์แปลง ทำให้ได้แปลงตัดเบาเป็น บล็อกที่ 3-1, 3-3 และ 2-3 โดยแปลงตัดหนัก คือ แปลง 3-4, 4-4 และ 2-4 ทั้งนี้ยังมีค่าเฉลี่ยการปกคลุมเรือนยอดที่เหลือหลังตัดขยายระยะ 308.89 ตารางเมตร และค่าเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัด 4.64 ตารางเมตร ดังแสดงในตารางที่ 43

ตารางที่ 43 การปลูกขุมเรือนยอด และพื้นที่หน้าตัดก่อน และหลังการตัดขยายระยะ

บล็อกที่	การปลูกขุมเรือนยอดก่อนตัด	การปลูกขุมเรือนยอดที่เหลือหลังตัดขยายระยะ	พื้นที่หน้าตัดก่อนตัดขยายระยะ	พื้นที่หน้าตัดที่เหลือหลังตัดขยายระยะ	รูปแบบการตัดขยายระยะ*
	(ตร.ม.)	(ตร.ม.)	(ตร.ม.)	(ตร.ม.)	
1-1	271.47	271.47	3.54	3.54	C
1-2	336.52	142.75	4.10	2.20	L30
1-3	517.75	369.35	6.48	1.45	L50
1-4	489.04	342.51	7.10	1.64	L50
2-1	332.32	134.43	6.24	3.52	L30
2-2	413.90	413.90	9.08	9.08	C
2-3	237.40	274.47	5.02	3.31	H50
2-4	311.40	108.65	9.00	3.59	H30
3-1	491.73	319.68	7.40	2.67	H50
3-2	433.44	433.44	8.20	8.20	C
3-3	504.72	325.67	4.90	2.22	H50
3-4	256.16	101.37	8.91	2.74	H30
4-1	376.78	161.48	6.84	3.54	L30
4-2	417.56	417.56	10.00	10.00	C
4-3	344.40	233.96	7.26	3.06	L50
4-4	372.42	146.53	8.05	2.19	H30
5-1	524.26	524.26	8.07	8.07	C
5-2	612.55	612.55	9.79	9.79	C
5-3	411.26	411.26	7.17	7.17	C
5-4	432.49	432.49	4.83	4.83	C
เฉลี่ย	414.38	308.89	7.10	4.64	

หมายเหตุ: C = แปลงควบคุม ไม่มีการตัดขยายระยะ

H = แปลงที่มีเปอร์เซ็นต์ของการปลูกขุมเรือนยอดจากภาพถ่ายเรือนยอดสูง

L = แปลงที่มีเปอร์เซ็นต์ของการปลูกขุมเรือนยอดจากภาพถ่ายเรือนยอดต่ำ

30 = แปลงที่มีการตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 30 ของเปอร์เซ็นต์ของการปลูกขุมเรือนยอด (ตัดหนัก)

50 = แปลงที่มีการตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 50 ของเปอร์เซ็นต์ของการปลูกขุมเรือนยอด (ตัดเบา)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

1. การปลูกทดสอบชนิดไม้สนนั้นได้ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว ซึ่งปัจจุบันไม้สนทั้ง 5 ชนิด จาก 10 ต้นกำเนิด ในแปลงปลูกทดสอบมีอายุประมาณ 1 เดือน และมีอัตราการรอดตาย ความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากแตกต่างกัน โดยไม้สนเทศุนามาจากถิ่นกำเนิด Yucul (Nicaragua) มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 21.93 เซนติเมตร ขณะที่สนสองใบจากถิ่นกำเนิดห้วยพญา จังหวัดศรีสะเกษมีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 4.40 เซนติเมตร ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก พบว่า สนสองใบจากถิ่นกำเนิดห้วยพญา จังหวัดศรีสะเกษ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 5.17 มิลลิเมตร ขณะที่สนสามใบถิ่นกำเนิดคลองอุเทศ จังหวัดเชียงใหม่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 1.58 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามส่วนใหญ่ไม้สนในแปลงปลูกทดสอบมีอัตราการรอดตายค่อนข้างสูง

2. สนคาริเบีย อายุ 10 ปี มีปริมาณโกลเซลล์ูลอส ปริมาณเพนโดมูส ปริมาณลิกนิน และปริมาณสารแทรกมาที่สูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 74.16 8.93 32.36 และ 98.06 ตามลำดับ ขณะที่สนโอคาร์ปามีปริมาณแอลฟาเซลลูลอส การละลายในแอลกอฮอล์เบนซีน และการละลายในโซเดียมไฮดรอกไซด์มากที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 67.32 11.47 และ 20.22 ตามลำดับ

ส่วนทั้ง 5 ชนิด วงปีส่วนใหญ่เห็นชัดเจน เซลล์ส่วนใหญ่ของสนเป็นเทรคัส และพาเรงคิมา ซึ่งท่วงคิมาขยายส่วนใหญ่จะเรียงตัวตามแนวขวางของเคสิด และสามารถมองเห็นทิศได้อย่างชัดเจน ในด้านลึมนั้นวงปีจะเรียงตัวตามแนวขวางของลำต้น และมีหลายแถว ทั้งยังจะเรียงตัวตามยาวของลำต้น ส่วนของเส้นใย สนสองใบ และสนสามใบจะมีความหนาแน่นกว่าสนชนิดอื่นๆ และสนคาริเบีย สนสองใบ และสนสามใบจะมีความยาวไฟเบอร์มากที่สุด ในส่วนคุณสมบัติด้านพลังงานของไม้พินจากสนใกล้เคียงกันทั้ง 5 ชนิดไม่มีสน ซึ่งสนโอคาร์ปามีค่าความร้อนมากที่สุด ส่วนถ่านไม้สนนั้น สนสองใบ สนคาริเบีย และสนโอคาร์ปามีค่าความร้อนมากกว่าสนชนิดอื่นๆ ดังนั้นสรุปได้ว่าสนโอคาร์ปามีเหมาะสมแก่การใช้ประโยชน์ด้านพลังงานมากกว่าสนชนิดอื่นๆ ทั้งในแง่ของไม้พินและถ่านไม้

ในส่วนของยางสนนั้น พบว่า สนคาริเบียที่ใช้กรรมวิธีการกวนดีเลือก และใส่สารกระตุ้นเป็นกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นสนที่มีศักยภาพในการให้ยางสนในเชิงพาณิชย์มากกว่าสนชนิดอื่นๆ ทั้งนี้สนที่มีอายุมากสามารถให้ปริมาณยางสนที่มากกว่าสนที่มีอายุน้อย

3. การวิเคราะห์ปริมาณ กำลังผลิต และสุขภาพของไม้สน พบว่า ตัวอย่างไม้ที่มีอายุนานที่สุดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 77.5 เซนติเมตร มีความกว้างของวงปีวงสุดท้ายในปี พ.ศ. 2235 ดังนั้นจึงสามารถกำหนดช่วงของความกว้างวงปีได้ถึง 324 ปีย้อนหลัง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2235 ถึงปี พ.ศ. 2558 ส่วนตัวอย่างไม้สนสองใบที่มีอายุน้อยที่สุดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 44.7 เซนติเมตร มีอายุ 84 ปี ในส่วนของผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสร้างตัวแบบการเติบโต พบว่า ในช่วงอายุ 74-142 ปี ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้ เท่ากับ 53.43 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นปีละ 0.43 เซนติเมตร มีตัวแบบการเติบโตแบบสมการเส้นตรง $DBH = -0.0017year + 0.5309$ ($R^2=0.181$) ในช่วงอายุ 143-231 ปี ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้ เท่ากับ 67.93 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นปีละ 0.23 เซนติเมตร มีตัวแบบการเติบโตแบบสมการเอ็กซ์โปเนนเชียล $DBH = 0.447e^{1-0.0055year}$ ($R^2=0.665$) ในช่วงอายุ 232-324 ปี ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้ เท่ากับ 75.65 เซนติเมตร สามารถแบ่งช่วงการเติบโตได้เป็น 2 ช่วงอย่างชัดเจน ช่วงปีที่ 1-142 มีค่าเฉลี่ยการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นปีละ 0.25 เซนติเมตร และช่วงตั้งแต่ปีที่ 143 ซึ่งเป็นช่วงที่การเติบโตเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงมีค่าเฉลี่ยการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นปีละ 0.09 เซนติเมตร มีตัวแบบการเติบโตแบบสมการเอ็กซ์โปเนนเชียล $DBH = 0.276e^{1-0.0055year}$ ($R^2=0.496$) ขณะที่การประเมินสุขภาพไม้สนบริเวณหน่วยย่อยตัวอย่าง จำนวน 33 แปลง จำนวน 507 ต้น พบว่า มีต้นสนที่เป็นผลของการถูกทำลายจากการเก็บไม้เกียะ จำนวน 105 ต้น จากต้นสนทั้งหมด 507 ต้น คิดเป็น 20.71 เปอร์เซ็นต์ของต้นสนทั้งหมด โดยมีลักษณะผลของการถูกทำลายจากการเก็บไม้เกียะแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทผลที่ 1 คือ บาดแผลการเจาะ และแผลเป็นหลุมเล็กๆ ชุดเป็นทางยาว และประเภทผลที่ 2 คือ บาดแผลที่เกิดจากการากเป็นแผลใหญ่ โดยพบว่า ต้นสนสองใบที่มีผลของการเก็บไม้เกียะ สี่ราวพบจำนวนผลรวมต้น พบว่า มีจำนวนผล ตั้งแต่ 1-6 ผล มีปริมาณพรของผลน้อยที่สุด คือ 0.03 ลูกบาศก์เมตร ส่วนปริมาณผลที่พบมากที่สุด คือ 0.76 ลูกบาศก์เมตร โดยเมื่อทำการเทียบปริมาณของผลที่เกิดขึ้นกับปริมาณของลำต้นเหนือพื้นดินที่ตรงระดับความสูง 2 เมตร พบว่า มีต้นสนสองใบที่มีเปอร์เซ็นต์ของผลมากที่สุด 62.62 % จำนวน 1 ต้น และต้นสนที่มีลักษณะผลของการถูกทำลายจากการเก็บไม้เกียะที่มีสัดส่วนบาดแผลเมื่อเทียบกับลำต้นมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 16 ต้น โดยหากสัดส่วนของปริมาณผลเท่ากับให้พิจารณาต้นต้นที่มีบาดแผลประเภทที่ 2 ก่อนเนื่องจากมีโอกาสโดนล้มได้ง่ายกว่า ซึ่งความน่าสัดส่วนของผลที่เกิดขึ้นมาเป็นเกณฑ์ในการเลือกต้นที่มีความเสี่ยงที่จะหักโค่นเป็นต้นที่ควรตัดขยายระยะออก เพื่อวางแผนเสนอแนวทางการจัดการไม้สนหัวรูเพื่อเป็นการ improvement cutting

4. การวิเคราะห์การเจริญทดแทน (regeneration) ของไม้สนสองแปลงที่มีไม้สนหนาแน่นมากจำนวน 3 แปลง และหนาแน่นน้อยจำนวน 3 แปลง พบต้นสนสองใบจำนวน 203 และ 56 ต้น ตามลำดับ แปลงที่มีไม้สนหนาแน่นมากมีการกระจายของหนุไม้เป็นแบบ Balanced uneven-aged stand เป็นรูปตัว J ในหนุไม้บึงจะมีการกระจายตัวของชั้นอายุสม่ำเสมอ โดยมีไม้ขนาดเล็กที่พร้อมจะทดแทนไม้ใหญ่ที่ตาย ซึ่งหนุไม้บึงจะให้ผลผลิตที่สม่ำเสมอตลอดไป (Sustained yield) ส่วนแปลงที่มีความหนาแน่นน้อย มีการกระจายของหนุไม้เป็นแบบ Irregular uneven-aged stand เป็นหนุไม้ที่มีชั้นอายุไม่เท่ากัน และแต่ละชั้นอายุขึ้นอยู่กันพื้นที่ไม่เท่ากัน

5. การตัดขยายระยะของไม้สนคาร์เบียร์ กำหนดการศึกษากเป็น 5 รูปแบบ ได้แก่ ไม่มีการตัดขยายระยะ (ไม่ปลอกรวม, C) ตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 30 ของเปอร์เซ็นต์ของการปกคลุมเรือนยอดบริเวณที่มีการปกคลุมเรือนยอดสูง H30 (ตัดหนัก) ตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 30 ของเปอร์เซ็นต์ของการปกคลุมเรือนยอดบริเวณที่มีการปกคลุมเรือนยอดต่ำ L30 (ตัดหนัก) ตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 50 ของเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดบริเวณที่มีการปกคลุมเรือนยอดสูง H50 (ตัดเบา) ตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 50 ของเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดบริเวณที่มีการปกคลุมเรือนยอดต่ำ L50 (ตัดเบา) โดยแต่ละรูปแบบการตัดพื้นมีขนาดแปลง 20x20 เมตร จำนวน 3 ซ้ำ ยกเว้นแปลงควบคุมที่มีจำนวน 8 ซ้ำ ผลการศึกษาเบื้องต้น พบว่า ต้นสนคาร์เบียร์มีอัตราการตายสูงมาก โดยมีค่าเฉลี่ยการอดตายจำนวน 34 ต้นต่อบล็อก คิดเป็นร้อยละ 47.22 จากจำนวนต้นที่ปลูก โดยบล็อกที่มีเปอร์เซ็นต์รอดตายสูงที่สุด 65.28 เปอร์เซ็นต์ต่อบล็อก และบล็อกที่มีเปอร์เซ็นต์การอดตายน้อยที่สุด คือ 29.17 เปอร์เซ็นต์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 15.68 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 11.83 เมตร ซึ่งเมื่อคิดพื้นที่หน้าตัด มีค่าเฉลี่ย 7.10 ตารางเมตร

ข้อเสนอแนะ

สำหรับกรอบงานที่จะดำเนินการต่อไปในปีที่ 3 ประกอบด้วย 1) การบำรุงรักษาและติดตามการเติบโตของไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่นที่ปลูกทดสอบในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ (หน่วยย่อยหัวฮู) 2) ติดตามการเจริญเติบโตตามธรรมชาติของไม้สนสองใบในแปลงทดลองที่วางไว้ในพื้นที่ดังกล่าว พร้อมทั้งติดตามการเติบโตของสนคาร์เบียที่เหลือจากการตัดขยายระยะ ในแปลงทดลองของสถานีวนวัฒนวิจัยอินทรี 3) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้สนคาร์เบียที่ได้จากการตัดขยายระยะ พร้อมทั้งศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางสนคาร์เบีย และ 4) ศึกษาสถานภาพของพื้นที่ และทดสอบการปลูกไม้สนในพื้นที่สูงเกษตรกรรม โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์



ตารางสรุปเปรียบเทียบผลงานวิจัยกับแผนงานวิจัย

วัตถุประสงค์	กิจกรรมวิจัย	ผลการดำเนินงาน
1. เพื่อศึกษาการเติบโตของชนิดไม้สนพื้นเมือง และสวนต่างถิ่นที่มีถิ่นกำเนิดต่างกัน	1.1 การเตรียมพื้นที่ปลูก	ดำเนินการเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยมีขั้นตอน ดังนี้ 1. ตัดต้นไม้ที่มีขนาดเล็กออกจากแปลง 2. ทำการไถครั้งที่ 1 พลิกดินและตากแดด เพื่อทำลายส่วนของราก และ 3. ทำการไถครั้งที่ 2 เพื่อให้พื้นมีความร่วนซุย และทำให้หน้าดินเรียบ
	1.2 การทำแนวชีวภาพ	ดำเนินการเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยการสร้างแนวการชะลอความเร็วของน้ำต้น กิ่ง ใบ และมวลชีวภาพรวมของสวนสองใบ และยางเมือง ด้วยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบต่างๆ เช่น D^2H , D , H และ DH
	1.3 การปลูกทดสอบไม้สน และป่าอนุรักษ์	ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้ได้ทำการวัดความโต ความสูง และอัตราการรอดตายในแปลง หลังจากปลูกเป็นระยะเวลา 1 เดือนเรียบร้อยแล้วด้วย
2. เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายวิภาค และพลังงานของไม้สนพื้นเมือง และสวนต่างถิ่น	2.1 เก็บตัวอย่างไม้สนพื้นเมือง และสวนต่างถิ่นพร้อมทั้งทดสอบคุณสมบัติทางเคมี	ได้ดำเนินการทดสอบปริมาณไฮโดรเซลลูโลส ปริมาณสารแทนนินในแอลกอฮอล์-เบนซิน ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของสารละลายในค่าปริมาณการละลายในน้ำร้อน ปริมาณซีเด้ว ปริมาณแอลฟา-เซลลูโลส ปริมาณลิกนิน และปริมาณแทนนินแทน

ตารางสรุปเปรียบเทียบผลงานวิจัยกับแผนงานวิจัย (ต่อ)

วัตถุประสงค์	กิจกรรมวิจัย	ผลการดำเนินงาน
3. เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีและแนวทางการใช้ประโยชน์ยางสนจากไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น	2.2 เก็บตัวอย่างไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่นพร้อมทั้งทดสอบคุณสมบัติทางกายวิภาค	ดำเนินการทดสอบเรียบร้อยแล้ว ทั้งในเชิงคุณภาพ และในเชิงปริมาณ
	2.3 เก็บตัวอย่างไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่นพร้อมทั้งทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของไม้สนพื้นเมือง	ดำเนินการทดสอบไม้สนทั้ง 5 ชนิด เปรียบเทียบแล้ว ทั้งไม้พื้น และต่างถิ่น
	3.1 เก็บตัวอย่างยางสนพื้นเมือง และสนต่างถิ่นตามกรรมวิธีการทดสอบ	ดำเนินการเรียบร้อยแล้วโดยใช้แผนการทดลองแบบ factorial in CRD 5x2x3 จำนวน 3 ซ้ำ
	3.2 วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของยางสนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น	ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว โดยสนสองใบมีผลผลิตโฟมมากที่สุด ขณะที่สนโศกราชปาล์มมีค่าโฟมอินและผลผลิตยางมากที่สุด ส่วนสนหนาดูมามีมี 3-คาร์บอน และเลขอะตอมมากที่สุด
	3.3 ประเมินแนวทางการใช้ประโยชน์ไม้สน และยางสนพื้นเมืองและสนต่างถิ่น	ดำเนินงานเรียบร้อยแล้ว โดยสามารถแยกออกเป็น 2 รูปแบบ คือ การกึ่งใช้ยางสน และการใช้เนื้อไม้สน
4. เพื่อศึกษารับบบวนร้อยละในการจัดการไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น	4.1 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในเนื้อ และเปลือกของไม้สนสองใบ	ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว โดยพบว่า ตัวอย่างไม้ที่มีอายุน้อยกว่า 77.5 เซนติเมตร ส่วนตัวอย่างไม้สนสองใบที่มีอายุน้อยที่สุดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 44.7 เซนติเมตร ขณะเดียวกันกับพบต้นสนที่เป็นผลจากการถูกทำลายจากการเก็บไม้เถื่อน จำนวน 105 ต้น จากต้นสนทั้งหมด 507 ต้น คิดเป็น 20.71 เปอร์เซ็นต์

ตารางสรุปเปรียบเทียบผลงานวิจัยกับแผนงานวิจัย (ต่อ)

วัตถุประสงค์	กิจกรรมวิจัย	ผลการดำเนินงาน
	4.2 การวิเคราะห์การเจริญ ทดแทน (regeneration) ของไม้สนสองใบ	ทำการวางแผนขนาด 40x40 ในพื้นที่ป่าสนที่มีความหนาแน่น ของไม้สนสองใบแตกต่างกัน จากนั้นทำการเก็บข้อมูลไม้ใหญ่ ไม้รุ่น และกล้าไม้ พร้อมทั้ง ถ่ายภาพเรือนยอด และนำมา วิเคราะห์การเจริญทดแทน ทั้งนี้ ทุกส่วนได้ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว
	4.3 การศึกษาวิธีพัฒนาพื้นที่สูง จัดการไม้สนสองใบ	ทำการวางแผนและวัดความ ความสูง ขนาดเรือนยอด และ การปกคลุมเรือนยอด เพื่อกำหนดต้นสนที่จะตัดออก ทั้งนี้ได้ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว