รายงานฉบับสมบูรณ์

(Final Report)

โครงการศึกษาชนิด/พันธุ์ไม้สนเพื่อปลูกเป็นสวนป่าและการอนุรักษ์ในพื้นที่โครงการหลวงวัดจันทร์

The study of pine species trials for economic and conservation at Watchan Royal Project

แผนงานวิจัย :

เพื่อฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

โดย

กอบศักดิ์ วันธงไชย และคณะ

สนับสนุนทุนวิจัยโดย สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

รายงานฉบับสมบูรณ์

(Final Report)

โครงการศึกษาชนิด/พันธุ์ไม้สนเพื่อปลูกเป็นสวนป่าและการอนุรักษ์ในพื้นที่โครงการหลวงวัดจันทร์

The study of pine species trials for economic and conservation at Watchan Royal Project.

แผนงานวิจัย :

เพื่อฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. ผศ.ดร. กอบศักดิ์ วันธงไชย	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. อ.ดร. สมพร แม่ลิ่ม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. ผศ.ดร. ไตรรัตน์ เนียมสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4. อ. พิชิต ลำใย	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
5. นายณัฐวัฒน์ คลังทรัพย์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
6. นายสมชาย นองเนือง	กรมป่าไม้
7. นางอำไพ พรลีแสงสุวรรณ์	กรมป่าไม้
8. นายกิตติศักดิ์ จินดาวงค์	มูลนิธิโครงการหลวง

กันยายน 2560

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสถาบันวิจัย และพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ที่ได้ให้การสนับสนุนการศึกษาวิจัยเรื่อง “โครงการศึกษาชนิด/พันธุ์ไม้สนเพื่อปลูกเป็นสวนป่าและการอนุรักษ์ในพื้นที่โครงการหลวงวัดจันทร์” ประจำปีงบประมาณ 2560 และขอขอบพระคุณคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิผู้ตรวจสอบทางวิชาการที่ได้กรุณาตรวจทาน และเสนอแนะข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการศึกษาวิจัย ขอขอบพระคุณองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ และโครงการหลวงวัดจันทร์ที่อนุญาตให้ใช้พื้นที่ เพื่อการศึกษาในครั้งนี้ รวมถึงเจ้าหน้าที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลในพื้นที่ นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณนิสิต และบุคลากรคณะวนศาสตร์ทุกท่านที่ได้มีส่วนร่วมในการดำเนินการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงลงได้

คณะผู้วิจัย

กันยายน 2560

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)
Highland Research and Development Institute (Public Organization)

คณะผู้วิจัย

1. ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานสังกัด ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail

ชื่อ-สกุล	นายกอบศักดิ์ วันธงไชย
ชื่อ-สกุล	Mr. Kobsak Wanthongchai
คุณวุฒิ	ปริญญาเอก
ตำแหน่ง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
หน่วยงาน	คณะวนศาสตร์ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา
ที่อยู่	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์/โทรสาร	02-942-8112ต่อ 106,085-837-0779 E-mail : fforksw@ku.ac.th

2. ชื่อ และสถานที่ติดต่อของนักวิจัย หน่วยงานสังกัด ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail

2.1	ชื่อ-สกุล	นายสมพร แม่ลิ่ม
	ชื่อ-สกุล	Mr. Somporn Maelim
	คุณวุฒิ	ปริญญาเอก
	ตำแหน่ง	อาจารย์
	หน่วยงาน	คณะวนศาสตร์ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา
	ที่อยู่	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
	โทรศัพท์/โทรสาร	02-942-8112 ต่อ 108 E-mail : fforspm@ku.ac.th
2.2	ชื่อ-สกุล	นายไตรรัตน์ เนียมสุวรรณ
	ชื่อ-สกุล	Mr. Trairat Niumsuwan
	คุณวุฒิ	ปริญญาเอก
	ตำแหน่ง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
	หน่วยงาน	คณะวนศาสตร์ ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์
	ที่อยู่	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
	โทรศัพท์/โทรสาร	02-942-8109 ต่อ1907 E-mail : ffortrn@ku.ac.th
2.3	ชื่อ-สกุล	นายพิชิต ลำใย
	ชื่อ-สกุล	Mr. Pichit Lumyai
	คุณวุฒิ	ปริญญาโท
	ตำแหน่ง	อาจารย์
	หน่วยงาน	คณะวนศาสตร์ ภาควิชาการจัดการป่าไม้

ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์/โทรสาร 02-9428108 ต่อ 26 E-mail : fforpcl@ku.ac.th

2.4 ชื่อ-สกุล นายณัฐวัฒน์ คลังทรัพย์
ชื่อ-สกุล Mr. Nattawat Khlangsap
คุณวุฒิ ปริญญาโท
ตำแหน่ง นักวิจัย
หน่วยงาน คณะวนศาสตร์ ศูนย์ประสานงานสถานีวิจัยและป่าสาธิต
ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์/โทรสาร 02-5614246 E-mail : rdispk@ku.ac.th

2.5 ชื่อ-สกุล นายสมชาย นองเนือง
ชื่อ-สกุล Mr. Somchai Nongnuang
คุณวุฒิ ปริญญาเอก
ตำแหน่ง นักวิชาการป่าไม้ กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย
หน่วยงาน ศูนย์วนวัฒนวิจัยภาคเหนือ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้
โทรศัพท์/โทรสาร 0932653388

2.6 ชื่อ-สกุล นางอำไพ พรลีแสงสุวรรณ์
ชื่อ-สกุล Mrs. Ampai Pornleesaengsuwan
คุณวุฒิ ปริญญาเอก
ตำแหน่ง นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย
หน่วยงาน ศูนย์วนวัฒนวิจัยภาคเหนือ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้
โทรศัพท์/โทรสาร 09224962977

2.7 ชื่อ-สกุล นายกิตติศักดิ์ จินดาวงศ์
ชื่อ-สกุล Mr. Kittisak Jindawong
คุณวุฒิ ปริญญาโท
ตำแหน่ง นักวิชาการป่าไม้
หน่วยงาน มูลนิธิโครงการหลวง
ที่อยู่ 65 หมู่ 1 ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์/โทรสาร 0833240961

บทสรุปผู้บริหาร

ความเป็นมาของโครงการ

ประเทศไทยมีไม้สนธรรมชาติอยู่เพียง 2 ชนิด คือ สนสองใบ (*Pinus merkusii*) และสนสามใบ (*Pinus kesiya*) โดยกรมป่าไม้ได้เริ่มทำการปลูกไม้สนทั้ง 2 ชนิด ขึ้นเป็นครั้งแรก ในปี พ.ศ. 2506 ที่อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ และต่อมาได้พัฒนาเป็นโครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้สน และไม้โตเร็ว อันเป็นความร่วมมือทางวิชาการระหว่างรัฐบาลไทย โดยกรมป่าไม้กับรัฐบาลเดนมาร์ก โดย DANIDA (Danish International Development Agency) ในปี พ.ศ. 2512 ทำให้มีการศึกษาวิจัยทั้งไม้สนพื้นเมืองของไทย และนำไม้สนต่างถิ่นหลายชนิดเข้ามาทดลองปลูก และปรับปรุงพันธุ์ในเชิงงานวิจัยมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจากข้อมูลต่างๆ ชี้ให้เห็นว่าไม้สนนั้นสามารถปลูก และพัฒนาไปสู่สวนป่าเชิงเศรษฐกิจได้

แต่จากสถิติการป่าไม้ของประเทศไทยในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2553-2557) พบว่า ประเทศไทยต้องสูญเสียเงินตราในการนำเข้าไม้สนทั้งในรูปของไม้ท่อน และไม้แปรรูป เฉลี่ยปีละ 1,523 ล้านบาท ทั้งที่มีศักยภาพในการปลูกไม้สนไว้ใช้สอยภายในประเทศเองได้ เนื่องจากมีทำเลที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ และสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่ส่งผลให้ไม้สนที่ปลูกในประเทศไทยมีอัตราการเติบโตเร็ว และมีอายุรอบหมุนเวียนในการตัดฟันสั้นกว่าไม้สนที่ปลูกในเขตอบอุ่น อันเป็นถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติของไม้สนส่วนใหญ่ นอกจากนี้ไม้สนที่ปลูกบนพื้นที่สูงยังมีบทบาทในการช่วยอนุรักษ์แหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญของประเทศ ซึ่งเป็นผลตอบแทนที่สูงยิ่งกว่าผลตอบแทนในทางตรงอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับแนวพระราชดำริการปลูกป่า 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง ที่ประโยชน์ด้านการอนุรักษ์ดิน และน้ำจะเกิดขึ้น โดยอัตโนมัติเมื่อมีการปลูกป่าขึ้น

จากรายงานของกรมป่าไม้ พบว่า ในปี พ.ศ. 2525 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าสนธรรมชาติในภาคเหนือ 2,018 ตารางกิโลเมตร และในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 144 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.38 ของพื้นที่ป่าทั่วประเทศในขณะนั้น และในปี พ.ศ. 2541 พบว่า พื้นที่ป่าสนเหล่านี้ลดลงเหลือเพียง 1,620 ตารางกิโลเมตร สำหรับภาคเหนือ และเหลือเพียง 19.75 ตารางกิโลเมตร สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งป่าสนที่ยังคงเหลือส่วนใหญ่อยู่บริเวณพื้นที่สูงในพื้นที่อนุรักษ์ เช่น อุทยานแห่งชาติภูกระดึง อุทยานแห่งชาติภูเรือ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว ซึ่งการลดลงของพื้นที่ป่าสนเหล่านี้ส่วนหนึ่งมาจากความเสื่อมโทรมลงของป่าจากการตัดไม้ เพื่อใช้มากเกินกำลังผลิต การเก็บน้ำมันยาง และการเก็บไม้เกี๊ยะที่ไม่ถูกวิธีของชาวบ้าน การเผาป่า รวมทั้งการไม่ได้มีการปลูกฟื้นฟูป่าที่เหมาะสมกับระบบนิเวศป่าสน อย่างไรก็ตามยังมีป่าสนธรรมชาติที่อยู่นอกพื้นที่ป่าอนุรักษ์บางส่วน ได้แก่ บริเวณป่าสนบ้านวัดจันทร์ อำเภอกัลยาณิวัฒนา จังหวัดเชียงใหม่ โดยปัจจุบันพื้นที่ป่า

สนบ้านวัดจันทร์อยู่ในความรับผิดชอบของโครงการหลวงบ้านวัดจันทร์ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ โดยได้รับงบประมาณอุดหนุนจากรัฐบาล ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 เพื่อดำเนินงานโครงการปลูกป่าแผนใหม่ภายใต้แผนงานฟื้นฟู และอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติแยกเป็นการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อฟื้นฟูพื้นที่ป่าต้นน้ำลำธาร โดยขยายแปลงปลูกป่าในรูปแปลงปลูกป่าสาธิต ซึ่งดำเนินการโดยองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ปีละ 100 ไร่ และจัดสรรให้ราษฎรเข้าเป็นสมาชิกปลูกป่า ปีละ 25 ครอบครัวๆ ละ 40 ไร่ เพื่อเข้าดำเนินการในพื้นที่ ปีละ 1,000 ไร่ และงบประมาณ เพื่อบำรุงรักษาแปลงเก่า ปัจจุบันได้พื้นที่ปลูกป่าไปแล้วเป็นแปลงสาธิต จำนวน 1,400 ไร่ จัดสรรให้ราษฎร จำนวน 19,000 ไร่ มีจำนวนสมาชิกรวมทั้งสิ้นประมาณ 326 คน

ในบริเวณพื้นที่โครงการหลวงบ้านวัดจันทร์ ยังมีราษฎรชาวไทยภูเขาอาศัยอยู่ และมีวิถีชีวิตความเป็นอยู่พึ่งพิงทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับไม้สน แต่การดำเนินการปลูกป่าในปัจจุบันยังไม่มีการกำหนดหลักเกณฑ์การใช้ประโยชน์ไม้สน อีกทั้งไม้จากธรรมชาติจำนวนมากเริ่มมีอายุมาก บางส่วนถูกฟ้าผ่ายืนต้นตาย ในขณะที่ต้นสนหลายต้นมีการถากเก็บไม้เกี๊ยะที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการทำให้ต้นสนหลายต้นเสื่อมโทรมลง และในระยะยาวพื้นที่ป่าแห่งนี้อาจเสื่อมโทรมลงหากไม่มีแนวทางการปลูก และการจัดการที่เหมาะสม โดยแนวทางการพัฒนาในพื้นที่แห่งนี้ควรที่จะนำต้นแบบงานป่าไม้บนพื้นที่สูง ซึ่งมูลนิธิโครงการหลวงได้ดำเนินการศึกษาวิจัย และขยายผลมาต่อยอดในหลายพื้นที่จนประสบความสำเร็จ คือ หลักของ “โครงการป่าชาวบ้าน ในพระราชูปถัมภ์ของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี” และหลักการตามแนวพระราชดำริ “ปลูกป่า 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง” ซึ่งหลักการทั้ง 2 นี้สมควรอย่างยิ่งที่จะนำมาประยุกต์ปรับใช้ตามหลักวิชาการป่าไม้กับป่าสนบ้านวัดจันทร์ เพื่อให้เกิด “ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน” ของทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ และชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นของราษฎรในพื้นที่ โดยมุ่งเน้นการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ เพื่อชุมชนเป็นหลัก และในอนาคตอาจมีแนวทางการนำทรัพยากรพื้นที่บ้านวัดจันทร์สู่การผลิตไม้สนที่มีคุณภาพดีของประเทศ ซึ่งสามารถลดการนำเข้าไม้จากต่างประเทศดังที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

วัตถุประสงค์

จากหลักการ และเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้เกิดการพัฒนา**โครงการศึกษาชนิด/พันธุ์ไม้สนเพื่อปลูกเป็นสวนป่าและการอนุรักษ์ในพื้นที่โครงการหลวงวัดจันทร์** ขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อที่จะศึกษาศักยภาพของพื้นที่ สถานภาพของไม้สนในพื้นที่บ้านวัดจันทร์ ทั้งด้านปริมาณและความต้องการใช้ไม้ รูปแบบการใช้ประโยชน์ รวมถึงศึกษาศักยภาพของไม้สนพื้นเมืองเปรียบเทียบกับไม้สนต่างถิ่น เพื่อส่งเสริมขยายผลการปลูกในพื้นที่ในอนาคต โดยทำการศึกษาบริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ (หน่วยย่อยห้วยงู) อำเภอกัลยาณิวัฒนา จังหวัดเชียงใหม่ และพื้นที่สวนป่าไม้สนของกรมป่าไม้ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีกรอบระยะเวลาการศึกษาทั้งสิ้น 5 ปี

ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้เป็นรายงานผลการดำเนินการในปีที่ 2 โดยมีวัตถุประสงค์การศึกษาในปีที่ 2 ดังนี้

1. เพื่อศึกษาการเติบโตของชนิดไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่นที่มีถิ่นกำเนิดต่างกัน
2. เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมี กายวิภาค และพลังงานของเนื้อไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น
3. เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมี และแนวทางการใช้ประโยชน์ยางสนจากไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น
4. เพื่อศึกษาระบบวนวัฒน์ในการจัดการไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์

การเติบโตของชนิดไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่นที่มีถิ่นกำเนิดต่างกัน

การปลูกทดสอบชนิดไม้สนนั้นได้ดำเนินการปลูกเรียบร้อยแล้วเมื่อเดือนพฤษภาคม ซึ่งปัจจุบันไม้สนทั้ง 5 ชนิดจาก 10 ถิ่นกำเนิด ในแปลงปลูกทดสอบมีอายุประมาณ 1 เดือน และมีอัตราการรอดตาย ความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากแตกต่างกัน โดยไม้สนเทคูนูมานี่จากถิ่นกำเนิด Yucul (Nicaragua) มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 21.93 เซนติเมตร ขณะที่สนสองใบจากถิ่นกำเนิดห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ มีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 4.40 เซนติเมตร ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก พบว่า สนสองใบจากถิ่นกำเนิดห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 5.17 มิลลิเมตร ขณะที่สนสามใบถิ่นกำเนิดดอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 1.58 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามส่วนใหญ่ไม้สนในแปลงปลูกทดสอบมีอัตราการรอดตายค่อนข้างสูง

สมบัติทางเคมี กายวิภาค และพลังงานของเนื้อไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น

สนที่มีปริมาณเซลลูโลส (รวมโฮโลเซลลูโลส และแอลฟาเซลลูโลส) ปริมาณมาก คือ สนโอคาร์ปา สนเทคูนูมานี่ ส่วนสนสองใบมีปริมาณเซลลูโลสในปริมาณน้อย สนที่ปริมาณลิกนินและเพนโตแซนในปริมาณมาก คือ สนสองใบ และสนโอคาร์ปามีปริมาณลิกนิน และเพนโตแซนน้อยที่สุด ด้านสารแทรก โดยดูจากละลายในตัวทำละลายต่างๆ สนที่ปริมาณการลายในโซเดี่ยมไฮดรอกไซด์มากที่สุด คือ สนคาริเบีย และสนโอคาร์ปา ละลายน้อยที่สุด คือ สนเทคูนูมานี่ สนที่มีปริมาณการละลายในแอลกอฮอล-เบนซิน มากที่สุด คือ สนโอคาร์ปา ละลายน้อยที่สุด คือ สนเทคูนูมานี่ สนที่ละลายใน

น้ำมากที่สุด คือ สนเทคูนูมานี่ ละลายน้อยที่สุด คือ สนสองใบ ส่วนปริมาณเถ้ามากที่สุด คือ สนสองใบ น้อยที่สุด คือ สนเทคูนูมานี่ ปริมาณสารเคมีที่แตกต่างกันของสนแต่ละชนิดมีผลต่อการออกแบบ หรือแนวทางการใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ รวมทั้งแนวทางในการดำเนินการปรับปรุงคุณภาพของไม้ และผลิตภัณฑ์

สนทั้ง 5 ชนิด วงปีส่วนใหญ่เห็นชัดเจน เซลล์ส่วนใหญ่ของสนเป็นเทรคีต และพาเรงคิมา ซึ่งพาเรงคิมาตามยาวส่วนใหญ่จะเรียงตัวตามแนวของเครคีต และสามารถมองเห็นพิทได้อย่างชัดเจน ในด้านสัมผัส เรย์จะเรียงตัวตามแนวขวางของลำต้น และมีหลายแถว ท่อยางจะเรียงตัวตามยาวของลำต้น ส่วนของเส้นใย สนสองใบ และสนสามใบจะมีความหนามากกว่าสนชนิดอื่นๆ และสนคาริเบีย สนสองใบ และสนสามใบจะมีความยาวไฟเบอร์มากที่สุด

คุณสมบัติด้านพลังงานของไม้ฟืนจากสนใกล้เคียงกันทั้ง 5 ชนิดไม้สน ซึ่งสนโอคาร์ปาให้ค่าความร้อนมากที่สุด ส่วนถ่านไม้สนนั้น สนสองใบ สนคาริเบีย และสนโอคาร์ปาให้ความร้อนมากกว่าสนชนิดอื่นๆ ดังนั้นสรุปได้ว่า สนโอคาร์ปาเหมาะแก่การใช้ประโยชน์ด้านพลังงานมากกว่าสนชนิดอื่นๆ ทั้งในแง่ของไม้ฟืน และถ่านไม้

สมบัติทางเคมี และแนวทางการใช้ประโยชน์ยางสนจากไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น

สนสองใบ และสนคาริเบียให้ปริมาณยางสนมากที่สุดด้วยกรรมวิธีการกรีดเปลือกส่วนสนสองใบ และโอคาร์ปาให้ปริมาณยางสนมากที่สุดด้วยกรรมวิธีเจาะรู อย่างไรก็ตามกรรมวิธีการกรีดเปลือกให้ปริมาณยางสนมากกว่ากรรมวิธีเจาะรู รวมทั้งการใช้สารเร่ง โดยใช้สารออกฤทธิ์เป็นกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาณยางสนมากที่สุด โดยสนที่มีอายุมากจะให้ปริมาณยางสนดีกว่าสนที่มีอายุน้อย ดังนั้น วิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเก็บเกี่ยวยางสนในประเทศไทย คือ ใช้วิธีการกรีดเปลือกสนสองใบ และสนคาริเบียที่มีอายุมาก โดยใช้สารกระตุ้นเป็นกรดซัลฟูริกความเข้นข้น 40 เปอร์เซ็นต์

ความถ่วงจำเพาะของยางสนทั้ง 5 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกัน มีค่าประมาณ 1.02-1.19 ส่วนความหนืดนั้น ยางสนเทคูนูมานี่ มีความหนืดมากที่สุด คือ 66.03 เซนติพอยต์ ส่วนยางสนชนิดอื่นๆ นั้น ไม่แตกต่างกัน มีค่าประมาณ 51.49-59.40 เซนติพอยต์ สนสองใบมีปริมาณ แอลฟาไพนีนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 80.36 ขณะที่สนโอคาร์ปามีปริมาณเบต้าไพนีน และแคมฟีนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 9.50 และ 3.27 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะที่เหมาะแก่การนำไปผลิตสารให้ความหอม ส่วนสนเทคูนูมานี่มีปริมาณเลมูนีน และ 3-คารีนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 27.25 และ 13.50 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะที่เหมาะแก่การนำไปผลิตสารทำความสะอาด ตัวทำละลาย สารปรุงรส และสารปรุงกลิ่น

ยางสนสามารถกลั่นได้ผลิตภัณฑ์ 2 ส่วนคือ เทอร์เพนไทน์และโรซิน เทอร์เพนไทน์ สามารถใช้เป็นตัวทำละลายในสีวานิช สารทำความสะอาดต่างๆ หรืออาจนำมากลั่นเพิ่มได้สารจำพวกไพนีน (pinene) ซึ่งใช้ทำสารปรุงกลิ่น และสารปรุงรสต่างๆ สารพลอยได้ (by-products) สามารถใช้เป็นสารฆ่าเชื้อ สารทำความสะอาด และสารให้กลิ่นอื่นๆ โรซิน สามารถรนำไปใช้ประโยชน์มีหลากหลาย เช่น สามารถใช้ทำกาว สารกันความชื้นในกระดาษสารผสมในหมึกสารเคลือบผิว สารเชื่อม หรือประสาน ยางสังเคราะห์ สารผสมในหมากฝรั่ง สบู่และผงซักฟอก

ระบบวนวัฒน์ในการจัดการไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น

การวิเคราะห์ปริมาณ กำลังผลิต และสุขภาพของไม้สน

ผลการศึกษาการเติบโตของไม้สนสองใบ โดยอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์วงปีไม้หรือรุกขกาลวิทยา พบว่า ตัวอย่างไส้ไม้ที่มีอายุมากที่สุด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 77.5 เซนติเมตร มีความกว้างของวงปีวงสุดท้ายในปี พ.ศ. 2235 ดังนั้นจึงสามารถกำหนดช่วงของความกว้างวงปีได้ถึง 324 ปีย้อนหลัง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2235 ถึงปี พ.ศ. 2558 ส่วนตัวอย่างไม้สนสองใบที่มีอายุน้อยที่สุด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 44.7 เซนติเมตร มีอายุ 84 ปี

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสร้างตัวแบบการเติบโต พบว่า ในช่วงอายุ 74–142 ปี ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้ เท่ากับ 53.43 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นปีละ 0.41 เซนติเมตร มีตัวแบบการเติบโตแบบสมการเส้นตรง DBH = -0.0017year+0.5309 (R^2=0.181) ในช่วงอายุ 143–231 ปี ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้เท่ากับ 67.93 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นปีละ 0.23 เซนติเมตร มีตัวแบบการเติบโตแบบสมการเอ็กซ์โปเนเชียล $DBH = 0.447e^{(-0.005)(year)}$ (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 ซึ่งเป็นช่วงที่การเติบโตเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลง มีค่าเฉลี่ยการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นปีละ 0.09 เซนติเมตร มีตัวแบบการเติบโตแบบสมการเอ็กซ์โปเนเชียล $DBH = 0.276e^{(-0.004)(year)}$ (R^2=0.496) ทั้งนี้ ผลการศึกษากำลังผลิตของไม้สนสองใบโดยใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกย้อนหลังจากการวัดความกว้างวงปีไม้ และความสูง พบว่าไม้สนสองใบจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละ 0.032 ลูกบาศก์เมตรต่อต้น

การประเมินสุขภาพไม้สนสองใบบริเวณหน่วยย่อยห้วยงูจากแปลงทดลอง 33 แปลง มีจำนวน 507 ต้น ทำการสำรวจไม้สนที่ถูกเผาทำลายเก็บยางสน พบว่า มีต้นสนที่เป็นแผลของการถูกทำลายจากการเก็บไม้เกี๊ยะ จำนวน 105 ต้น คิดเป็น 20.71 %ของต้นสนทั้งหมด โดยมีลักษณะแผล

ของการถูกทำลายจากการเก็บไม้เกี๊ยะแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทแผลที่ 1 คือ บาดแผลการเจาะ และเผาเป็นหลุมเล็กๆ แต่เป็นทางยาว และประเภทแผลที่ 2 คือ บาดแผลที่เกิดจากการถากเป็นแผลใหญ่ โดยพบว่า ต้นสนสองใบที่มีแผลของการเก็บไม้เกี๊ยะ สำรวจพบจำนวนแผลรอบต้นพบว่ามีจำนวนแผล ตั้งแต่ 1–6 แผล มีปริมาตรของแผลน้อยที่สุด คือ 0.03 ลูกบาศก์เมตร ส่วนปริมาตรแผลที่พบมากที่สุด คือ 0.76 ลูกบาศก์เมตร โดยเมื่อทำการเทียบปริมาตรของแผลที่เกิดขึ้นกับปริมาตรของลำต้นเหนือพื้นดินถึงที่ระดับความสูง 2 เมตร พบว่า มีต้นสนสองใบที่มีเปอร์เซ็นต์ของแผลมากที่สุด 62.62 % จำนวน 1 ต้น และต้นสนที่มีลักษณะแผลของการถูกทำลายจากการเก็บไม้เกี๊ยะที่มีสัดส่วนบาดแผลเมื่อเทียบกับลำต้นมากกว่า 30 % จำนวน 16 ต้น โดยหากสัดส่วนของปริมาตรแผลเท่ากันให้พิจารณาตัดต้นที่มีบาดแผลประเภทที่ 2 ก่อน เนื่องจากมีโอกาสโค่นล้มได้ง่ายกว่า ซึ่งควรนำสัดส่วนของแผลที่เกิดขึ้นมาเป็นเกณฑ์ในการเลือกต้นที่มีความเสี่ยงที่จะหักโค่นเป็นต้นที่ควรตัดขยายระยะออก เพื่อวางแผนเสนอแนวทางการจัดการไม้สนห้วยงู เพื่อเป็นการส่งเสริมการสืบพันธุ์ตาธรรมชาติของไม้สนให้ดีขึ้น

การตัดขยายระยะไม้สนคาริเบีย

คัดเลือกพื้นที่ทดสอบการตัดขยายระยะของไม้สนคาริเบียอายุประมาณ 12 ปี ในพื้นที่บริเวณสถานีวนวัฒน์วิจัยอินทขิล จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 20 บล็อก กำหนดการตัดสางขยายระยะเป็น 5 รูปแบบ รูปแบบละ 3 ซ้ำ ยกเว้นแปลงควบคุมที่มีจำนวน 8 ซ้ำ จากนั้นตัดสางไม้ออกและติดตามอัตราการเติบโตของไม้ที่เหลืออยู่ในปีต่อๆ ไป

การศึกษาการเจริญทดแทนของไม้สนสองใบ

แปลงที่มีไม้สนหนาแน่นมาก และหนาแน่นน้อย พบต้นสนสองใบจำนวน 203 และ 56 ต้น ตามลำดับ แปลงที่มีไม้สนหนาแน่นมากมีการกระจายของหมู่ไม้เป็นแบบ Balanced uneven-aged stand เป็นรูปตัว J ในหมู่ไม้นี้จะมีการกระจายตัวของชั้นอายุสม่ำเสมอตั้งแต่การสืบพันธุ์จนถึงต้นไม้ใหญ่ ซึ่งจากข้อมูลที่พบแสดงให้เห็นว่า การสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของสนสองใบในพื้นที่ศึกษายังคงเป็นไปตามกลไกธรรมชาติ โดยมีไม้ขนาดเล็กที่พร้อมจะทดแทนไม้ใหญ่ที่ตาย ซึ่งหมู่ไม้นี้จะให้ผลผลิตที่สม่ำเสมอตลอดไป (Sustained yield) ส่วนแปลงที่มีความหนาแน่นน้อย มีความถี่ในการกระจายตามชั้น โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงในช่วงอันตรภาคชั้นที่ 1 มากที่สุด แต่เป็นหมู่ไม้ที่มีชั้นอายุไม่เท่ากัน และแต่ละชั้นอายุขึ้นอยู่บนพื้นที่ไม่เท่ากัน โดยพบว่าในช่วงอันตรภาคชั้นที่ 2 มีจำนวนต้นสนน้อย หมู่ไม้นี้เป็นโครงสร้างแบบIrregular uneven-aged stand

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัย 2 ปีที่ผ่านมา พบว่า กล้าไม้สนพื้นเมืองและสนต่างถิ่นที่ปลูกทดสอบสายพันธุ์และถิ่นกำเนิดมีค่าอัตราการรอดตายสูงมาก ซึ่งต้องติดตามการเติบโตในปีต่อๆ ไป และจากผลจากการศึกษาในปีที่ 1 และ 2 มีข้อเสนอแนวทางเบื้องต้นในการจัดการป่าสนบ้านวัดจันทร์ โดยควรต้องมีการดำเนินการจัดการกับไม้สนสองใบที่ถูกเก็บไม้เกี๊ยะที่มีสุขภาพไม่ดี โดยหากจำเป็นควรวางแผนกำหนดการตัดฟันไม้เหล่านี้ โดยกำหนดแผนการตัดฟันแบ่งเป็น 2 compartment และกำหนดระดับความหนักเบา (harvesting intensity) จากขนาดพื้นที่หน้าตัดที่ต้องการตัดออก (10-40%) โดยมุ่งเน้นตัดต้นสนที่สุขภาพไม่ดีมีร่องรอยจากการเก็บไม้เกี๊ยะ และหลังจากตัดฟันไม้ออกไปแล้วควรมีการจัดการในด้านการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของไม้สน (ลูกไม้ ไม้หนุ่ม) ที่ขึ้นเจริญทดแทนตามธรรมชาติในพื้นที่ต่อไป ในด้านการใช้ประโยชน์ไม้สน พบว่า ไม้สนต่างถิ่นมีแนวโน้มของสมบัติไม้ทางเคมี กายวิภาค และพลังงานที่สูงกว่าสนพื้นเมือง ซึ่งหากพิจารณาเฉพาะสนพื้นเมืองแล้วสนสามใบมีแนวโน้มสมบัติข้างต้นที่ดีกว่าสนสองใบ สมบัติของยางสนโดยทั่วไปก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกับสมบัติไม้สน สำหรับการกรีดยางสน พบว่า สนสองใบ และสนคาริเบียให้น้ำยางมากที่สุด โดยวิธีการกรีดเปลือก และใช้สารออกฤทธิ์เป็นกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะในการดำเนินการปีต่อไป

สำหรับกรอบงานที่จะดำเนินการต่อไปในปีที่ 3 ประกอบด้วย 1) การบำรุงรักษาและติดตามการเติบโตของไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่นที่ปลูกทดสอบในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ (หน่วยย่อยห้วยงู) 2) ติดตามการเจริญทดแทนตามธรรมชาติของไม้สนสองใบในแปลงทดลองที่วางไว้ในพื้นที่ดังกล่าว พร้อมทั้งติดตามการเติบโตของสนคาริเบียที่เหลือจากการตัดขยายระยะ ในแปลงทดลองของสถานีวนวัฒน์วิจัยอินทขิล 3) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้สนคาริเบียที่ได้จากการตัดขยายระยะ พร้อมทั้งศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางสนคาริเบีย และ 4) ศึกษาสถานภาพของพื้นที่ และทดสอบการปลูกไม้สนในพื้นที่ของเกษตรกร โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์

Executive summary

Rationale and background

There are 2 native pine species in Thailand, including *Pinus merkusii* and *P. kesiya.* In 1963 these pines were first planted as plantation at Hod, Chiang Mai by Royal Forest Department. In 1969, "the fast growing and pine genetic development program" was established in collaboration with Danish International Development Agency: DANIDA. Hence research programs for pine development in both native and exotic pines has been launched, of which many researches demonstrated the possibility for economic pine plantation in Thailand.

Forestry statistics in the last 5 years (2009-2014), however, shows that the country had paid 1523 million baht/year for importing pine timber and lumber. Although there is very high potential for pine plantation in Thailand and they also play important roles for both economic and environment, pine plantation area is very limit.

In 1982, there were 2018 and 144 sq.km. natural pine forest in northern and north eastern region, respectively, which was equivalent to 1.38% of total forested area, according to royal forest department report. However, in 1998, there natural pine forest area was only 1620 sq.km. left in the north, and only 19.75 sq.km. in north east region. Inappropriate resin harvesting and too much forest fire in pine forest were main causes of pine forest degradation throughout the country. Most of pine forest nowadays left in protected areas, i.e. national parks, and wildlife sanctuaries.

However, there is natural pine forest that left outside protected area, namely "Wat Chan Pine Forest", located in Galyani Vadhana district, Chiang Mai, of which under the responsibility of "Ban Wat Chan Royal Project" and the "Forest Industry Organization" (FIO). The government has been financially supported to conserve and restore this pine forest through the FIO activities since 1997. Recently, natural pine forest at Ban Wat Chan has been restored ca. 19000 rai using local community participatory strategy, and 1400 rai of pure stand native pine plantations was established and maintained by the FIO.

At Ban Wat Chan, Hill tribe people live and maintain their life in association with pine and natural forest resources. There are not any regulations to control natural resource utilization including pine, though, pine restoration and plantations has been conducted for almost 20 years. Moreover, over-mature, lightning caused dieback and inappropriate resin harvesting techniques, scatter throughout the area, will lead forest to become unhealthy and degradation. Therefore, silvicultural practices and harvesting techniques and sustainable forest management programs are essentials to improve pine forest structure and function. The "Village Woodlot" program initiated by The Royal Project Foundation and Royal Initiative of His Majesty the King namely "3 forests, 4 benefits" are key factors of natural resources stability and better of local living. Moreover, management of pine forest at Wat Chan in a sustainable way may lead to improve pine timber in the future, and hence these timbers can be exported as certified timber under the sustainable forest management program.

Objectives

As mentioned above, this brings to the program "The study of pine for economic plantation and conservation at Wat Chan Royal Project". The overall objective of this program is to study the potential of the site as well as the pine status of both indigenous and exotic, i.e. productivity, increment, utilization, and timber consumption. The study sites are located in Wat Chan Royal Project Development Center (Huai Ngoo substation), Galyani Vadhana district, Chiang Mai province, and pine genetic improvement experimental plots in Chiang Mai. The total study period is 5 years, starting from 2016 to 2020. The results below are of those studied in the 2nd year. The objectives for the 2nd year are as follows;

1. Too study survival rate and growth of pines with different species and provenances
2. Too study pine wood chemical, anatomical and energy properties
3. Too study pine oleoresin properties and utilization guideline
4. Too study silvicultural system for pine management

Survival rate and growth of pines with different species and provenances

The study of species /provenance trials was planted seedling on May. After planted 1 month seedling 5 species from 10 provenances were shown that *P. tecunumanii* from Yucul (Nicaragua) perform highest in height (21.93 cm), while *P. merkusii* from Huey Tha, Sisaket showed lowest in height (4.40 cm). *P. merkusii* from Huey Tha, Sisaket did the best in diameter at root collar (5. 17 mm) and *P. kesiya* from Doi Suthep showed lowest (1.58 mm). High survival rate were found in all species and provenances.

Pine wood chemical, anatomical and energy properties

The highest cellulose content were in *P. oocarpa* and *P. tecunumani* but *P. merkusii* was the lowest one. *P. merkusii* has the highest lignin and pentosan amount but *P. oocarpa* has the lowest one. *P. caribaea* and *P. oocarpa* had the highest NaOH solubles but *P. tecunumani* had the lowest NaOH solubles. The highest alcohol-benzene solubility was *P. oocarpa* but *P. tecunumani* had the lowest one. The highest hot water solubility was *P. tecunumani* but *P. merkusii* has the lowest one. *P. merkusii* had the highest ash content but *P. tecunumani* had the lowest one.

For anatomical features, five pine species had a clear distinct growth ring boundaries. Tracheid and parenchyma were presented through the entire growth ring. Longitudinal parenchyma laid along tracheid alignment. Pit was noticeable in the tangential section. Ray had the multiple rows perpendicular to longitudinal parenchyma and tracheid. Resin canals are visible in cross section view. However, *P. merksii* and *P. kesiya* had thicker cell wall and *P. caribaea* than others. *P. caribeae*, *P. merkusii* and *P. kesiya* had the longest fiber.

For energetic properties, five pine species was no significantly different. *P. oocarpa* had the highest heating value for firewood. Charcoal from *P. merkusii*, *P. caribaea* and *P. oocarpa* was the highest group of heating values. *P. oocarpa* was highest suitability for firewood and charcoal.

Pine oleoresin properties and utilization guideline

P. merkusii and *P. caribaea* gave the highest amount of oleoresin by bark chipping method but *P. merkusii* and *P. oocarpa* and gave the highest amount of oleoresin by borehole method. Comparing resin tapping method, bark chipping method gave the higher resin than borehole method. For stimulant, the proper ingredient was the mixture of sulphuric acid 40% concentration with lubricant and plant growth regulators.

The specific gravity of oleoresin from five pine species was not different and the values were approximately 1.02-1.19. The *P. tecunumanii* had the highest viscosity (66.03 centipoises). The viscosity of oleoresin from other species were no different. It was 51.49-59.40 centipoise. The *P. merkusii* had the highest alpha-pinene content of 80.36 percent, while *P. oocarpa* had beta-pinene and camphene of 9.50 percent and 3.27 percent respectively. The oleoresin from *P. oocarpa* was considered to be suitable for fragrance substances. The oleoresin from *P. tecunumanii* contains the highest content of limonene and 3-carene of 27.25 percent and 13.50 percent respectively. They are suitable for cleaning agents, solvent, seasonings and flavors.

Pine oleoresin was distilled and separated into 2 parts, turpentine and rosin. Turpentine can be used as seasoning and flavors substances, cleaning agents and fragrance substances, while rosin can be used as adhesive, paper sizing agents, printing inks, solders and fluxes, various surface coatings, synthetic rubber, chewing gums, soap and detergents.

Silvicultural system for pine management

Yield and health of natural pine stand

The growth of *P. merkusii* was studied by using tree-ring analysis technique on 17 individual trees. Diameter of the oldest tree was 77.5 cm indicating 324 years old (from 1692 – 2015) while the youngest tree was 84 years old with the diameter of 44.7.

The growth model consists of 3 periods:

1. Age between 74 - 142 years, the mean diameter was 53.43 cm. The average diameter growth increased 0.41 cm per year. The best fit model was linear; DBH = -0.0017 (year) + 0.5309 (R^2=0.181)

2. Age of 143 – 231 years, the mean diameter was 67.93 cm. The average diameter growth increased 0.23 cm per year. There best fit model was exponential; DBH = $0.447e^{(-0.005)(year)}$ (R^2=0.665).

3. Age of 232 – 324 years, the mean diameter is 75.65 cm. The growth can be divided into two periods. During the year 1-142, the average diameter growth is increased by 0.25 cm per year. However, after 143 years growth rate increased at a gradual rate at 0.09 cm per year. There best fit model was exponential; DBH = $0.276e^{(-0.004)(year)}$ (R^2=0.496)

The yield of *P. merkusii* calculated from average diameter and height provided the average annual increment volume of 0.032 cubic meter per tree.

According to tree health, the results from 33 inventory sample plots showed that 105 individual (20.71%) of pine were wounded from wood igniter harvesting. Wounds can be classified into two categories: 1) wound and puncture with small but long hole, 2) big wound. The numbers of wounds in one tree can be up to 6. The range of the wound per tree was between 0.03 -0.76 cubic meters. The most damaged tree was wounded about 62.62% of total tree volume. The damage more than 30 % was found in 16 trees. If the proportion of wound volume is equal, consider cutting wound type 2 because it is vulnerable to windsnap. The old and unhealthy pine should be removed out of the area for stimulating the natural regeneration.

Thinning of *P. caribaea*

Experimental site was selected for 12 years old *P. caribaea* with 20 blocks in Intakin Silvicultural Research station at Chiangmai Province. Intensities of thinning was applied for 5 levels, of which each thinning intensity comprised of 3 replicates, except control (no thinning) with has 8 replicates. Growth rate of trees left after thinning will be monitored for the rest of the project period.

Natural regeneration of pine

The trees from 3 sample plots of high density and 3 sample plots of low density were 203 and 56, respectively. High density plots showed an uneven-aged stand (J shape). As a result, reproduction of pine trees for high density area follows natural mechanisms (Sustained yield), whereas the low density plots showed irregular uneven-aged stand characteristics.

Conclusion

Results gained from 2nd years of study showed the high survival rate of all pine seedlings that planted in species and provenance trial plot. This plot should be further monitored to evaluate growth of pine seedlings. The guideline for pine management based on this 1st and 2nd year study was that old-unhealthy pine should be removed out of the area for stimulating natural regeneration. The harvesting system for these unhealthy pine trees will be divided into 2 compartments. In addition, cutting intensity should be based on basal area (10-40% of total basal area). Pine natural regeneration management should be managed to ensure the sustainable succession in the area. Basic wood properties, i.e. anatomical, chemical and energy properties of exotic pines are better than those of indigenous pines, of which *P. caribaea* is the best among the exotic species and *P. kesiya* is the best among the indigenous pines. The Oleoresin properties of pines also showed the same tendency as pine wood properties. *P. merkusii* and *P. caribaea* gave the highest amount of oleoresin. Bark chipping with the mixture of sulphuric acid 40% concentration as stimulant showed the best result for resin tapping.

Recommendations

The scope of study for the 3rd year will be 1) the maintenance of species trial plots and growth rate monitoring, 2) Pine planting extension, exotic pine in particular, will be conducted for long term timber source of the community. The suitability of extension sites, however, must be further evaluated whether there will be the opportunity for the success or not. However, exotic pine planting will start for the next

year., 3) Monitoring the natural regeneration of *P. merkusii* in the permanent plots, and 4) thinned pine-wood products and resin products will be developed.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
คณะผู้วิจัย	ข
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	ง
Executive Summary	ฎ
สารบัญ	ต
สารบัญตาราง	ท
สารบัญภาพ	น
สารบัญภาพผนวก	ฝ
บทคัดย่อ	พ
Abstract	ย
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	
2.1 ลักษณะทั่วไปของไม้สน	6
2.2 การเติบโตและผลผลิตของไม้สน	11
2.3 การใช้ประโยชน์ไม้สน	13
2.4 หลักการและแนวทางการใช้ประโยชน์ยางสน	15
2.5 สถานภาพของไม้สนในพื้นที่บ้านวัดจันทร์ และการใช้ประโยชน์	20
2.6 ความเป็นไปได้ในการปลูกไม้สนพื้นเมือง และไม้สนต่างถิ่น	21
2.7 ลักษณะดิน และสภาพภูมิอากาศในพื้นที่โครงการหลวงวัดจันทร์	22
2.8 การจัดการเพื่อความยั่งยืน	27
2.9 แนวพระราชดำริ “ปลูกป่าสามอย่าง ประโยชน์สี่อย่าง” และหลักการ “ป่าชาวบ้านในพระราชูปถัมภ์ของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี” ของมูลนิธิโครงการหลวง	27
2.10 ผลการดำเนินงานในปีที่ 1	29

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) Highland Research and Development Institute (Public Organization)

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการวิจัย

3.1 การศึกษาการเติบโตของชนิดไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่นจำนวน 5 ชนิด 31

3.2 การศึกษาสมบัติทางเคมี กายวิภาค และพลังงานของเนื้อไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่นจำนวน 5 ชนิด 35

3.3 การศึกษาสมบัติทางเคมี และแนวทางการใช้ประโยชน์ยางสนจากไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่นจำนวน 5 ชนิด 38

3.4 การศึกษาระบบวนวัฒน์วิธี ในการจัดการไม้สนพื้นเมือง/ต่างถิ่น 40

3.5 สถานที่ดำเนินงานวิจัย 43

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

4.1 การศึกษาการเติบโตของชนิดไม้สนพื้นเมืองและสนต่างถิ่นจำนวน 5 ชนิด 44

4.2 การศึกษาสมบัติทางเคมี กายวิภาค และพลังงานของเนื้อไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่นจำนวน 5 ชนิด 64

4.3 การศึกษาสมบัติทางเคมี และแนวทางการใช้ประโยชน์ยางสนจากไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่นจำนวน 5 ชนิด 85

4.4 การศึกษาระบบวนวัฒน์วิธี ในการจัดการไม้สนพื้นเมือง/ต่างถิ่น 99

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 145

ข้อเสนอแนะ 148

ตารางสรุปเปรียบเทียบผลงานวิจัยกับแผนงานวิจัย 149

เอกสารอ้างอิง 152

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1 ตารางวิเคราะห์สถิติขององค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้สน 156

ภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์สถิติ และข้อมูลดิบของยางสนทั้งในด้านปริมาณและคุณสมบัติ 164

ภาคผนวกที่ 3 การตัดขยายระยะของไม้สนต่างถิ่น 182

ภาคผนวกที่ 4 การดำเนินงาน 192

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 รายชื่อไม้สน และถิ่นกำเนิดที่จะดำเนินการปลูกทดสอบ 33

ตารางที่ 2 ชนิดและอายุของไม้สนพื้นเมืองและสนต่างถิ่นที่ใช้ในการศึกษา 35

ตารางที่ 3 ขอบเขตแปลงทดสอบชนิดไม้ 46

ตารางที่ 4 รายชื่อไม้ยืนต้นที่พบบริเวณแปลงปลูกทดสอบชนิดไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น 47

ตารางที่ 5 สมการมวลชีวภาพของส่วนลำต้น กิ่ง ใบ และมวลชีวภาพรวมของสนสองใบ และยางเหียง ที่สร้างโดยอาศัยตัวแปรอิสสระต่างๆ 49

ตารางที่ 6 อัตราการรอดตาย และการเติบโตทางด้านความสูงของกล้าไม้สนใน เรือนเพาะชำ 53

ตารางที่ 7 root/shoot ratio ของกล้าไม้สนทั้ง 5 ชนิด จาก 10 ถิ่นกำเนิด 57

ตารางที่ 8 อัตราการรอดตายของไม้สนในแปลงทดสอบชนิดไม้ 61

ตารางที่ 9 การเติบโตทางด้านความสูงของไม้สนในแปลงทดสอบชนิดไม้ 62

ตารางที่ 10 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากของไม้สนในแปลงทดสอบชนิดไม้ 64

ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมีของไม้สนทั้ง 5 ชนิด 66

ตารางที่ 12 คุณสมบัติเชิงปริมาณของเซลล์ไม้สนชนิดต่างๆ 81

ตารางที่ 13 ค่าพลังงานโดยประมาณของไม้ฟืน และถ่านไม้สนชนิดต่างๆ 83

ตารางที่ 14 องค์ประกอบธาตุโดยละเอียด และค่าความร้อนของไม้สนทั้ง 5 ชนิด ในด้านพลังงานของไม้ฟืน 84

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณยางสนตามแผนการทดลอง แบบ factorial in CRD 5x2x2 ปัจจัย จำนวน 3 ซ้ำ 85

ตารางที่ 16 ความหนาแน่น และขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยของสนแต่ละชนิด 87

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณยางสนตามแผนการทดลอง แบบ factorial in CRD 5x2x3 ปัจจัย จำนวน 3 ซ้ำ 88

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความถ่วงจำเพาะของยางสน 90

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความหนืดของยางสน 90

ตารางที่ 20 คุณสมบัติทางกายภาพของยางสนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น ซึ่งเก็บช่วงฤดูหนาว 90

ตารางที่ 21 คุณสมบัติทางกายภาพของยางสนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น ซึ่งเก็บช่วงฤดูร้อน 90

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 22 คุณสมบัติทางกายภาพของยางสนจากสนคาริเบียอายุ 10 และ 30 ปี (เฉลี่ยทั้ง 2 ฤดู) 91
ตารางที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอลฟาไพนีนของยางสน 91
ตารางที่ 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเบต้าไพนีนของยางสน 91
ตารางที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแคมฟีนของยางสน 91
ตารางที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ 3-คารีนของยางสน 92
ตารางที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเลมูนีนของยางสน 92
ตารางที่ 28 องค์ประกอบทางเคมีของยางสนจากสนชนิดต่างๆ 92
ตารางที่ 29 ปริมาณ และคุณสมบัติของยางสนดิบทั้ง 5 ชนิด 93
ตารางที่ 30 สารเคมีบางส่วนที่ได้จากการสกัดเทอร์เพนไทน์ และการใช้ประโยชน์ 94
ตารางที่ 31 ขนาดทั่วไปของไม้แปรรูปที่ใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ 98
ตารางที่ 32 ข้อมูลความกว้างวงปีไม้สนสองใบ 103
ตารางที่ 33 ตัวแบบการเติบโตที่เหมาะสมในแต่ละชั้นอายุสนสองใบ 104
ตารางที่ 34 กำลังผลิตของไม้สนสองใบจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูง 110
ตารางที่ 35 ความหนาแน่นของไม้สนในพื้นที่ศึกษา 115
ตารางที่ 36 การกระจายตามชั้นเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงของแปลงไม้สนหนาแน่นมาก และแปลงไม้สนหนาแน่นน้อย 118
ตารางที่ 37 ความความหนาแน่นเฉลี่ย ขนาดความโตเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดจากภาพถ่ายเรือนยอด ของแปลงไม้สนหนาแน่นมากและแปลงไม้สนหนาแน่นน้อย 122
ตารางที่ 38 สุขภาพไม้สนบริเวณหน่วยย่อยห้วยงู 124
ตารางที่ 39 รายละเอียดแปลงป่าแต่ละพื้นที่ 131
ตารางที่ 40 ข้อมูลชนิดพันธุ์ไม้สนคาริเบียในแปลงสวนรวมพันธุ์ไม้สนคาริเบีย 136
ตารางที่ 41 ผลการวิเคราะห์บล็อกไม้สนคาริเบียก่อนการตัดขยายระยะ 139
ตารางที่ 42 การกำหนดสัดส่วนการตัดขยายระยะในแต่ละบล็อก 142
ตารางที่ 43 การปกคลุมเรือนยอด และพื้นที่หน้าตัดก่อน และหลังการตัดขยายระยะ 144

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ลักษณะการกรีดเปลือกของแต่ละประเทศ 18
ภาพที่ 2 ลักษณะการกรีดเปลือกแบบหน้ากว้าง และหน้าแคบ 19
ภาพที่ 3 อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ประจำปี พ.ศ. 2556 ในพื้นที่บ้านวัดจันทร์ 23
ภาพที่ 4 อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ประจำปี พ.ศ. 2557 ในพื้นที่บ้านวัดจันทร์ 24
ภาพที่ 5 อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ประจำปี พ.ศ. 2558 ในพื้นที่บ้านวัดจันทร์ 24
ภาพที่ 6 อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด เฉลี่ย 3 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556-2558 ในพื้นที่บ้านวัดจันทร์ 25
ภาพที่ 7 ปริมาณน้ำฝน ปี พ.ศ. 2556–ปี พ.ศ. 2558 ในพื้นที่ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ 25
ภาพที่ 8 ปริมาณน้ำฝนรวมเฉลี่ยรายเดือน ช่วงปี พ.ศ. 2497-2559 ของสถานีตรวจวัดอากาศแม่ฮ่องสอน จ.แม่ฮ่องสอน 26
ภาพที่ 9 ปริมาณน้ำฝนรวมเฉลี่ยรายเดือน ช่วงปี พ.ศ. 2497-2559 ของสถานีตรวจวัดอากาศแม่สะเรียง จ.แม่ฮ่องสอน 26
ภาพที่ 10 ขอบเขตพื้นที่ สำหรับการสร้างแปลงทดสอบชนิดไม้ ในพื้นที่บริเวณหน่วยย่อยห้วยงู 31
ภาพที่ 11 ผังการปลูก 34
ภาพที่ 12 แผนผังการตัดไม้เพื่อทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของไม้สนแต่ละชนิด 36
ภาพที่ 13 แผนการตัดชิ้นตัวอย่างไม้สน เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายวิภาค 37
ภาพที่ 14 ตัวอย่างการวัด และวิเคราะห์ทางกายวิภาคของเซลล์ประเภทต่างๆ ของไม้ใบกว้าง 37
ภาพที่ 15 ลักษณะการกรีดเปลือก เพื่อเก็บยางสนชนิดต่างๆ 39
ภาพที่ 16 ลักษณะการเจาะรู เพื่อเก็บยางสนชนิดต่างๆ 39
ภาพที่ 17 ขอบเขตพื้นที่ สำหรับการสร้างแปลงทดสอบชนิดไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น ในพื้นที่บริเวณหน่วยย่อยห้วยงู 44
ภาพที่ 18 พื้นที่บริเวณหน่วยย่อยห้วยงูที่จะสร้างแปลงทดสอบชนิดไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น 45
ภาพที่ 19 อัตราการรอดตายของกล้าไม้สนแต่ละชนิด และแต่ละถิ่นกำเนิด 50
ภาพที่ 20 การเติบโตทางด้านความสูงของกล้าไม้สนสามใบ 54

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 21 การเติบโตทางด้านความสูงของกล้าไม้สนสองใบ 54
ภาพที่ 22 การเติบโตทางด้านความสูงของกล้าไม้สนคาริเบีย 55
ภาพที่ 23 การเติบโตทางด้านความสูงของกล้าไม้สนโอคาร์ปา 55
ภาพที่ 24 การเติบโตทางด้านความสูงของกล้าไม้สนเทคูนูมานี่ 56
ภาพที่ 25 กล้าไม้สนชนิดต่างๆ เมื่ออายุ 5 เดือน 56
ภาพที่ 26 ตัวอย่างการศึกษา root/shoot ratio ของกล้าไม้สนทั้ง 5 ชนิด 58
ภาพที่ 27 กิจกรรมการปลูกสนทั้ง 5 ชนิด ในแปลงทดสอบ 59
ภาพที่ 28 อัตราการรอดตายของไม้สนแต่ละชนิด และแต่ละถิ่นกำเนิดในแปลงทดสอบ 60
ภาพที่ 29 การเติบโตทางด้านความสูงของไม้สนแต่ละชนิด และแต่ละถิ่นกำเนิด ในแปลงทดสอบชนิดไม้ในระยะเวลา 1 เดือน 62
ภาพที่ 30 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากของไม้สนแต่ละชนิด และแต่ละถิ่นกำเนิด ในแปลงทดสอบชนิดไม้ในระยะเวลา 1 เดือน 63
ภาพที่ 31 ปริมาณโฮโลเซลลูโลสในไม้สนทั้ง 5 ชนิด ที่ปลูกบนพื้นที่สูงในประเทศไทย 67
ภาพที่ 32 ปริมาณสารแทรกที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์-เบนซีน ในไม้สนทั้ง 5 ชนิด 68
ภาพที่ 33 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีที่ละลายในด่าง 1 เปอร์เซ็นต์ ในไม้สนทั้ง 5 ชนิด 69
ภาพที่ 34 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของไม้ที่ละลายในน้ำร้อนในไม้สนทั้ง 5 ชนิด 70
ภาพที่ 35 ปริมาณขี้เถ้าในไม้สนทั้ง 5 ชนิด ที่ปลูกบนพื้นที่สูงในประเทศไทย 71
ภาพที่ 36 ปริมาณแอลฟาเซลลูโลสในไม้สนทั้ง 5 ชนิด 72
ภาพที่ 37 ปริมาณลิกนินในไม้สนทั้ง 5 ชนิด 73
ภาพที่ 38 ปริมาณแพนโทแซนในไม้สนทั้ง 5 ชนิด 74
ภาพที่ 39 การเรียงตัวด้านสัมผัสของเซลล์ไม้สน 76
ภาพที่ 40 การเรียงตัวด้านหน้าตัดของเซลล์ไม้สน 77
ภาพที่ 41 การเรียงตัวด้านรัศมีของเซลล์ไม้สน 78
ภาพที่ 42 ลักษณะทางกายวิภาคของสนคาริเบีย 79
ภาพที่ 43 ลักษณะทางกายวิภาคของสนสองใบ สนสามใบ และสนคาริเบีย 80
ภาพที่ 44 ลักษณะทางกายวิภาคของสนสองใบ และสนสามใบ 80
ภาพที่ 45 กิจกรรมการเก็บยางสนตามแผนการทดลอง 86
ภาพที่ 46 ตัวอย่างการวาดแนวทางในการกรีดเปลือก 95
ภาพที่ 47 ตัวอย่างแสดงลักษณะของเปลือกไม้ 95

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 48 ตัวอย่างการติดตั้งภาชนะรองรับยางสน 96
ภาพที่ 49 แนวทางการใช้ประโยชน์ไม้สน และยางสนจากไม้สนพื้นเมือง และไม้สนต่างถิ่น 97
ภาพที่ 50 แนวทางในการใช้ประโยชน์เนื้อไม้สน 98
ภาพที่ 51 การเจาะไม้สนสองใบในพื้นที่ศึกษา 100
ภาพที่ 52 ไส้ไม้ตัวอย่างของสนสองใบ 100
ภาพที่ 53 การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป COFECHA 101
ภาพที่ 54 คำแนะนำในการแก้ไขความผิดพลาดจากการวิเคราะห์ COFECHA 102
ภาพที่ 55 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม้สนสองใบ กับเวลา (ปี) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันในช่วงอายุ 74–142 ปี 106
ภาพที่ 56 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม้สนสองใบ กับเวลา (ปี) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันในช่วงอายุ 143–231 ปี 107
ภาพที่ 57 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม้สนสองใบกับ เวลา (ปี) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันในช่วงอายุ 232–324 ปี 108
ภาพที่ 58 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรไม้สนสองใบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เพียงอกตั้งแต่10 เซนติเมตร จนถึง 82.2 เซนติเมตร 109
ภาพที่ 59 พื้นที่วางแปลงตัวอย่างในบริเวณที่มีไม้สนหนาแน่นมาก และหนาแน่นน้อย ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์จากการศึกษาในปีที่ 1 115
ภาพที่ 60 พื้นที่เพื่อศึกษาการทดแทนตามธรรมชาติไม้สนสองใบ บริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ (หน่วยย่อยห้วยงู) 116
ภาพที่ 61 การวางแปลงตัวอย่างบริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ 117
ภาพที่ 62 จำนวนต้นต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแปลงไม้สนหนาแน่นมาก และหนาแน่นน้อย 119
ภาพที่ 63 ภาพถ่ายเรือนยอดของแปลงไม้สนหนาแน่นมาก และหนาแน่นน้อย 120
ภาพที่ 64 ประเภทแผลที่ 1 และแผลที่ 2 127
ภาพที่ 65 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ 129
ภาพที่ 66 แปลงไม้สนคาริเบียที่สถานีวนวัฒน์วิจัยอินทขิล จังหวัดเชียงใหม่ 134
ภาพที่ 67 แปลงตัวอย่างศึกษาการตัดขยายระยะไม้สนคาริเบีย 135

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 68 บล็อกย่อยที่ใช้ในการศึกษาไม้สนคาริเบีย 137

ภาพที่ 69 ภาพถ่ายเรือนยอดของแปลงไม้สนคาริเบียก่อนการตัดขยายระยะ 140

ภาพที่ 70 บล็อกย่อยที่ใช้ในการศึกษาไม้สนคาริเบียตามแผนการทดลอง 141

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) Highland Research and Development Institute (Public Organization)

สารบัญภาพผนวก

หน้า

ภาพผนวกที่ 1 แผนผังแสดงการรอดตายแปลงสวนรวมพันธุ์ไม้สนคาริเบีย 182

ภาพผนวกที่ 2 แผนผังแสดงการตัดขยายระยะแปลงสวนรวมพันธุ์ไม้สนคาริเบีย 187

ภาพภนวกที่ 3 กิจกรรมการเตรียมตัวอย่างไม้สน เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายวิภาค 192

ภาพภนวกที่ 4 การตัดชิ้นตัวอย่างไม้สนพื้นเมือง และสนต่างถิ่น 192

ภาพภนวกที่ 5 การย้อมสีชิ้นตัวอย่างไม้สน เพื่อทำการวิเคราะห์การเรียงตัว และลักษณะของเซลล์ 193

ภาพภนวกที่ 6 วิธีการหาปริมาณลิกนิน 193

ภาพภนวกที่ 7 วิธีการหาปริมาณขี้เถ้า 194

ภาพภนวกที่ 8 วิธีการหาปริมาณสารละลายในด่าง 1 เปอร์เซ็นต์ 194

ภาพภนวกที่ 9 วิธีการหาปริมาณสารแทรกที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์ และเบนซีน 195

ภาพภนวกที่ 10 วิธีการหาละลายในน้ำร้อน 195

ภาพภนวกที่ 11 วิธีการหาปริมาณโฮโลเซลลูโลส 196

ภาพภนวกที่ 12 วิธีการหาปริมาณแอลฟาเซลลูโลส 196

ภาพภนวกที่ 13 วิธีการหาปริมาณเพนโตแซน 197

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) Highland Research and Development Institute (Public Organization)

บทคัดย่อ

โครงการศึกษาชนิด/พันธุ์ไม้สนเพื่อปลูกเป็นสวนป่า และการอนุรักษ์ในพื้นที่โครงการหลวงวัดจันทร์มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อที่จะศึกษาศักยภาพของพื้นที่ สถานภาพของไม้สนในพื้นที่บ้านวัดจันทร์ ทั้งด้านปริมาณ และความต้องการใช้ไม้ รูปแบบการใช้ประโยชน์ รวมถึงศึกษาศักยภาพของไม้สนพื้นเมืองเปรียบเทียบกับไม้สนต่างถิ่น เพื่อส่งเสริมขยายผลการปลูกในพื้นที่ในอนาคต โดยทำการศึกษาบริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ (หน่วยย่อยห้วยงู) อำเภอกัลยาณิวัฒนา จังหวัดเชียงใหม่ และพื้นที่สวนป่าไม้สนของกรมป่าไม้ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยรายงานผลการดำเนินการในปีที่ 2 มีผลการศึกษาโดยสรุป ดังนี้

การทดสอบปลูกไม้สน

การปลูกทดสอบชนิดไม้สนนั้นได้ดำเนินการปลูกเรียบร้อยแล้วเมื่อเดือนพฤษภาคม ซึ่งปัจจุบันไม้สนทั้ง 5 ชนิดจาก 10 ถิ่นกำเนิด ในแปลงปลูกทดสอบมีอายุประมาณ 1 เดือน และมีอัตราการรอดตาย ความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากแตกต่างกัน โดยไม้สนเทคูนูมานี่จากถิ่นกำเนิด Yucul (Nicaragua) มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 21.93 เซนติเมตร ขณะที่สนสองใบจากถิ่นกำเนิดห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ มีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 4.40 เซนติเมตร ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก พบว่า สนสองใบจากถิ่นกำเนิดห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 5.17 มิลลิเมตร ขณะที่สนสามใบถิ่นกำเนิดดอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 1.58 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามส่วนใหญ่ไม้สนในแปลงปลูกทดสอบมีอัตราการรอดตายค่อนข้างสูง

การใช้ประโยชน์ไม้สน

สนสองใบ และสนคาริเบียให้ปริมาณยางสนมากที่สุดด้วยกรรมวิธีการกรีดเปลือกส่วนสนสองใบ และโอคาร์ปาให้ปริมาณยางสนมากที่สุดด้วยกรรมวิธีเจาะรู อย่างไรก็ตามกรรมวิธีการกรีดเปลือกให้ปริมาณยางสนมากกว่ากรรมวิธีเจาะรู รวมทั้งการใช้สารเร่ง โดยใช้สารออกฤทธิ์เป็นกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาณยางสนมากที่สุด โดยสนที่มีอายุมากจะให้ปริมาณยางสนดีกว่าสนที่มีอายุน้อย ดังนั้น วิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเก็บเกี่ยวยางสนในประเทศไทย คือ ใช้วิธีการกรีดเปลือกสนสองใบ และสนคาริเบียที่มีอายุมาก โดยใช้สารกระตุ้นเป็นกรดซัลฟูริกความเข้นข้น 40 เปอร์เซ็นต์

สนที่มีปริมาณเซลลูโลส (รวมโฮโลเซลลูโลส และแอลฟาเซลลูโลส) ปริมาณมาก คือ สนโอคาร์ปา สนเทคูนูมานี่ ส่วนสนสองใบมีปริมาณเซลลูโลสในปริมาณน้อย สนที่ปริมาณลิกนินและ

เพนโตแซนในปริมาณมาก คือ สนสองใบ และสนโอคาร์ปามีปริมาณลิกนิน และเพนโตแซนน้อยที่สุด ด้านสารแทรก โดยดูจากละลายในตัวทำละลายต่างๆ สนที่ปริมาณการลายในโซเดี่ยมไฮดรอกไซด์มากที่สุด คือ สนคาริเบีย และสนโอคาร์ปา ละลายน้อยที่สุด คือ สนเทคูนูมานี่ สนที่มีปริมาณการละลายในแอลกอฮอล-เบนซิน มากที่สุด คือ สนโอคาร์ปา ละลายน้อยที่สุด คือ สนเทคูนูมานี่ สนที่ละลายในน้ำมากที่สุด คือ สนเทคูนูมานี่ ละลายน้อยที่สุด คือ สนสองใบ ส่วนปริมาณเถ้ามากที่สุด คือ สนสองใบ น้อยที่สุด คือ สนเทคูนูมานี่ ปริมาณสารเคมีที่แตกต่างกันของสนแต่ละชนิดมีผลต่อการออกแบบ หรือแนวทางการใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ รวมทั้งแนวทางในการดำเนินการปรับปรุงคุณภาพของไม้ และผลิตภัณฑ์

สนทั้ง 5 ชนิด วงปีส่วนใหญ่เห็นชัดเจน เซลล์ส่วนใหญ่ของสนเป็นเทรคีต และพาเรงคิมา ซึ่งพาเรงคิมาตามยาวส่วนใหญ่จะเรียงตัวตามแนวของเครคีต และสามารถมองเห็นพิทได้อย่างชัดเจน ในด้านสัมผัส เรย์จะเรียงตัวตามแนวขวางของลำต้น และมีหลายแถว ท่อยางจะเรียงตัวตามยาวของลำต้น ส่วนของเส้นใย สนสองใบ และสนสามใบจะมีความหนามากกว่าสนชนิดอื่นๆ และสนคาริเบีย สนสองใบ และสนสามใบจะมีความยาวไฟเบอร์มากที่สุด

คุณสมบัติด้านพลังงานของไม้ฟืนจากสนใกล้เคียงกันทั้ง 5 ชนิดไม้สน ซึ่งสนโอคาร์ปาให้ค่าความร้อนมากที่สุด ส่วนถ่านไม้สนนั้น สนสองใบ สนคาริเบีย และสนโอคาร์ปาให้ความร้อนมากกว่าสนชนิดอื่นๆ ดังนั้นสรุปได้ว่า สนโอคาร์ปาเหมาะแก่การใช้ประโยชน์ด้านพลังงานมากกว่าสนชนิดอื่นๆ ทั้งในแง่ของไม้ฟืน และถ่านไม้

การศึกษาระบบวนวัฒน์วิธีในการจัดการไม้สนพื้นเมือง/ต่างถิ่น

การวิเคราะห์ปริมาณ กำลังผลิต และสุขภาพของไม้สน

ผลการศึกษาการเติบโตของไม้สนสองใบ โดยอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์วงปีไม้หรือรุกขกาลวิทยา พบว่า ตัวอย่างไส้ไม้ที่มีอายุมากที่สุด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 77.5 เซนติเมตร มีความกว้างของวงปีวงสุดท้ายในปี พ.ศ. 2235 ดังนั้นจึงสามารถกำหนดช่วงของความกว้างวงปีได้ถึง 324 ปีย้อนหลัง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2235 ถึงปี พ.ศ. 2558 ส่วนตัวอย่างไม้สนสองใบที่มีอายุน้อยที่สุด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 44.7 เซนติเมตร มีอายุ 84 ปี

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสร้างตัวแบบการเติบโต พบว่า ในช่วงอายุ 74–142 ปี ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้ เท่ากับ 53.43 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นปีละ 0.41 เซนติเมตร มีตัวแบบการเติบโตแบบสมการเส้นตรง DBH = -0.0017year+0.5309 (R^2=0.181) ในช่วงอายุ 143–231 ปี ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้เท่ากับ 67.93 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นปีละ 0.23 เซนติเมตร

มีตัวแบบการเติบโตแบบสมการเอ็กซ์โปเนเชียล DBH = $0.447e^{(-0.005)(year)}$ (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 ซึ่งเป็นช่วงที่การเติบโตเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลง มีค่าเฉลี่ยการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นปีละ 0.09 เซนติเมตร มีตัวแบบการเติบโตแบบสมการเอ็กซ์โปเนเชียล DBH = $0.276e^{(-0.004)(year)}$ (R^2=0.496) ทั้งนี้ ผลการศึกษากำลังผลิตของไม้สนสองใบโดยใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกย้อนหลังจากการวัดความกว้างวงปีไม้ และความสูง พบว่าไม้สนสองใบจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละ 0.032 ลูกบาศก์เมตรต่อต้น

การประเมินสุขภาพไม้สนสองใบบริเวณหน่วยย่อยห้วยงูจากแปลงทดลอง 33 แปลง มีจำนวน 507 ต้น ทำการสำรวจไม้สนที่ถูกเผาทำลายเก็บยางสน พบว่า มีต้นสนที่เป็นแผลของการถูกทำลายจากการเก็บไม้เกี๊ยะ จำนวน 105 ต้น คิดเป็น 20.71 %ของต้นสนทั้งหมด โดยมีลักษณะแผลของการถูกทำลายจากการเก็บไม้เกี๊ยะแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทแผลที่ 1 คือ บาดแผลการเจาะ และเผาเป็นหลุมเล็กๆ แต่เป็นทางยาว และประเภทแผลที่ 2 คือ บาดแผลที่เกิดจากการถากเป็นแผลใหญ่ โดยพบว่า ต้นสนสองใบที่มีแผลของการเก็บไม้เกี๊ยะ สำรวจพบจำนวนแผลรอบต้นพบว่ามีจำนวนแผล ตั้งแต่ 1–6 แผล มีปริมาตรของแผลน้อยที่สุด คือ 0.03 ลูกบาศก์เมตร ส่วนปริมาตรแผลที่พบมากที่สุด คือ 0.76 ลูกบาศก์เมตร โดยเมื่อทำการเทียบปริมาตรของแผลที่เกิดขึ้นกับปริมาตรของลำต้นเหนือพื้นดินถึงที่ระดับความสูง 2 เมตร พบว่า มีต้นสนสองใบที่มีเปอร์เซ็นต์ของแผลมากที่สุด 62.62 % จำนวน 1 ต้น และต้นสนที่มีลักษณะแผลของการถูกทำลายจากการเก็บไม้เกี๊ยะที่มีสัดส่วนบาดแผลเมื่อเทียบกับลำต้นมากกว่า 30 % จำนวน 16 ต้น โดยหากสัดส่วนของปริมาตรแผลเท่ากันให้พิจารณาตัดต้นที่มีบาดแผลประเภทที่ 2 ก่อน เนื่องจากมีโอกาสโค่นล้มได้ง่ายกว่า ซึ่งควรนำสัดส่วนของแผลที่เกิดขึ้นมาเป็นเกณฑ์ในการเลือกต้นที่มีความเสี่ยงที่จะหักโค่นเป็นต้นที่ควรตัดขยายระยะออก เพื่อวางแผนเสนอแนวทางการจัดการไม้สนห้วยงู เพื่อเป็นการส่งเสริมการสืบพันธุ์ตาธรรมชาติของไม้สนให้ดีขึ้น

การตัดขยายระยะไม้สนคาริเบีย

คัดเลือกพื้นที่ทดสอบการตัดขยายระยะของไม้สนคาริเบียอายุประมาณ 12 ปี ในพื้นที่บริเวณสถานีวนวัฒน์วิจัยอินทขิล จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 20 บล็อก กำหนดการตัดสางขยายระยะเป็น 5 รูปแบบ รูปแบบละ 3 ซ้ำ ยกเว้นแปลงควบคุมที่มีจำนวน 8 ซ้ำ จากนั้นตัดสางไม้ออกและติดตามอัตราการเติบโตของไม้ที่เหลืออยู่ในปีต่อๆ ไป

การศึกษาการเจริญทดแทนของไม้สนสองใบ

แปลงที่มีไม้สนหนาแน่นมาก และหนาแน่นน้อย พบต้นสนสองใบจำนวน 203 และ 56 ต้น ตามลำดับ แปลงที่มีไม้สนหนาแน่นมากมีการกระจายของหมู่ไม้เป็นแบบ Balanced uneven-aged stand เป็นรูปตัว J ในหมู่ไม้นี้จะมีการกระจายตัวของชั้นอายุสม่ำเสมอตั้งแต่การสืบพันธุ์จนถึงต้นไม้ใหญ่ ซึ่งจากข้อมูลที่พบแสดงให้เห็นว่า การสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของสนสองใบในพื้นที่ศึกษายังคงเป็นไปตามกลไกธรรมชาติ โดยมีไม้ขนาดเล็กที่พร้อมจะทดแทนไม้ใหญ่ที่ตาย ซึ่งหมู่ไม้นี้จะให้ผลผลิตที่สม่ำเสมอตลอดไป (Sustained yield) ส่วนแปลงที่มีความหนาแน่นน้อย มีความถี่ในการกระจายตามชั้น โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงในช่วงอันตรภาคชั้นที่ 1 มากที่สุด แต่เป็นหมู่ไม้ที่มีชั้นอายุไม่เท่ากัน และแต่ละชั้นอายุขึ้นอยู่บนพื้นที่ไม่เท่ากัน โดยพบว่าในช่วงอันตรภาคชั้นที่ 2 มีจำนวนต้นสนน้อย หมู่ไม้นี้เป็นโครงสร้างแบบIrregular uneven-aged stand

ผลจากการศึกษาในปีที่ 1 และ 2 มีข้อเสนอแนวทางเบื้องต้นในการจัดการป่าสนบ้านวัดจันทร์ โดยควรต้องมีการดำเนินการจัดการกับไม้สนสองใบที่ถูกเก็บไม้เกี๊ยะที่มีสุขภาพไม่ดี โดยหากจำเป็นควรวางแผนกำหนดการตัดฟันไม้เหล่านี้ โดยกำหนดแผนการตัดฟันแบ่งเป็น 2 compartment และกำหนดระดับความหนักเบา (harvesting intensity) จากขนาดพื้นที่หน้าตัดที่ต้องการตัดออก (10-40%) โดยมุ่งเน้นตัดต้นสนที่สุขภาพไม่ดีมีร่องรอยจากการเก็บไม้เกี๊ยะ และหลังจากตัดฟันไม้ออกไปแล้ว ควรมีการจัดการในด้านการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของไม้สน (ลูกไม้ ไม้หนุ่ม) ที่ขึ้นเจริญทดแทนตามธรรมชาติในพื้นที่ต่อไป

ABSTRACT

The program “The study of pine for economic plantation and conservation at Wat Chan Royal Project” aimed to study the potential of the site as well as the pine status, i.e. productivity, increment, utilization, and timber consumption, for both indigenous and exotic pines. The study sites are located in Wat Chan Royal Project Development Center (Huai Ngoo substation), Galyani Vadhana district, Chiang Mai province, and pine genetic improvement experimental plots in Chiang Mai. The total study period is 5 years, starting from 2016 to 2020. The results below are of those studied in the 2nd year.

Pine species trials

The study of species /provenance trials was planted seedling on May. After planted 1 month seedling 5 species from 10 provenances were shown that *P. tecunumanii* from Yucul (Nicaragua) perform highest in height (21.93 cm), while *P. merkusii* from Huey Tha, Sisaket showed lowest in height (4.40 cm). *P. merkusii* from Huey Tha, Sisaket did the best in diameter at root collar (5.17 mm) and *P. kesiya* from Doi Suthep showed lowest (1.58 mm). High survival rate were found in all species and provenances.

Pine utilization

P. merkusii and *P. caribaea* gave the highest amount of oleoresin by bark chipping method but *P. merkusii* and *P. oocarpa* and gave the highest amount of oleoresin by borehole method. Comparing resin tapping method, bark chipping method gave the higher resin than borehole method. For stimulant, the proper ingredient was the mixture of sulphuric acid 40% concentration with lubricant and plant growth regulators.

The highest cellulose content were in *P. oocarpa* and *P. tecunumani* but *P. merkusii* was the lowest one. *P. merkusii* has the highest lignin and pentosan amount but *P. oocarpa* has the lowest one. *P. caribaea* and *P. oocarpa* had the highest NaOH solubles but *P. tecunumani* had the lowest NaOH solubles. The highest alcohol-benzene solubility was *P. oocarpa* but *P. tecunumani* had the

lowest one. The highest hot water solubility was *P. tecunumani* but *P. merkusii* has the lowest one. *P. merkusii* had the highest ash content but *P. tecunumani* had the lowest one.

For anatomical features, five pine species had a clear distinct growth ring boundaries. Tracheid and parenchyma were presented through the entire growth ring. Longitudinal parenchyma laid along tracheid alignment. Pit was noticeable in the tangential section. Ray had the multiple rows perpendicular to longitudinal parenchyma and tracheid. Resin canals are visible in cross section view. However, *P. merksii* and *P. kesiya* had thicker cell wall and *P. caribaea* than others. *P. caribeae*, *P. merkusii* and *P. kesiya* had the longest fiber.

For energetic properties, five pine species was no significantly different. *P. oocarpa* had the highest heating value for firewood. Charcoal from *P. merkusii*, *P. caribaea* and *P. oocarpa* was the highest group of heating values. *P. oocarpa* was highest suitability for firewood and charcoal.

Silvicultural practices for exotic pine

Yield and health of natural pine stand

The growth of *P. merkusii* was studied by using tree-ring analysis technique on 17 individual trees. Diameter of the oldest tree was 77.5 cm indicating 324 years old (from 1692 – 2015) while the youngest tree was 84 years old with the diameter of 44.7 cm.

The growth model consists of 3 periods:

1. Age between 74 - 142 years, the mean diameter was 53.43 cm. The average diameter growth increased 0.41 cm per year. The best fit model was linear; DBH = -0.0017 (year) + 0.5309 (R^2=0.181)

2. Age of 143 – 231 years, the mean diameter was 67.93 cm. The average diameter growth increased 0.23 cm per year. There best fit model was exponential; DBH = $0.447e^{(-0.005)(year)}$ (R^2=0.665).

3. Age of 232 – 324 years, the mean diameter is 75.65 cm. The growth can be divided into two periods. During the year 1-142, the average diameter growth

is increased by 0.25 cm per year. However, after 143 years growth rate increased at a gradual rate at 0.09 cm per year. There best fit model was exponential; DBH = 0.276e $^{(-0.004)(year)}$ (R^2=0.496)

The yield of *P. merkusii* calculated from average diameter and height provided the average annual increment volume of 0.032 cubic meter per tree.

According to tree health, the results from 33 inventory sample plots showed that 105 individual (20.71%) of pine were wounded from wood igniter harvesting. Wounds can be classified into two categories: 1) wound and puncture with small but long hole, 2) big wound. The numbers of wounds in one tree can be up to 6. The range of the wound per tree was between 0.03 -0.76 cubic meters. The most damaged tree was wounded about 62.62% of total tree volume. The damage more than 30 % was found in 16 trees. If the proportion of wound volume is equal, consider cutting wound type 2 because it is vulnerable to windsnap. The old and unhealthy pine should be removed out of the area for stimulating the natural regeneration.

Thinning of *P. caribaea*

Experimental site was selected for 12 years old *P. caribaea* with 20 blocks in Intakin Silvicultural Research station at Chiangmai Province. Intensities of thinning was applied for 5 levels, of which each thinning intensity comprised of 3 replicates, except control (no thinning) with has 8 replicates. Growth rate of trees left after thinning will be monitored for the rest of the project period.

Natural regeneration of pine

The trees from 3 sample plots of high density and 3 sample plots of low density were 203 and 56, respectively. High density plots showed an uneven-aged stand (J shape). As a result, reproduction of pine trees for high density area follows natural mechanisms (Sustained yield), whereas the low density plots showed irregular uneven-aged stand characteristics.

The guideline for pine management based on this 1st and 2nd year study was that old-unhealthy pine should be removed out of the area for stimulating natural regeneration. The harvesting system for these unhealthy pine trees will be divided into

2 compartments. In addition, cutting intensity should be based on basal area (10-40% of total basal area). Pine natural regeneration management should be managed to ensure the sustainable succession in the area.