

ไม้สนในประเทศไทย

โดย

อำไพ พรลีแสงสุวรรณ

ศูนย์วนวัฒนวิจัยภาคเหนือ กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย
สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

2559

ไม้สนในประเทศไทย

บทนำ

ไม้สนที่พบขึ้นอยู่ตามธรรมชาติในประเทศไทยเป็นไม้สนเขตร้อน (Tropical pine) มีอยู่ 2 ชนิด คือ สนสามใบ (*Pinus kesiya* Royal ex Gordon) และสนสองใบ (*Pinus merkusii* Jungh. et de Vriers) ต่อมาโครงการสำรวจพฤกษศาสตร์เพื่อทำเยื่อกระดาษ ซึ่งได้รับความช่วยเหลือจากกองทุนพิเศษขององค์การสหประชาชาติได้เริ่มนำไม้สนต่างประเทศเข้ามาปลูกในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2507 และในปี พ.ศ. 2512 ได้มีโครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้สนและไม้โตเร็วเกิดขึ้น โดยความร่วมมือระหว่างรัฐบาลไทย โดยกรมป่าไม้กับรัฐบาลเดนมาร์กโดย DANIDA (Danish International Development Agency) วางแผนการปรับปรุงพันธุ์ไม้สนในประเทศไทย และได้นำเข้าไม้สนต่างประเทศเข้ามาทดลองปลูก ซึ่งพบว่าไม้สนต่างถิ่น 3 ชนิด ที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบอเมริกากลาง จัดเป็นไม้สนเขตร้อนที่น่าส่งเสริมในการปลูกสร้างสวนป่าของประเทศไทย คือ สนคาริเบีย (*Pinus caribaea* Morelet) สนโอคาร์ปา (*Pinus oocarpa* Schiede) และสนเทคุนมานี (*Pinus patula* ssp. *tecunumanii*) เนื่องจากเติบโตดี รูปทรงสวยงาม (ประดิษฐ์, 2540) การพัฒนาไม้สนในประเทศไทยได้ทำการทดสอบชนิดไม้ที่เหมาะสม คัดเลือกแม่ไม้สนชนิดต่างๆ นำเมล็ดพันธุ์ไม้สนจากถิ่นกำเนิดต่างๆ ทั้งภายในและนอกประเทศมาทดสอบถิ่นกำเนิด และจัดสร้างเป็นสวนอนุรักษ์พันธุ์ (Gene conservation) สวนผลิตเมล็ดทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ (Seedling seed orchard and Clonal seed orchard) และทดสอบสายพันธุ์ (Progeny test) มีการทดสอบการผสมเกสรเพื่อหาสายพันธุ์ที่ดี ศึกษาการขยายพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศ ศึกษาเทคนิคการเพาะชำไม้สนและวนวัฒนวิธีต่างๆ เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนการปลูกสร้างสวนป่าไม้สนในประเทศไทย ศึกษาการเติบโต ผลผลิต และการกักเก็บคาร์บอน ตลอดจนการใช้ประโยชน์ไม้สนในรูปแบบต่างๆ

ข้อดีของไม้สน

ไม้สนมีข้อดีหลายประการ คือ

1. ไม้สนเป็นไม้โบราณที่ยังหลงเหลืออยู่ถึงปัจจุบันจึงมีการปรับตัวสูงสามารถขึ้นได้แม้ในสภาพพื้นที่ที่เสื่อมโทรม ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำจนบางแห่งหน้าดินแทบจะไม่หลงเหลืออยู่เลย ไม้สนจึงเป็นไม้เบิกนำที่ดี เหมาะที่จะนำมาปลูกเพื่อปรับสภาพดินและสภาวะแวดล้อมให้ดีขึ้นก่อนที่ไม้ใบกว้างจะเข้ามาทดแทนตามธรรมชาติ
2. ไม้สนเป็นไม้ไม่ผลัดใบ มีใบเขียวชะอุ่มตลอดทั้งปี เรือนยอดเป็นรูปปิรามิดสวยงาม เหมาะที่จะนำไปปลูกเป็นไม้ประดับ

3. ไม้สนมีระบบรากลึก สามารถยึดดินได้ดี เหมาะที่จะนำไปปลูกในที่ภูเขาสูงชันเพื่อยึดดินไม่ให้พังทลายได้ง่าย

4. ไม้สนมีเส้นใยยาว เหมาะที่จะนำไปผลิตกระดาษที่ทนต่อแรงฉีกขาดได้สูง

5. ไม้สนเป็นไม้ที่มียางในกระพี้ เมื่อนำมากลั่นจะได้น้ำมันและชันสน ซึ่งสามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายชนิด

5.1 น้ำมัน ใช้ในการผสมสี พิมพ์ลายผ้า ผสมน้ำมันชักเงา ทำยาขัดรองเท้า ยาขัดพื้น ใช้เป็นตัวทำละลายไขมัน ยาง และอื่นๆใช้ทำเครื่องยา เช่น น้ำมันสะไค้ก

5.2 ชันสน ใช้ทำน้ำมันชักเงา ใช้ในทางการแพทย์ อุตสาหกรรมสบู่ อุตสาหกรรมกระดาษ พรหมน้ำมัน ผ้าน้ำมัน การบัดกรีโลหะ ใช้เป็นวัตถุดิบเจือปนกับครั่งและชันตะเคียน เครื่องสายที่ต้องใช้คันชักทั้งดนตรีไทยและสากลต้องอาศัยชันสนเป็นสื่อในการเสียดสี

6. ไม้สนมีเนื้อไม้ที่เห็นวงปีเด่นชัด มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว จึงนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องเรือนและไม้สำหรับตกแต่งต่างๆ

แนวทางการปลูกและการใช้ไม้สนในประเทศไทย

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างไม้สนท้องถิ่นและไม้ต่างประเทศทั้ง 3 ชนิดที่นำเข้ามาปลูกในประเทศไทย พบว่า สนคาริเบีย สนเทศุนูมานี และสนโอคาร์ปามีการเจริญเติบโตดีกว่าสนสามใบและสนสองใบ โดยเฉพาะสนคาริเบียมีการเจริญเติบโตดีที่สุดในช่วงระยะไม้หนุ่ม แต่เมื่ออายุมากขึ้นสนเทศุนูมานีและสนโอคาร์ปามีการเจริญเติบโตดีกว่าสนคาริเบียเล็กน้อย (ประดิษฐ์, 2540; ประดิษฐ์และคณะ, 2545) อย่างไรก็ตาม พบว่าสนเทศุนูมานีและสนโอคาร์ปาไม่ค่อยทนต่อสภาพแห้งแล้ง ในขณะที่สนคาริเบียมีการกระจายพันธุ์กว้างขวางกว่า ขึ้นได้ในหลายสภาพภูมิอากาศและลักษณะพื้นที่ที่แตกต่างกัน (Robbins, 1983) สามารถปลูกได้ทั้งในพื้นที่ระดับสูงและระดับต่ำ มีการเจริญเติบโตในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนสูง (Granhof, 1983) หากมีการจัดการสวนป่าอย่างดีให้ผลผลิตถึง 6-12 ลูกบาศก์เมตร/เฮกตาร์/ปี (Granhof and Homjeen, 1983) นอกจากนี้ยังมีความต้านทานต่อแรงฉีกและการหักพังสูงกว่าไม้สนสามใบและสนสองใบ แต่เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเส้นใยพบว่าไม้สนสองใบและสนสามใบมีเส้นใยยาวกว่าสนคาริเบียและสนโอคาร์ปา (ทัศนีย์ และคณะ, 2529) และพบว่าน้ำมันและชันสนจากสนสามใบมีคุณภาพดีที่สุดในพวกตระกูลสนด้วยกัน เนื่องจากมี Alpha-pinene และ Beta-pinene สูงมาก (Watt, 1980 cited in Armitage and Burley, 1980) เห็นได้ว่าไม้สนท้องถิ่นของไทยมีคุณสมบัติดีกว่าสนต่างประเทศทั้งในด้านความยาวเยื่อ คุณภาพน้ำมันสนและชันสน แต่การเจริญเติบโตสู้สนต่างประเทศไม่ได้ สนคาริเบียจึงเหมาะที่จะส่งเสริมให้มีการปลูกสร้างเป็นสวนป่าเศรษฐกิจต่อไปในอนาคต ดังนั้น การปรับปรุงพันธุ์ไม้สนจึงให้ความสำคัญกับไม้สนคาริเบียเป็นอันดับแรก เนื่องจากมีศักยภาพมากที่สุดที่จะส่งเสริมให้มีการปลูกสร้างสวนป่า ในขณะที่สนสามใบ สนสองใบ สนโอคาร์ปา และสนเทศุนูมานี จะมีความสำคัญรองลงมาตามลำดับ

ไม้สน เป็นไม้ที่มีลักษณะเส้นใยยาว ปริมาณเซลลูโลสสูง ใช้ทำกระดาษเหนียวได้ดี มีความต้านทานต่อแรงฉีกและการหักพังของสูง ลักษณะเนื้อไม้ละเอียดสีขาวอมเหลือง เลียนตรง การไส ตกแต่งและขัดง่าย ไม้แห้งมีการหดตัวปานกลาง ใช้ทำเครื่องเรือนได้ดี ทำไม้ประสาน ใช้งานทั่วไปหรือใช้กลึงและแกะสลักได้ดี ทำไม้วงกบ ไม้วงกบประสาน หรือไม้กรอบและบานหน้าต่าง (สุธี และ ภิรมย์, 2531) เนื้อไม้สามารถใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่นอีกหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมการก่อสร้าง ไม้อัด ไม้บาง นอกจากนี้ ยางสนยังใช้ในอุตสาหกรรมสี น้ำมันชักเงา และใช้เป็นสารแต่งกลิ่นตลอดจนใช้เป็นส่วนผสมในน้ำหอม (สาโรจน์, 2544) ประเทศไทยต้องนำเข้าไม้สนแปรรูปและไม้ท่อน ในปี พ.ศ. 2553 ถึง 1,996,824 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นเงิน 2,182,563,653 ล้านบาท และนำเข้าเยื่อไม้ถึง 15,378,424,400 ล้านบาท (สำนักแผนงานและสารสนเทศ, 2558)

การเลือกชนิดพันธุ์ไม้สนในการปลูกสร้างสวนป่า

ระดับความสูงของพื้นที่มีผลต่อการเติบโตของไม้สนชนิดต่างๆ ดังนั้น การคัดเลือกชนิดพันธุ์ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของการปลูกป่า เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและคุ้มค่าที่สุด แนวทางในการเลือกชนิดพันธุ์ไม้สนที่จะปลูกในประเทศไทย มีดังนี้ (ประดิษฐ์, 2540)

1) ที่สูงกว่า 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเลขึ้นไป ไม้สนเทศุนูมานีและสนโอคาร์ปาเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือไม้สนสามใบ แต่ทั้งนี้สำหรับสนโอคาร์ปาต้องใช้พันธุ์หรือถิ่นกำเนิดที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่สูง

2) ที่ระดับ 700-1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล สนเทศุนูมานีและสนโอคาร์ปายังเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือสนคาริเปีย และสุดท้ายคือสนสามใบแต่ไม่เหมาะในการปลูกเพื่อการค้าเพราะการเจริญเติบโตยังน้อยกว่าสนเทศุนูมานีและสนโอคาร์ปามาก

3) ที่ระดับ 300 - 700 เมตร และระดับ 0 - 300 เมตร จากระดับน้ำทะเล ไม้สนคาริเปียจะเหมาะสมที่สุด รองลงมาคือสนโอคาร์ปาบางสายพันธุ์ และสุดท้ายคือสนสองใบซึ่งในทางการค้าไม่เหมาะเพราะความยุ่งยากในการปลูก และการเติบโตในระยะแรกจะต่ำกว่าไม้สนชนิดอื่นๆ บางพื้นที่สนคาริเปียอาจโตดีกว่า แต่บางพื้นที่สนโอคาร์ปาอาจโตดีกว่า ดังนั้น จะต้องระมัดระวังและพิจารณาให้ดีในการใช้สายพันธุ์ของทั้งสองชนิดให้เหมาะสมเพื่อประโยชน์สูงสุดในการดำเนินงาน ในทางการค้าแล้วสนโอคาร์ปาและสนคาริเปียเท่านั้นที่จะมีความเหมาะสมในการปลูก เพราะจะได้เยื่อกระดาษคุณภาพดีกว่าไม้สนสองใบและไม้สนสามใบ รวมทั้งคุณภาพไม้ดีกว่าเพราะมีตำหนิจากตาไม้้น้อยกว่ารวมทั้งการเติบโตก็ดีกว่าด้วย ถ้าได้พันธุ์ดีเหมาะสมกับพื้นที่และการจัดการถูกต้องสามารถให้ผลผลิต 2-5 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี แต่ถ้าผลผลิตต่ำกว่านี้ตลอดช่วงอายุรอบตัดฟันก็จะไม่คุ้มค่าในการลงทุน

ไม้สนสองใบ สามารถขึ้นในที่แล้งระดับต่ำและสามารถทนอุณหภูมิร้อนได้ดีกว่าไม้สนชนิดอื่นๆ กล่าวได้ว่าเหมาะที่จะปลูกในที่ระดับต่ำกว่า 1,000 เมตรลงไปจนถึงระดับน้ำทะเล จุดอ่อนของสน

สองใบคือการเติบโตในระยะแรกช้าและมีลักษณะสภาพหญ้าเป็นพุ่มเตี้ยอยู่หลายปีกว่าจะเริ่มพุ่มเจริญเติบโตต่อไป ทำให้การดูแลรักษาเป็นไปได้ยากในช่วงแรก ไม่เหมาะสำหรับการใช้ประโยชน์ในรอบตัดฟันต่ำกว่า 20 ปี การเติบโตในระยะหลังจากฟื้นสภาพหญ้าแล้วจะรวดเร็วมาก การปลูกเพื่อไม้ซุงขนาดใหญ่รอบตัดฟันยาวน่าจะคุ้มค่าหรือดีกว่าไม้อื่น ข้อดีคือมีความทนทานต่อไฟค่อนข้างสูงทำให้สะดวกในการจัดการในบางพื้นที่

ถิ่นกำเนิดที่ดีของไม้สนที่เหมาะสมต่อการปลูกสร้างสวนป่าในประเทศไทย

1. **สนสามใบ** ถิ่นกำเนิดที่ดีที่สุด คือ ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ รองลงมา คือ ดอยสุเทพ และแม่วิด จังหวัดเชียงใหม่
2. **สนสองใบ** ถิ่นกำเนิดที่ดีที่สุด คือ สังขะ จังหวัดสุรินทร์ และ ห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ
3. **สนคาริเบีย** แบ่งเป็น
 - 3.1 พื้นที่ระดับสูง ถิ่นกำเนิดที่ดีที่สุด คือ Culmi และ Limones ประเทศฮอนดูรัส
 - 3.2 พื้นที่ระดับต่ำ ถิ่นกำเนิดที่ดีที่สุด คือ Alamicamba ประเทศนิการากัว และ Poptun ประเทศกัวเตมาลา
4. **สนโอคาร์ปา** ถิ่นกำเนิดที่ดีที่สุด คือ Dola Hill ประเทศแซมเบีย และ Conacaste ประเทศกัวเตมาลา
5. **สนเทकुมนานี** แบ่งเป็น
 - 3.1 พื้นที่ระดับสูง ถิ่นกำเนิดที่ดีที่สุด คือ Rafael, Camalias และ Yucul ประเทศนิการากัว
 - 3.2 พื้นที่ระดับปานกลางถึงต่ำ ถิ่นกำเนิดที่ดีที่สุด คือ Camalias และ Yucul ประเทศนิการากัว และ Mountain Pine Ridge ประเทศเบลีซ

การปรับปรุงพันธุ์ไม้สนในประเทศไทย (อำไพ, 2555)

1. สนสามใบ (*Pinus kesiya* Royal ex Gordon)

การปรับปรุงพันธุ์ไม้สนสามใบที่ดำเนินการจนถึงปัจจุบัน มีแหล่งฐานพันธุกรรมในประเทศไทย (Genetic resources establishment) ดังนี้

1.1 แปลงทดลองถิ่นกำเนิด

ปี พ.ศ. 2514 (Provenance trial 1971) ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ 14.5 ไร่ 18 ถิ่นกำเนิด

1.2 สวนอนุรักษ์พันธุ์

สวนอนุรักษ์พันธุ์นอกถิ่นกำเนิดของสนสามใบ จำนวนรวม 9 ถิ่นกำเนิด พื้นที่รวม 1,936 ไร่ ใน 3 พื้นที่คือ

- (1) สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ 774 ไร่ (4 ถิ่นกำเนิด)
- (2) สถานีวนวัฒนวิจัยแม่สะนาม จังหวัดเชียงใหม่ 1,100 ไร่ (5 ถิ่นกำเนิด)
- (3) สถานีวนวัฒนวิจัยหนองกระทิง จังหวัดเชียงใหม่ 62 ไร่ (1 ถิ่นกำเนิด)

1.3 สวนรวมพันธุ์

จัดสร้างสวนรวมพันธุ์ (Clone bank 1979) โดยคัดเลือกแม่ไม้จากป่าธรรมชาติบ้านแม่วิด และดอยอินทนนท์ และสวนผลิตเมล็ดที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จำนวน 76 แม่ไม้ นำมาเลี้ยงขยายและจัดสร้างเป็นสวนรวมพันธุ์ที่สถานีวนวัฒนวิจัยแม่สะนาม จังหวัดเชียงใหม่

- (1) แม่ไม้จากป่าธรรมชาติบ้านแม่วิด 24 แม่ไม้
- (2) แม่ไม้จากสวนผลิตเมล็ด ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง 22 แม่ไม้
- (3) แม่ไม้จากป่าธรรมชาติ อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ 30 แม่ไม้

1.4 การคัดเลือกแม่ไม้

คัดเลือกแม่ไม้สนสามใบจากป่าธรรมชาติ แปลงทดสอบถิ่นกำเนิด สวนผลิตเมล็ด แหล่งผลิตเมล็ด แปลงทดสอบชนิดพันธุ์ไม้ และสวนอนุรักษ์พันธุ์ จำนวน 326 แม่ไม้

1.5 แหล่งผลิตเมล็ดไม้

- (1) แหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ ปี พ.ศ. 2514 (Seed production area 1971) ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ 12 ไร่ 4 ถิ่นกำเนิด

1.6 สวนผลิตเมล็ดพันธุ์

ก. สวนผลิตเมล็ดพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Clonal seed orchard)

- (1) สวนผลิตเมล็ดพันธุ์ ปี พ.ศ. 2519 (Clonal seed orchard 1976) ที่สถานีวนวัฒนวิจัยอินทนิล จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ 30 ไร่ 9 ถิ่นกำเนิด 144 clones (V.O/41 – V.O/184) คัดเลือกแม่ไม้จากแปลง Provenance trial และ Seed Production area แปลงปลูกปี พ.ศ. 2514 ที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ ปัจจุบันต้นไม้แปลงนี้ยังไม่สามารถผลิตเมล็ดได้ เนื่องจากไม่มีการออกดอกตัวผู้และตัวเมีย

- (2) สวนผลิตเมล็ดพันธุ์ ปี พ.ศ. 2523 (Clonal seed orchard 1980) ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ 36 ไร่ 6 ถิ่นกำเนิด 80 clones

ข. สวนผลิตเมล็ดพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Seedling seed orchard)

(1) สวนผลิตเมล็ดพันธุ์ ปี พ.ศ. 2530 (Seedling seed orchard 1987) ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ 50 ไร่ 3 ถิ่นกำเนิด คือ ดอยอินทนนท์ ดอยสุเทพ แม่ริด

(2) สวนผลิตเมล็ดพันธุ์ ปี พ.ศ. 2531 (Seedling seed orchard 1988) ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ 50 ไร่

1.7 แปลงทดสอบสายพันธุ์ (Progeny trial)

(1) ปี พ.ศ. 2518 แปลงทดสอบสายพันธุ์ ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ 1 ถิ่นกำเนิด (Doi Inthanon) 30 สายพันธุ์

(2) ปี พ.ศ. 2520 แปลงทดสอบสายพันธุ์ ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ 1 ถิ่นกำเนิด (Mae Rid) 30 สายพันธุ์

(3) ปี พ.ศ. 2530 แปลงทดสอบสายพันธุ์ ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ 5 ถิ่นกำเนิด 100 สายพันธุ์ (พื้นที่ 7.5 ไร่)

(4) ปี พ.ศ. 2530 แปลงทดสอบถิ่นกำเนิด/สายพันธุ์ ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ 12 ถิ่นกำเนิด 25 สายพันธุ์ (พื้นที่ 72.56 ไร่)

(5) ปี พ.ศ. 2531 แปลงทดสอบสายพันธุ์ ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ 17 ถิ่นกำเนิด 80 สายพันธุ์

2. สนสองใบ (*Pinus merkusii* Jungh. et de Vriers)

การปรับปรุงพันธุ์ไม้สนสองใบที่ดำเนินการจนถึงปัจจุบัน มีแหล่งฐานพันธุกรรมในประเทศไทย (Genetic resources establishment) ดังนี้

2.1 แปลงทดลองถิ่นกำเนิด

ปี พ.ศ. 2514 (Provenance trial 1971) ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ 13 ถิ่นกำเนิด พื้นที่ 11.5 ไร่

2.2 สวนอนุรักษ์พันธุ์ (In Situ Gene Conservation) 3 พื้นที่

(1) ป่าสนสองใบโขงเจียม อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี

(2) ป่าสนสองใบดงตาวัง อำเภอโพธิ์ไทย จังหวัดอุบลราชธานี

(3) ป่าสนสองใบท้องที่ตำบลทับทัน อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์

2.3. สวนผลิตเมล็ดพันธุ์

(1) สวนผลิตเมล็ดพันธุ์ ปี พ.ศ. 2518 (Seedling seed orchard 1975) ที่สถานีวนวัฒนวิจัยอินทนิล จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ 6 ไร่ 7 ถิ่นกำเนิด

(2) สวนผลิตเมล็ดพันธุ์ ปี พ.ศ. 2520 (Seedling seed orchard 1977) ที่สถานีวนวัฒนวิจัยอินทิล จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ 12 ไร่ 3 ถังกำเนิด

2.4 การคัดเลือกแม่ไม้

คัดเลือกแม่ไม้สนสองใบจากป่าธรรมชาติ และแปลงทดสอบถังกำเนิด มีจำนวนแม่ไม้ 13 แม่ไม้

2.5 แปลงทดสอบสายพันธุ์

ปี พ.ศ. 2520 ปลุกทดสอบสายพันธุ์ ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ (8 Blocks 6 Plots 20 คู่ผสม)

3. สนคาริเปีย (*Pinus caribaea* Morelet)

การปรับปรุงพันธุ์ไม้สนคาริเปียที่ดำเนินการจนถึงปัจจุบัน มีแหล่งฐานพันธุกรรมในประเทศไทย (Genetic resources establishment) ดังนี้

3.1 แปลงทดลองถังกำเนิด

(1) ปี พ.ศ. 2515 (Provenance trial, 1972) ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ 15 ไร่ 13 ถังกำเนิด

ปี พ.ศ. 2515 ร่วมมือกับสถาบันป่าไม้แห่งสหราชอาณาจักร (Common Wealth Forestry Institute : CFI หรือ Oxford Forestry Institute : OFI ในปัจจุบัน) โดยการประสานงานของ DANIDA ทำการทดลองถังกำเนิดนานาชาติของไม้สนคาริเปีย จำนวน 22 ถังกำเนิด ใน 4 พื้นที่ของประเทศไทย คือ ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 13 ถังกำเนิด ห้วยยะฮู จังหวัดตาก จำนวน 9 ถังกำเนิด สถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู จังหวัดสุรินทร์จำนวน 10 ถังกำเนิด และที่แปลงทดสอบท่าแซะ จังหวัดชุมพร จำนวน 14 ถังกำเนิด โดยที่จังหวัดตากและสุรินทร์ แปลงทดลองได้รับความเสียหายตั้งแต่ต้นไม้อย่างเล็กน้อย ส่วนที่จังหวัดชุมพรนั้นต้นไม้มีการเจริญเติบโตดีมาก แต่แปลงทดลองได้รับความเสียหายจากพายุเกย์ในปลายปี พ.ศ. 2532 คงเหลือแปลงทดลองอยู่แห่งเดียวคือที่จังหวัดเชียงใหม่

(2) ปี พ.ศ. 2523 ทดสอบถังกำเนิดไม้สนคาริเปีย ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 9 ถังกำเนิด

3.2 สวนอนุรักษ์พันธุ์

ปลูกสวนอนุรักษ์พันธุ์นอกถิ่นกำเนิดของ *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. caribaea* var. *caribaea* และ *P. caribaea* var. *bahamensis* จำนวนรวม 13 ถิ่นกำเนิด พื้นที่รวม 2,144 ไร่ ใน 4 พื้นที่คือ

- (1) สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ 971 ไร่ (9 ถิ่นกำเนิด)
- (2) สถานีวนวัฒนวิจัยแม่สะนาม จังหวัดเชียงใหม่ 325.6 ไร่ (4 ถิ่นกำเนิด)
- (3) สถานีวนวัฒนวิจัยหนองกระทิง จังหวัดเชียงใหม่ 626 ไร่ (7 ถิ่นกำเนิด)
- (4) สถานีวนวัฒนวิจัยแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ 222 ไร่ (3 ถิ่นกำเนิด)

3.3 แหล่งผลิตเมล็ดไม้

(1) แหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ ปี พ.ศ. 2514 (Seed production area 1971) ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ 10 ไร่ 2 ถิ่นกำเนิด (seedlot 2002 Bowenia, Queensland, Australia และ seedlot 2003 Cayo, Mt. Pine Ridge, Br. Honduras) เริ่มให้ผลผลิตเมล็ดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527

(2) แหล่งผลิตเมล็ดไม้ ปี พ.ศ. 2546 (Seed stand 2003) ที่สถานีวนวัฒนวิจัยบ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ 14.44 ไร่ 1 ถิ่นกำเนิด (Limones, Honduras)

3.4 สวนผลิตเมล็ดพันธุ์

(1) สวนผลิตเมล็ดพันธุ์ ปี พ.ศ. 2520 (Clonal seed orchard 1977) ที่สถานีวนวัฒนวิจัยอินทนิล จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ 27 ไร่ 8 ถิ่นกำเนิด โดยใช้ยอดไม้สนคาร์ปิเยจากแม่ไม้อายุ 5 ปี ในแปลงทดลอง Provenance trial ที่จังหวัดชุมพร และห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ ที่คัดเลือกมาทำการเปลี่ยนยอดในแปลงปลูกที่สถานีวนวัฒนวิจัยอินทนิล จำนวน 100 clones ซึ่งมีถิ่นกำเนิดเดิม (origin) จากประเทศ Nicaragua Honduras และ Guatemala ซึ่งมีทั้งถิ่นกำเนิดจากพื้นที่ระดับสูง และพื้นที่ระดับต่ำ มีระยะปลูก 6.4 x 6.4 เมตร ปัจจุบันแปลงทดลองนี้กำลังประสบปัญหาการเข้ากันไม่ได้ของต้นตอ กับยอดพันธุ์ (Incompatability) ทำให้ยอดพันธุ์เจริญเติบโตเร็วกว่าและมีขนาดใหญ่กว่าต้นตอ สวนผลิตแห่งนี้ให้ผลผลิตเมล็ดเมื่ออายุ 8 ปี

(2) สวนผลิตเมล็ดพันธุ์ ปี พ.ศ. 2551 (Seedling seed orchard 2008) ที่สถานีวนวัฒนวิจัยอินทนิล จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ 7 ไร่ 7 ถิ่นกำเนิด 14 สายพันธุ์ (Origin: จากแปลง Progeny trial 1980 และ Progeny trial 1981 ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่)

3.5 การคัดเลือกแม่ไม้

คัดเลือกแม่ไม้สนคาร์ปิเยจากแปลงทดสอบถิ่นกำเนิด สวนผลิตเมล็ด แหล่งผลิตเมล็ด แปลงทดสอบชนิดพันธุ์ไม้ และสวนอนุรักษ์พันธุ์ ซึ่งเป็นแม่ไม้ที่มีถิ่นกำเนิดเดิมจากต่างประเทศ ได้แก่ Alamicamba ประเทศนิการากัว, Rio Coco ประเทศนิการากัว, Karawala ประเทศนิการากัว, Poptun ประเทศกัวเตมาลา, Limones ประเทศฮอนดูรัส, Brus ประเทศฮอนดูรัส, Santa Clara ประเทศฮอนดูรัส

, Potosi ประเทศฮอนดูรัส, Cayo – Mountain Pine Ridge ประเทศฮอนดูรัส และ Bowenia รัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย จำนวน 473 แม่ไม้

นอกจากนี้ Oxford Forestry Institute ได้ทำการคัดเลือกแม่ไม้สนเขตร้อน สำหรับเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เพื่อจัดสร้าง Regional Seed Orchard ของสนคาริเปีย สนโอคาร์ปา และสนเทคูนูมานี โดยโครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้สนได้ทำการคัดเลือกและลงทะเบียนแม่ไม้ทั้ง 3 ชนิดไว้จำนวน 13 แม่ไม้ คือแม่ไม้เบอร์ OFI 89-101

3.6 แปลงทดสอบสายพันธุ์

(1) ปี พ.ศ. 2523 แปลงทดสอบสายพันธุ์นานาชาติไม้สนคาริเปีย ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ โดยนำเมล็ดจากแม่ไม้ในสวนผลิตเมล็ดไม้แหล่งต่างๆ จาก Queensland ประเทศออสเตรเลีย ได้แก่ Byfield, Toolara, Kennedy Seed Orchard และ Cardwell และจากประเทศฮอนดูรัส, ฟิจิ และ Malalo Manga Seed Orchard ประเทศคองโก รวมทั้งหมด 90 สายพันธุ์ (Families)

(2) ปี พ.ศ. 2524 แปลงทดสอบสายพันธุ์นานาชาติไม้สนคาริเปีย ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ โดยได้รับการสนับสนุนเมล็ดจากสถาบันป่าไม้แห่งสหราชอาณาจักร (OFI) จำนวน 88 สายพันธุ์

(3) ปี พ.ศ. 2535 แปลงทดสอบสายพันธุ์ไม้สนคาริเปีย ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้เมล็ดจากแม่ไม้ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้สน ซึ่งมีถิ่นกำเนิดเดิมจาก Limones ประเทศฮอนดูรัส จำนวน 70 Families

3.7 การผสมเกสรข้ามต้นระหว่างพ่อ-แม่พันธุ์ที่คัดเลือกแล้ว เพื่อให้มีลูก (F) รุ่นต่อไปที่ดียิ่งขึ้น

ปี พ.ศ. 2551-2555 ผลิตลูกผสมไม้สนคาริเปีย ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ จาก 2 กลุ่มประชากร ในแปลงทดสอบสายพันธุ์ปี 2523 และแปลงทดสอบสายพันธุ์ปี 2524 จำนวนกลุ่มประชากรละ 5 แม่ไม้ ผลการผสมเกสรของประชากร 2 กลุ่ม ในช่วงเวลา 3 ปี จำนวน 30 คู่ ให้ผลผลิตเมล็ดระหว่าง 33-3,340 เมล็ด คิดเป็นน้ำหนัก 0.27-25.22 กรัมต่อคู่ผสม แต่สามารถเตรียมกล้าไม้ได้เพียง 25 คู่ผสม และปริมาณกล้าน้อยเกินไปไม่สามารถปลูกทดสอบสายพันธุ์ได้ จึงได้ปลูกเป็น Clone bank ในปี พ.ศ. 2555 ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง และสถานีวนวัฒนวิจัยแม่สะนาม ระยะปลูก 3 x 3 เมตร ปลูกคู่ผสมละ 1 แถว ปัจจุบัน ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง เหลือแม่ไม้ 25 คู่ผสม จำนวน 351 ต้น และสถานีวนวัฒนวิจัยแม่สะนาม เหลือแม่ไม้ 24 คู่ผสม จำนวน 153 ต้น

4. สนโอคาร์ปา (*Pinus oocarpa* Schiede) และ สนเทคูนูมานี (*Pinus patula* ssp. *tecunumaii*)

การปรับปรุงพันธุ์ไม้สนโศคาร์ปา และสนเทญูมานี่ ที่ดำเนินการจนถึงปัจจุบัน มีแหล่งฐานพันธุกรรมในประเทศไทย (Genetic resources establishment) ดังนี้

4.1 แปลงทดลองถิ่นกำเนิด

(1) แปลงทดลองถิ่นกำเนิด ปี พ.ศ. 2515 (Provenance trial 1972) พื้นที่ 16 ไร่ (สนโศคาร์ปา 12 ถิ่นกำเนิด และสนเทญูมานี่ 3 ถิ่นกำเนิด) ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่

ปี พ.ศ. 2515 ร่วมมือกับสถาบันป่าไม้แห่งสหราชอาณาจักร (Common Wealth Forestry Institute : CFI หรือ Oxford Forestry Institute : OFI ในปัจจุบัน) โดยการประสานงานของ DANIDA ทำการทดลองถิ่นกำเนิดนานาชาติของไม้สนโศคาร์ปา/เทญูมานี่ จำนวน 21 ถิ่นกำเนิด (สนโศคาร์ปา 12 ถิ่นกำเนิด และสนเทญูมานี่ 3 ถิ่นกำเนิด) ใน 2 พื้นที่ของประเทศไทย คือ ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 12 ถิ่นกำเนิด และที่แปลงทดสอบท่าแพะ จังหวัดชุมพร จำนวน 5 ถิ่นกำเนิด โดยที่จังหวัดชุมพรนั้นต้นไม้มีการเจริญเติบโตดีมาก แต่แปลงทดลองได้รับความเสียหายจากพายุเกย์ในปลายปี พ.ศ. 2532 คงเหลือแปลงทดลองอยู่แห่งเดียวคือที่จังหวัดเชียงใหม่

(2) แปลงทดลองถิ่นกำเนิดสนโศคาร์ปา ปี พ.ศ. 2523 (Provenance trial 1972) 3 ถิ่นกำเนิด ที่สถานีวนวัฒนวิจัยหนองกระทิง จังหวัดเชียงใหม่

4.2 สวนอนุรักษ์พันธุ์ (Ex Situ Gene Conservation)

ก. สวนอนุรักษ์พันธุ์ไม้สนโศคาร์ปา

สวนอนุรักษ์พันธุ์นอกถิ่นกำเนิดของสนโศคาร์ปา จำนวนรวม 7 ถิ่นกำเนิด พื้นที่รวม 672 ไร่ ใน 4 พื้นที่คือ

- (1) สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ 302 ไร่ (7 ถิ่นกำเนิด)
- (2) สถานีวนวัฒนวิจัยแม่สะนาม จังหวัดเชียงใหม่ 50 ไร่ (1 ถิ่นกำเนิด)
- (3) สถานีวนวัฒนวิจัยหนองกระทิง จังหวัดเชียงใหม่ 220 ไร่ (3 ถิ่นกำเนิด)
- (4) สถานีวนวัฒนวิจัยแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ 100 ไร่ (1 ถิ่นกำเนิด)

ข. สวนอนุรักษ์พันธุ์ไม้สนเทญูมานี่

สวนอนุรักษ์พันธุ์นอกถิ่นกำเนิดของสนเทญูมานี่ จำนวนรวม 4 ถิ่นกำเนิด พื้นที่รวม 922 ไร่ ใน 4 พื้นที่คือ

- (1) สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ 420 ไร่ (3 ถิ่นกำเนิด)
- (2) สถานีวนวัฒนวิจัยแม่สะนาม จังหวัดเชียงใหม่ 202 ไร่ (3 ถิ่นกำเนิด)
- (3) สถานีวนวัฒนวิจัยหนองกระทิง จังหวัดเชียงใหม่ 200 ไร่ (3 ถิ่นกำเนิด)
- (4) สถานีวนวัฒนวิจัยแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ 100 ไร่ (1 ถิ่นกำเนิด)

4.3 สวนผลิตเมล็ดพันธุ์

(1) สวนผลิตเมล็ดพันธุ์สนเทคุนุมาณี ปี พ.ศ. 2518 (Clonal seed orchard 1975) ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ 30 ไร่ 5 ถิ่นกำเนิด 135 สายพันธุ์

4.4 การคัดเลือกแม่ไม้

ก. สนโศคาร์ปา

คัดเลือกแม่ไม้ที่มีถิ่นกำเนิดเดิมจาก Guimaca ประเทศฮอนดูรัส และ Mal Paso ประเทศกัวเตมาลา ในแปลงทดสอบถิ่นกำเนิด และสวนอนุรักษ์พันธุ์ จำนวน 31 แม่ไม้

ข. สนเทคุนุมาณี

คัดเลือกแม่ไม้ที่มีถิ่นกำเนิดเดิมจาก Yucul ประเทศนิการากัว, Camelias ประเทศนิการากัว, Rafael ประเทศนิการากัว และ Mt. Pine Ridge ประเทศบริติชฮอนดูรัส จากแปลงทดสอบถิ่นกำเนิด สวนผลิตเมล็ด และสวนอนุรักษ์พันธุ์ จำนวน 150 แม่ไม้

4.5 แปลงทดสอบสายพันธุ์

ปี พ.ศ. 2525 ปลุกทดสอบสายพันธุ์ ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ 11 ถิ่นกำเนิด 90 สายพันธุ์ (สนโศคาร์ปา 8 ถิ่นกำเนิด 66 สายพันธุ์ และสนเทคุนุมาณี 3 ถิ่นกำเนิด 24 สายพันธุ์)

การจัดสร้าง Clone bank/Hedge orchard

การจัดสร้าง Clone bank/Hedge orchard เพื่อเป็นแหล่งฐานพันธุ์กรรมเพิ่มเติมทดแทนแม่ไม้เดิมที่มีอายุมากและมีแนวโน้มล้มตายไปเรื่อยๆ ที่ดำเนินการในปี พ.ศ. 2554-2559 มีดังนี้

1. สนสามใบ จัดสร้าง Clone bank/Hedge orchard 3 พื้นที่ ดังนี้

(1) สถานีวนวัฒนวิจัยแม่สะนาม จังหวัดเชียงใหม่ จัดสร้าง Hedge orchard ในปี พ.ศ. 2554-2558 ระยะปลูก 2 x 2 เมตร จำนวน 42 แม่ไม้ รวม 170 ต้น

(2) สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ จัดสร้าง Clone bank ในปี พ.ศ. 2559 ระยะปลูก 4 x 3 เมตร จำนวน 14 แม่ไม้ รวม 123 ต้น

(3) สถานีวนวัฒนวิจัยบ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ จัดสร้าง Clone bank ในปี พ.ศ. 2559 ระยะปลูก 2 x 2 เมตร จำนวน 19 แม่ไม้ รวม 161 ต้น

2. สนสองใบ จัดสร้าง Hedge orchard 1 พื้นที่ ดังนี้

(1) สถานีวนวัฒนวิจัยแม่สะนาม จังหวัดเชียงใหม่ จัดสร้าง Hedge orchard ในปี พ.ศ. 2559 ระยะปลูก 3 x 2 เมตร จำนวน 23 แม่ไม้ 155 ต้น

3. สนकारीเปี้ย จัดสร้าง Clone bank/Hedge orchard 2 พื้นที่ ดังนี้

(1) สถานีวนวัฒนวิจัยแม่สะนาม จังหวัดเชียงใหม่ จัดสร้าง Hedge orchard ในปี พ.ศ. 2554 ระยะปลูก 2 x 2 เมตร จำนวน 41 แม่ไม้ 78 ต้น

(2) สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ จัดสร้าง Clone bank ในปี พ.ศ. 2559 ระยะปลูก 4 x 3 เมตร จำนวน 6 แม่ไม้ รวม 25 ต้น

การเติบโต ผลผลิต และการกักเก็บคาร์บอนของไม้สน

1. การเติบโตของไม้สน

สนकारीเปี้ยที่นำเข้ามาปลูกในประเทศไทย มีการปรับตัวและเติบโตดีกว่าสนสามใบและสนสองใบซึ่งเป็นไม้ท้องถิ่น สนकारीเปี้ยที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ช่วง 7 ปีแรก พบว่า มีความเพิ่มพูนทางความสูงเฉลี่ย 1 เมตรต่อปี และความเพิ่มพูนทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 1.2-1.4 เซนติเมตรต่อปี (สาริจน์ และคณะ, 2544) ความเพิ่มพูนด้านความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเริ่มลดลงหลังอายุ 10 ปี ส่วนที่จังหวัดสุรินทร์ พบว่า มีความเพิ่มพูนทางความสูงเฉลี่ย 0.99 เมตรต่อปี และความเพิ่มพูนทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 1.1 เซนติเมตรต่อปี (ประดิษฐ์, 2540) และจากการเก็บข้อมูลการเติบโตของสนकारीเปี้ยที่ดงลาน จังหวัดขอนแก่น พบว่า มีความเพิ่มพูนทางความสูงเฉลี่ย 1.1 เมตรต่อปี และความเพิ่มพูนทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 1.1 เซนติเมตรต่อปี นอกจากนี้ สนकारीเปี้ยที่ปลูกในจังหวัดชุมพรซึ่งมีปริมาณน้ำฝนสูง (2,070 มิลลิเมตรต่อปี) โตเร็วกว่าจังหวัดเชียงใหม่ (ปริมาณน้ำฝน 1,191 มิลลิเมตรต่อปี) ถึง 6.67 เท่า เมื่อต้นไม้มีอายุ 7 ปี (Granhof, 1983)

นอกจากนี้ ได้มีการศึกษาการเติบโตของสนकारीเปี้ยในหลายพื้นที่ของจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งพบว่าสนकारीเปี้ยมีอัตราการเติบโตค่อนข้างเร็วในช่วงแรก เมื่ออายุ 6 ปี มีอัตราความเพิ่มพูนทางความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 1.1 เมตรต่อปี และ 1.4 เซนติเมตรต่อปี และอายุ 9 ปี เฉลี่ย 1.5 เมตรต่อปี และ 1.5 เซนติเมตรต่อปี แนวโน้มการเติบโตมีอัตราลดลงเมื่อต้นไม้มีอายุเพิ่มขึ้น เมื่ออายุ 18 ปี มีอัตราความเพิ่มพูนทางความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 1.1 เมตรต่อปี และ 1.2 เซนติเมตรต่อปี และอายุ 29 ปี เฉลี่ย 0.7 เมตรต่อปี และ 0.9 เซนติเมตรต่อปี ตามลำดับ หลังอายุ 6 ปี พบว่าเรือนยอดของสนकारीเปี้ยเริ่มเบียดชิดกัน จึงเกิดการแก่งแย่งแสงแดด น้ำ และธาตุอาหาร ทำให้อัตราการเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเริ่มลดลง ดังนั้น ระยะปลูกจึงมีผลต่อความกว้างเรือนยอดและการเติบโตของต้นไม้ การปลูกสวนป่าไม้สนที่ระยะปลูกเริ่มแรก 3 x 3 เมตร ควรมีการตัดสางขยายระยะครั้งแรกเมื่อต้นไม้มีอายุ 6 ปี โดย จักรพันธ์ และขวัญชัย (2543) พบว่า สนสามใบที่ตัดสางขยายระยะเมื่ออายุ 6 ปี มีความโตของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าไม้ที่ไม่มีการตัดสางขยายระยะถึง 10.13 เซนติเมตร Whitmore and Liegel (1980) ดังนั้น การปลูกไม้สนในระยะแรกควรใช้ระยะปลูก 2 x 2 ถึง 3 x 3 เมตร และควรตัดขยายระยะครั้งแรกเมื่ออายุ 6 ปี จะให้ผลผลิตเนื้อไม้

เพิ่มขึ้น การปลูกเพื่อใช้ประโยชน์เนื้อไม้ควรมีรอบตัดฟันไม่เกิน 20 ปี การปลูกสร้างสวนป่าโดยใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีผ่านการปรับปรุงพันธุ์และมีถิ่นกำเนิดที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่จะช่วยเพิ่มอัตราการเติบโตของต้นไม้ในสวนป่า

ถิ่นกำเนิดสนสามใบจากประเทศไทย 3 ถิ่นกำเนิด มีการเจริญเติบโตอยู่ในกลุ่มที่ดีที่สุด คือ ดอยอินทนนท์ ดอยสุเทพ และแม่วิด จังหวัดเชียงใหม่ ถิ่นกำเนิดจากดอยอินทนนท์และดอยสุเทพเป็นพันธุ์ที่ควรสนับสนุนให้นำไปปลูกได้ทั้งในพื้นที่สูงและพื้นที่ต่ำของประเทศไทย เนื่องจากมีการเติบโตดีและมีอัตราการรอดตายค่อนข้างสูง ส่วนถิ่นกำเนิดจากแม่วิดเป็นพันธุ์ที่ควรส่งเสริมให้ปลูกเฉพาะบนพื้นที่สูง และยังพบว่าไม้สนสามใบที่ปลูกในพื้นที่ต่ำแต่มีปริมาณน้ำฝนมากมีการเติบโตดีกว่าสนสามใบที่ปลูกในพื้นที่สูง (อำไพ และคณะ, 2551)

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของไม้สนทั้ง 3 ชนิด ในช่วง 4 ปีแรก พื้นที่ระดับต่ำที่แปลงทดลองท่าแซะ จังหวัดชุมพร พบว่า ไม้สนคาริเปียนถิ่นกำเนิด Alamicamba, Nicaragua เติบโตดีที่สุด รองลงมาคือสนโอคาร์ปา และสนสามใบเติบโตต่ำที่สุด และพื้นที่ระดับสูงที่จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ไม้สนคาริเปียนถิ่นกำเนิด Alamicamba, Nicaragua ยังคงเติบโตดีที่สุด แต่สนสามใบกลับมีการเติบโตดีกว่าสนโอคาร์ปา (อำไพ และคณะ, 2551)

2. ผลผลิตของไม้สน

ผลผลิตของสวนป่าสามารถประเมินได้ 2 รูปแบบ ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ประโยชน์ หากต้องการนำไปใช้ในรูปไม้ซุงหรือไม้แปรรูปจะประมาณผลผลิตเป็นปริมาตรเนื้อไม้ ส่วนการประมาณผลผลิตสวนป่าในรูปมวลชีวภาพหรือน้ำหนักแห้งจะใช้ในกรณีเป็นการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อขายคาร์บอนเครดิต การประมาณปริมาตรลำต้นได้เปลือกและมวลชีวภาพตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกของสนคาริเปียนดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การประมาณปริมาตรลำต้นได้เปลือกและมวลชีวภาพของสนคาริเปียนตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก

DBH (cm)	Volume under bark (m ³ .individual ⁻¹)	Biomass (kg.individual ⁻¹)
5	0.005	5
10	0.034	30
15	0.109	86
20	0.248	187
25	0.471	340

การประมาณปริมาตรลำต้นได้เปลือกของสนคาริเปี้ยที่ชั้นอายุต่างๆ ได้แก่ 6, 9, 18 และ 29 ปี ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ขอนแก่น และอุบลราชธานี พบว่าอัตราการเพิ่มความเพิ่มพูนของปริมาตรลำต้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับอายุที่เพิ่มขึ้นเพียงอย่างเดียว การจัดการสวนป่าโดยกำหนดระยะปลูกถี่ในช่วงแรกของแปลงอายุ 6 ปี (ระยะปลูก 1.5×3 เมตร มีปริมาตร 2.51 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่) ทำให้มีปริมาตรมากกว่าแปลงอายุ 9 ปี (ระยะปลูก 3×3 เมตร มีปริมาตร 0.99 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่) และเมื่อเปรียบเทียบแปลงอายุ 18 ปี (อัตราการเพิ่มความเพิ่มพูนของปริมาตร 0.015 ลูกบาศก์เมตรต่อต้นต่อปี) กับแปลงอายุ 29 ปี (อัตราการเพิ่มความเพิ่มพูนของปริมาตร 0.014 ลูกบาศก์เมตรต่อต้นต่อปี) ที่ปลูกในพื้นที่ใกล้เคียงกันที่ห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าต้นไม้เติบโตเต็มที่เมื่ออายุ 18 ปี หากยังไม่มี การตัดขยายระยะหรือตัดฟันมาใช้ประโยชน์ จะทำให้ต้นไม้เบียดชิดกัน อัตราการเติบโตลดลง มีผลให้ความเพิ่มพูนของปริมาตรลดลงด้วย อย่างไรก็ตาม อัตราการรอดตายหรือความหนาแน่นของต้นไม้ในแปลงมีผลต่อผลผลิตสวนป่าด้วย

สภาพแวดล้อมก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้สนคาริเปี้ยเติบโตแตกต่างกัน ส่งผลต่อผลผลิตเนื้อไม้ จากการเปรียบเทียบแปลงสนคาริเปี้ยอายุ 29 ปี ที่ปลูกในพื้นที่ต่างกัน พบว่า สนคาริเปี้ยที่ดงลาน ขอนแก่น โตดีที่สุด (อัตราการเพิ่มความเพิ่มพูนของปริมาตร 0.030 ลูกบาศก์เมตรต่อต้นต่อปี) รองลงมาคือ โขงเจียม อุบลราชธานี (อัตราการเพิ่มความเพิ่มพูนของปริมาตร 0.024 ลูกบาศก์เมตรต่อต้นต่อปี) อินทขิล และห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ (อัตราการเพิ่มความเพิ่มพูนของปริมาตร 0.023 และ 0.014 ลูกบาศก์เมตรต่อต้นต่อปี) ตามลำดับ

การปลูกสนคาริเปี้ยเพื่อต้องการใช้ประโยชน์เนื้อไม้ควรมีรอบตัดฟันไม่เกิน 20 ปี จะให้ผลผลิต 1.12–2.56 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี ที่ระยะปลูก 3×3 เมตร (เรียงชัย, 2527) ทั้งนี้ ขึ้นกับการคัดเลือกพันธุ์ที่ดี มีการจัดการดี และปลูกในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจึงจะให้ผลผลิตสูง

การประมาณผลผลิตสวนป่าในรูปมวลชีวภาพหรือน้ำหนักแห้ง มักใช้ในการประมาณการการกักเก็บคาร์บอนในสวนป่าเพื่อขายคาร์บอนเครดิต การประมาณมวลชีวภาพสวนป่า เป็นการหาน้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ และราก ต่อหน่วยพื้นที่

การประมาณมวลชีวภาพของสนคาริเปี้ยที่ชั้นอายุต่างๆ ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ขอนแก่น และอุบลราชธานี พบว่าอัตราการเพิ่มความเพิ่มพูนของมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นตามอายุ สนคาริเปี้ยที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ อายุ 6, 9, 18 และ 29 ปี มีอัตราการเพิ่มความเพิ่มพูนของมวลชีวภาพรวมเฉลี่ย 2.7, 4.6, 12.5 และ 14.3 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี และเมื่อเปรียบเทียบที่อายุ 29 ปี แต่ปลูกต่างพื้นที่พบว่า สนคาริเปี้ยที่ดงลาน ขอนแก่น มีความเพิ่มพูนของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมากที่สุด (22.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี) รองลงมาคือ อินทขิล จังหวัดเชียงใหม่ (14.8 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี) โขงเจียม อุบลราชธานี (13.8 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี) และห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ (9.4 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี) ตามลำดับ มวลชีวภาพของสวนป่าขึ้นอยู่กับ

ขนาดและความหนาแน่นของต้นไม้ ดังนั้น การเลือกพันธุ์และสิ่งแวดล้อมที่ดี ย่อมส่งผลให้ต้นไม้มีการเติบโตดีและอัตราการตายสูง อีกทั้งการจัดการสวนป่าจะสามารถเพิ่มพูนมวลชีวภาพสวนป่าได้มากยิ่งขึ้น

3. การกักเก็บคาร์บอนของไม้สน

การสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพป่าไม้ของสวนป่าสนคาริเปีย อายุ 6, 9, 18 และ 29 ปี ในจังหวัดเชียงใหม่ เฉลี่ย 0.19, 0.26, 0.80 และ 0.57 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี หรือคิดเป็น 1.9, 2.2, 6.8 และ 7.0 กิโลกรัมต่อตันต่อปี (อำไพ และคณะ, 2555; สมชาย และคณะ, 2555; อำไพ และคณะ, 2556; ศรีศักดิ์ และคณะ, 2556; อำไพ และคณะ, 2557) พบการสะสมคาร์บอนพบในมวลชีวภาพลำต้นมากที่สุด รองลงมาคือ ราก กิ่ง และใบ ตามลำดับ การกักเก็บคาร์บอนในสวนป่าขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ชนิดพรรณไม้ อัตราการเติบโต อายุพันธุ์ไม้ ปริมาณน้ำฝน ฤดูกาลและลักษณะพื้นที่ ฯลฯ การกักเก็บคาร์บอนจะมีประสิทธิภาพมากในระยะที่เป็นไม้หนุ่มและจะลดลงเมื่อสวนป่ามีอายุมากขึ้น (Ciesla, 1995)

การกักเก็บคาร์บอนของสนสามใบและพรรณไม้ที่ขึ้นทดแทนในสวนป่าสนสามใบของหน่วยจัดการต้นน้ำบ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ อายุ 14–34 ปี ผันแปรระหว่าง 6.2–18.7 ตันคาร์บอนต่อไร่ โดยมีการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพสนสามใบ 1.5–13.9 ตันคาร์บอนต่อไร่ และในพันธุ์ไม้ชนิดอื่นๆ 0.8–9.5 ตันคาร์บอนต่อไร่ การสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพของสนสามใบมีความผันแปรระหว่างชั้นอายุอย่างไรก็ตามมีแนวโน้มเพิ่มตามอายุของสวนป่า (Nongnuang, 2012)

การใช้ประโยชน์ไม้สนในประเทศไทย

ไม้สน เป็นไม้ที่มีลักษณะเส้นใยยาว ปริมาณเซลลูโลสสูง ใช้ทำกระดาษเหนียวได้ดี มีความต้านทานต่อแรงฉีกและการหักพังสูง ลักษณะเนื้อไม้ละเอียดสีขาวอมเหลือง เสี้ยนตรง การไสตกแต่งและขัดง่าย ไม้แห้งมีการหดตัวปานกลาง ใช้ทำเครื่องเรือนได้ดี ทำไม้ประสาน ใช้งานทั่วไปหรือใช้กลึงและแกะสลักได้ดี ทำไม้วงกบ ไม้วงกบประสาน หรือไม้กรอบและบานหน้าต่าง (สุธี และ ภิรมย์, 2531) เนื้อไม้สามารถใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่นอีกหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมการก่อสร้าง ไม้อัด ไม้บาง นอกจากนี้ ยางสนยังใช้ในอุตสาหกรรมสี น้ำมันชักเงา และใช้เป็นสารแต่งกลิ่นตลอดจนใช้เป็นส่วนผสมในน้ำหอม (สาริจน์, 2544)

สนคาริเปีย เมื่อนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งให้ค่าความร้อนสูงกว่ากระถินอลาโคคาร์ปา และกระถินเทพา (นฤมล และคณะ, 2556) และเมื่อนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ สามารถดูดซับสีและกลิ่นในน้ำทิ้งจากชุมชน โรงงาน และน้ำเสียเคราะห์ได้ดีกว่า กระถินเทพณรงค์ สนประติพัทธ์ และไผ่รวก (สิริลักษณ์ และคณะ, 2556) ดังนั้น ถ่านกัมมันต์ไม้สนจึงเหมาะที่จะนำมาแปรรูปเพิ่มมูลค่าเป็นสับ และถ่านดูดกลิ่นในตู้หรือรถยนต์ได้ดี

สนสามใบ สนคาริเปีย สนสองใบ และสนโอคาร์ปา ให้ค่าความร้อนของถ่าน 7,887, 7,810, 7,769 และ 7,748 แคลอรี/กรัม ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่าความร้อนของถ่านไม้โกงกาง (7,197 แคลอรี/กรัม) แต่ถ่านไม้สนมอดเร็วกว่าถ่านไม้โกงกาง ส่วนถ่านสนเทคุนมานี่ ให้ค่าความร้อน 6,516 แคลอรี/กรัม คุณภาพถ่านไม้สนที่ดีที่สุด คือ ให้ค่าความร้อนสูงและอัตราการเผาไหม้ช้า เรียงตามลำดับ คือ สนโอคาร์ปา สนสองใบ สนสามใบ สนคาริเปีย และสนเทคุนมานี่ (นฤมล และคณะ, 2559)

นักวิจัยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้คิดค้น ผ่าฝ้ายกันน้ำ เพิ่มมูลค่าผ้าพื้นเมือง ด้วยการชุบเคลือบสารละลายชันสนและสารส้ม ซึ่งมีราคาถูก และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม (มานิช และ วิมล, 2553)

ยางสน มีส่วนประกอบหลักอยู่ 2 ส่วน คือ เทอร์เพนไทน์ (turpentine) และโรซิน (rosin) ในแง่ของการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กจะเน้นไปที่ปริมาณเป็นหลัก แต่ในแง่ของการผลิตเชิงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เป็นโรงงานจะเน้นไปที่องค์ประกอบทางเคมีของยางสนที่เหมาะสม อิทธิพลของชนิดไม้สน (species) จะส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบปริมาณโรซิน แต่ปริมาณเทอร์เพนไทน์จะขึ้นอยู่กับถิ่นกำเนิด สิ่งแวดล้อม และชนิดไม้สน ในการเก็บยางสน ปริมาณยางสนที่ได้ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมและชนิดไม้สนเป็นหลัก ถูกร้อนจะให้ปริมาณยางสนมากที่สุด รองลงมา คือ ถูหนาว และ ถูฝน ตามลำดับ ในแถบประเทศเขตร้อนจะเก็บยางสนประมาณ 8-9 เดือนต่อปี ในขณะที่ประเทศเขตร้อนจะเก็บยางสนได้ทั้งปี อายุที่เหมาะสมในการเก็บยางสนไม่ควรต่ำกว่า 15-20 ปี หรือเมื่อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกไม้ต่ำกว่า 20-25 เซนติเมตร การเลือกชนิดไม้สนที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญในการกรีดยางสน สนคาริเปียให้ปริมาณยางสนมากที่สุด รองลงมา คือ สนสองใบ และสนสามใบ ขณะที่สนโอคาร์ปาให้ปริมาณยางสนน้อยที่สุด ส่วนในด้านคุณภาพยางสน สนสองใบ สนสามใบ และสนคาริเปีย ให้คุณภาพดีไม่ต่างกัน แต่สนโอคาร์ปาให้คุณภาพยางต่ำสุด (Coppen and Hone, 1995; Haneke, 2002)

ไม้สนพื้นเมืองและสนต่างถิ่นทั้ง 5 ชนิด จัดเป็นไม้ที่มีน้ำหนักเบาถึงปานกลาง ไม้สนต่างถิ่น เช่น สนคาริเปีย สนโอคาร์ปา และสนเทคุนมานี่ มีค่าความแข็งแรงและความยืดหยุ่นมากกว่าสนพื้นเมืองพวกสนสองใบ และสนสามใบ เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของสนพื้นเมือง พบว่าสนสามใบมีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นดีกว่าสนสองใบ และเมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของสนต่างถิ่นด้วยกันแล้ว พบว่าสนโอคาร์ปามีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นดีกว่าสนคาริเปียและสนเทคุนมานี่ สนต่างถิ่นมีคุณสมบัติที่โดดเด่นในแง่ของการรับแรงเป็นโครงสร้างต่างๆ เช่น คาน ตง และโครงถักต่างๆ เป็นต้น ไม้สนต่างถิ่นและสนสามใบเหมาะที่จะใช้ทำเสาอาคาร เสาเข็ม คร่าวฝา และไม้รองหมอนรถไฟ เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติเชิงกลรอง เช่น ความแข็ง ความเหนียว ความต้านทานแรงฉีก และความต้านทานแรงถอนตะปู ไม้สนที่โดดเด่นยังเป็นสนต่างถิ่นและสนสามใบที่มีความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์เป็นข้อต่อ ไม้พื้น และเครื่องเรือนต่างๆ (กอบศักดิ์ และคณะ, 2559)

เอกสารอ้างอิง

- กอบศักดิ์ วันธงไชย, สมพร แม่ลิ้ม, ไตรรัตน์ เนียมสุวรรณ, พิชิต ลำไย, ณัฐวัฒน์ คลังทรัพย์, สมชาย นองเนื่อง, อำไพ พรลีแสงสุวรรณ และกิตติศักดิ์ จินดาวงศ์. 2559. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการย่อยที่ 2: โครงการศึกษาชนิด/พันธุ์ไม้สนเพื่อปลูกเป็นสวนป่าและการอนุรักษ์ในพื้นที่โครงการหลวงวัดจันทร์. โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ: ศึกษาชนิดไม้และการใช้ประโยชน์เพื่อการปลูกป่าชาวบ้าน, แผนงานวิจัย: เพื่อฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). 133 น.
- จักรพันธ์ สกุลมีฤทธิ์ และ ขวัญชัย ดวงสถาพร. 2543. ผลของการตัดสางขยายระยะต่อการเจริญเติบโตของไม้สนสามใบสวนป่าดอยบ่อหลวง อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิชาการป่าไม้ 2(1): 32-40.
- ทัศนีย์ รัตวานิช, อรรถนพ อภิชาติบุตร, เพ็ญศรี นามประเสริฐ, วิชิต สนธิวนิช และ รัตนา หม่อมณี. 2529. เชื้อกระดากไม้สนคาริเปยและไม้สนโศดาปา. กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 21 หน้า.
- นฤมล ภานุภา ลักษมี สุทธิวิไลรัตน์ และ ทินกร พิริโยธนา. 2556. การใช้ประโยชน์ไม้โตเร็วเพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ, น. 26-49. ใน ผลงานวิชาการป่าไม้ การประชุมการป่าไม้ประจำปี พ.ศ. 2556 ผลผลิตและงานวิจัยป่าไม้ สู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน. ณ ห้องประชุม 1 อาคารเทียมคมกฤส กรมป่าไม้ ระหว่างวันที่ 5-9 สิงหาคม 2556.
- ประดิษฐ์ หอมจัน. 2540. การปลูกสร้างสวนป่าไม้สนในประเทศไทย. ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 161 น.
- ประดิษฐ์ หอมจัน, วินัย ศิริกุล, ประสิทธิ์ สะอาดอาวุธ, สมเกียรติ กลั่นกลิ่น, อำไพ พรลีแสงสุวรรณ, สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล, สมชาย นองเนื่อง และ คณิต รัตนวัฒน์กุล. 2545. ไม้สน. ศูนย์วนวัฒนวิจัยที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่, ส่วนวนวัฒนวิจัย, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 207 น.
- พงษ์ศักดิ์ นัตรเดชะ, อำไพ พรลีแสงสุวรรณ, สมชาย นองเนื่อง และ จุฑารัตน์ แสงเสถียร. 2555. การเจริญเติบโตและสมบัติดินในสวนป่าสนคาริเปย. เอกสารประกอบการประชุมการป่าไม้ ณ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ ระหว่างวันที่ 12-17 กันยายน 2555. 10 น.
- พงษ์ศักดิ์ สหนาฟู. 2538. ผลผลิตและการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 557 น.
- มานิช นาคสาทา และ วิมล นาคสาทา. 2553. ผ่าฝ้ายกันน้ำ. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.prcmu.cmu.ac.th/perin_detail.php?perin_id=600 (1 กันยายน 2559).

เริงชัย เผ่าสัจจ. 2527. การทดลองชนิดพันธุ์และถิ่นกำเนิดไม้สนเพื่อทำเยื่อกระดาษ, น. 432-459.

ใน การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2527 เล่ม 3 กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.

วิโรจน์ ครองกิจศิริ สมชาย นองเนื่อง และ อำไพ พรสีแสงสุวรรณ. 2557. การประมาณปริมาตรไม้และมูลค่าสวนป่าไม้สนคาริเปียอายุ 29 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยดงลาน จังหวัดขอนแก่น. กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 13 น.

สมชาย นองเนื่อง, อำไพ พรสีแสงสุวรรณ, พงษ์ศักดิ์ นัตรเตชะ และ จุฑารัตน์ แสงเสถียร. 2555. การประมาณปริมาตรไม้และมวลชีวภาพสวนป่าสนคาริเปีย. กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 10 น.

สมชาย นองเนื่อง, อำไพ พรสีแสงสุวรรณ, พงษ์ศักดิ์ นัตรเตชะ และ วรพจน์ คำใบ. 2557. การประมาณปริมาตรไม้และมูลค่าสวนป่าไม้สนคาริเปียอายุ 29 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยอินทิล จังหวัดเชียงใหม่. กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 13 น.

สมบูรณ์ กิริติประยูร และ สมหมาย นามสวาท. 2537. เทคนิคบางอย่างในการประมาณผลผลิตของสวนป่า II. การประมาณมวลชีวภาพของส่วนของลำต้นที่มีขนาดจำกัด, น. 124-137. ใน รายงานการประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2537: การปลูกป่าเพื่อพัฒนาสิ่งแวดล้อม. ระหว่างวันที่ 21-25 พฤศจิกายน 2537 ณ โรงแรมวังใต้ อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี.

สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล, สมชาย นองเนื่อง และอำไพ พรสีแสงสุวรรณ. 2544. การทดสอบสายพันธุ์ไม้สนคาริเปีย อายุ 7 ปี. ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. 19 น.

สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล, อำไพ พรสีแสงสุวรรณ และ คณิต รัตนวัฒน์กุล. 2540. การทดสอบถิ่นกำเนิดไม้สนคาริเปียปี 2515. ศูนย์วนวัฒนวิจัยที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. 14 น.

สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล. 2544. สนคาริเปีย. ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 93 น.

สำนักแผนงานและสารสนเทศ. 2558. ข้อมูลสถิติการป่าไม้ ปี 2558. กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ. 158 น.

สิริลักษณ์ ตาตะยานนท์ ทินกร พิริโยธา ลูติกรณ บัญแยม และ ชนะภัย ไอสถ. 2556. การใช้ประโยชน์ไม้โตเร็วเพื่อผลิตถ่านกัมมันต์, น. 50-61. ใน ผลงานวิชาการป่าไม้ การประชุมการป่าไม้ประจำปี พ.ศ. 2556 ผลผลิตและงานวิจัยป่าไม้ สู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน. ณ ห้องประชุม 1 อาคารเทียมคมกฤต กรมป่าไม้ ระหว่างวันที่ 5-9 สิงหาคม 2556.

สุธี วิสุทธิเทพกุล และ ภิรมย์ ห่อตระกูล. 2531. คุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ไม้โตเร็ว (3). เอกสารการประชุมการป่าไม้ ประจำปี 2531 สาขาวนผลิตภัณฑ์ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 13 น.

- อนันต์ ประทุมชาติ, สมชาย นองเนื่อง และ อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์. 2557. การประมาณปริมาตรไม้และมูลค่าสวนป่าไม้สนคาร์ปิเยอายุ 29 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี. กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 12 น.
- อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์, สมชาย นองเนื่อง, พงษ์ศักดิ์ ฉัตรเตชะ และ วรพจน์ คำใบ. 2557. การประมาณปริมาตรไม้และมวลชีวภาพสนคาร์ปิเย. กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 16 น.
- อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์, สมชาย นองเนื่อง, พงษ์ศักดิ์ ฉัตรเตชะ และ สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล. 2556. การประมาณมวลชีวภาพและการเก็บกักคาร์บอนในสวนป่าไม้สนคาร์ปิเยอายุ 18 ปี. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิชาการเครือข่ายงานวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย ครั้งที่ 2 ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง วันที่ 24-26 มกราคม พ.ศ. 2556. 8 น.
- อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์, สมชาย นองเนื่อง, สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล, พงษ์ศักดิ์ ฉัตรเตชะ, คณิต รัตนวัฒน์กุล และ จุฑารัตน์ แสงเสถียร. 2555. การประมาณปริมาตรไม้และมูลค่าสวนป่าไม้สนคาร์ปิเยอายุ 6 ปี. เอกสารประกอบการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 9 ระหว่างวันที่ 21-22 มิถุนายน 2555 ณ ห้องประชุมชั้น 7 อาคารวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 14 น.
- อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์, สัญญา สิริบุญยะพร, ศรัศกดิ์ พุ่มพวง, สมชาย นองเนื่อง และ วรพจน์ คำใบ. 2556. การประมาณปริมาตรไม้และมูลค่าสวนป่าไม้สนคาร์ปิเยอายุ 9 ปี. กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 18 น.
- อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์, สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล, สมชาย นองเนื่อง, คณิต รัตนวัฒน์กุล, พงษ์ศักดิ์ ฉัตรเตชะ และ วาสนา ท่อทอง. 2551. การปรับปรุงพันธุ์ไม้สนในประเทศไทย. ศูนย์วนวัฒนวิจัยภาคเหนือ กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 57 น.
- อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์. 2555. แผนการปรับปรุงพันธุ์ไม้สน. กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 59 น.
- Armitage, F.B. and J. Burley. 1980. *Pinus kesiya* Royle ex Gordon. Compiled by F.B. Armitage and J. Burley, with contributions from F.G. Browne, I.A.S. Gibson, P. Guldager, B.T. Styles, J.W. Turnbull, P.J. Wood and J.G. Worrall. Tropical Forestry Papers No. 9, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford. 199 p.
- Ciesla, W. 1995. Climate change, forests and forest management. FAO Forest Paper. Food and Agriculture Organization.
- Coppen, J.J.W. and G.A. Hone. 1995. Gum naval stores: turpentine and rosin from pine resin. Natural Resources Institute. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Coppen, J.J.W. and G.A. Hone. 1995. Gum naval stores: turpentine and rosin from pine resin. Natural Resources Institute. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Granhof, J.J. 1983. "Growth and variation in *Pinus caribaea* (Morelet) at high and low elevation and latitude in Thailand", p: 2E1–2E52. *In: Thai–Danish Cooperation on Eucalyptus and Pine Improvement 1969–1980*. Vol. II. Forest Research Paper. Silvicultural Research Sub–Division, Royal Forest Department, Bangkok; and Danish International Development Agency (DANIDA), Copenhagen.
- Granhof, J.J. and P. Homjeen. 1983. Growth of 5 coniferous species at high elevation in northern Thailand, p: 1A1–1A44. *In: Thai–Danish cooperation on Eucalyptus and Pine Improvement 1969–1980*. Vol II: Research papers. Silvicultural Research Sub–division, Royal Forest Department, Bangkok and Danish International Development Agency, Copenhagen.
- Nongnuang, S., S. Khamyong, N. Anongrak and K. Sri-ngernyuang. 2012. Carbon Sinks and Nutrient Accumulation in Ecosystems of Series of *Pinus kesiya* Plantations and Fragmented Forests in Boakaew Highland Watershed, Chiang Mai Province. Ph.D. Thesis. Chiang Mai University. 267 p.
- Robbins, A.M.J. 1983. *Pinus caribaea* Morelet. Seed Leaflet No. 2. June 1983. DANIDAForestSeedCenter, Humlebaek, Denmark. 21 p.