

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

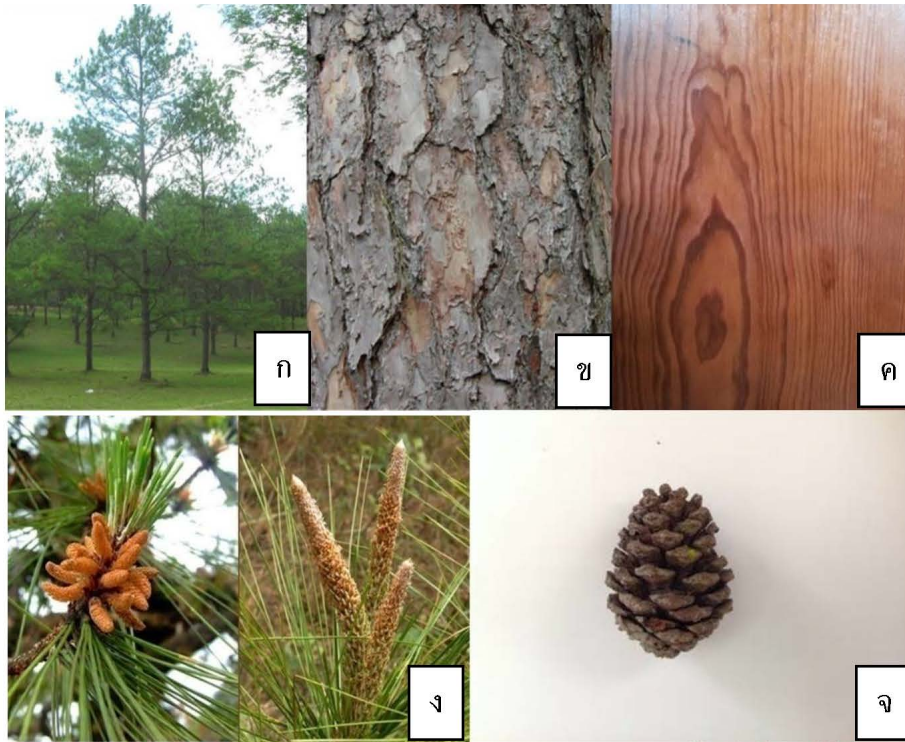
2.1 ลักษณะทั่วไปของไม้สน

ไม้สนชนิดต่างๆ ที่สามารถปลูก และเติบโตได้ดีในประเทศไทยจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.1.1 ไม้สนพื้นเมือง (indigenous pines) เป็นไม้สนที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศไทย พบอยู่ 2 ชนิด คือ

2.1.1.1 สนสามใบ (*Pinus kesiya* Royal ex Gordon)

เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ มีความสูงประมาณ 35-45 เมตร ลำต้นเปลาตรง มีเรือนยอดเป็นพุ่มกลม ขณะมีอายุน้อยเรือนยอดจะเป็นรูปปิรามิด เมื่อโตเต็มที่มีเรือนเป็นรูปร่ม (สุวิทย์, 2516) เปลือกหนาสีชมพู หรือสีน้ำตาลแดง และจะแตกหลุดออกเป็นเกล็ด หรือแผ่นเมื่อต้นไม้มีอายุเต็มวัยแล้ว ใบเป็นใบเดี่ยว เล็กเรียวยาวเป็นรูปเข็ม รวมกันเป็นกระจุกๆ ละ 3 ใบ มีความยาวประมาณ 12-25 เซนติเมตร หนาประมาณ 0.5-1.0 มิลลิเมตร มีสีเขียวอ่อน มีท่อน้ำมัน 3-5 ท่อต่อผิวใบ โคนของกระจุกใบหรือกลุ่มใบจะมีเยื่อหุ้มสีน้ำตาลอมเทา ยาวประมาณ 0.5-1.5 เซนติเมตร ดอกตัวผู้ (male strobili) เป็นรูปทรงกระบอก ยาวประมาณ 2-3 เซนติเมตร ออกเป็นกลุ่มรวมกัน แต่ละดอกกว้างประมาณ 0.5 เซนติเมตร ระยะแรกๆ จะมีสีเหลืองซีดๆ หรือน้ำตาลอ่อน เมื่อแก่จัดจะมีสีออกสีม่วง เกสรตัวผู้จะมีอยู่ระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคม ดอกตัวเมีย (cone let) จะมีสีม่วงอมเขียว เป็นเกล็ดเล็กๆ เรียงสลับวนกันแต่ละเกล็ด ทางด้านล่างของเกล็ดมีกาบรองรับอยู่ ดอกตัวเมียจะออกช่วงเดือนธันวาคมถึงต้นเดือนกุมภาพันธ์ ช่วงผสมเกสรจะมีอยู่ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ เป็นเวลา 7 วัน ในแต่ละต้น โดยเกล็ดเล็กๆ ตามดอกตัวเมียจะเปิดอ้ารองรับละอองเกสรตัวผู้ แล้วพัฒนาเป็นผลหรือโคน (cone) ซึ่งขนาดโตเต็มที่ยาวประมาณ 5-8 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 3-4 เซนติเมตร มีสีเขียว และเมื่อระยะประมาณ 23 เดือน ลูกสนจะแก่จัด มีสีน้ำตาล เกล็ดจะอ้าออกเปิดโอกาสให้เมล็ดโตเกล็ด 1-2 เมล็ด ขนาด 0.3-0.5 เซนติเมตร หลุดร่วงออกมา โดยเมล็ดจะมีรูปร่างรีๆ มีครีบบางเป็นปีกอยู่ที่ปลายยาวประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร ช่วยในการปลิวกระจายไปตามลมเป็นการกระจายพันธุ์ ลูกสนแก่จัดในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม เนื้อไม้สนสามใบมีสีเหลืองถึงน้ำตาลอ่อน เส้นตรง เนื้อละเอียด (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ลักษณะของต้นสนสามใบ ก) ลำต้น ข) เปลือก ค) เนื้อไม้ ง) ดอก และ จ) ผล

2.1.1.2 สนสองใบ (*Pinus merkusii* Jungh. et de Vriese)

สนสองใบเป็นไม้ขนาดใหญ่ ลำต้นตรงเมื่อเทียบกับไม้ใบกว้างที่อยู่ด้วยกันเป็นกลุ่มเมื่อโตเต็มที่มีความสูง 30 เมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60-80 เซนติเมตร ในต้นที่โตมากๆ อาจมีความสูงถึง 45 เมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 140 เซนติเมตร ไม้หนุ่มจะมีเรือนยอดแหลม เมื่อโตขึ้นเรือนยอดจะแผ่กว้าง และแบน สามารถแบ่งสนสองใบออกเป็น 2 สายพันธุ์กว้างๆ คือ สายพันธุ์ Insular ซึ่งพบตามเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย และสายพันธุ์ Continental ซึ่งพบบนแผ่นดินใหญ่ในทวีปเอเชีย โดยสน 2 สายพันธุ์ นี้มีลักษณะที่แตกต่างกันเด่นชัด ดังนี้

1) สายพันธุ์ Insular การเติบโตเป็นไปตามปกติ โดยไม่มีการชะงักงัน ในระยะแรกการเติบโตค่อนข้างสม่ำเสมอ ส่วนใหญ่ลักษณะรูปทรงลำต้นคดงอ กิ่งมีขนาดเล็ก มีผลเป็นกลุ่มที่มีขนาดเล็ก มีความยาวประมาณ 5-6 เซนติเมตร และกว้างประมาณ 2-3 เซนติเมตร

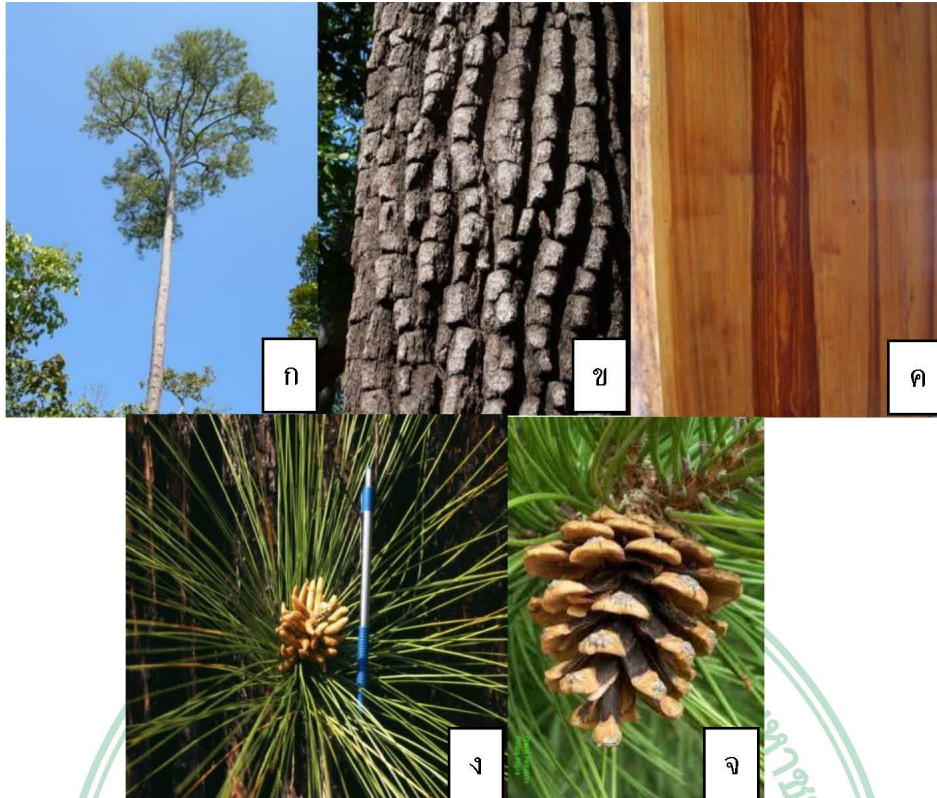
2) สายพันธุ์ Continental ในระยะกล้าไม้จะมีการเติบโตค่อนข้างช้า และมีการชะงักงันโดยกล้าไม้จะมีการพักการเติบโตทางความสูงระยะหนึ่ง แต่การเติบโตทางลำต้นจะอวบมาก ใบจะเจริญยืดยาวแผ่กระจายปกคลุมลำต้นจนมีลักษณะเป็นพุ่ม เรียกว่า สภาพหญ้า (grass stage) ส่วนรากจะเติบโตอวบอ้วน มีลักษณะเป็นเหง้า สภาพเช่นนี้จะคงอยู่ประมาณ 1-7 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหลากหลายของแหล่งกำเนิด สายพันธุ์ เมื่อพ้นระยะสภาพหญ้าแล้วในช่วง 2-3 ปีแรก กล้าไม้จะเติบโตค่อนข้างช้าอีกระยะหนึ่ง เมื่อตั้งตัวได้แล้วจะเติบโตอย่างรวดเร็ว มีลำต้นเปลาตรง สูงเฉลี่ยปีละ 1-2 เมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละ 0.7-1.0 เซนติเมตร (Cooling, 1968) จนบางต้นเกิด “foxtail” ขึ้นมา ซึ่งก็คือ

การมีเรื้อนยอดพุ่งสูงขึ้นไป โดยไม่แตกกิ่งก้านเป็นระยะหลายๆ เมตร แล้วอาจแตกกิ่งรอบๆ ลำต้นแบบ basket whorl ซึ่งอาจรับน้ำหนักมากจนลำต้นหักงอ หรือพับกลับลงมาได้ (flop) อันเป็นข้อเสียอย่างหนึ่งของ สนสองใบ (สมยศ, 2530)

สนสองใบเปลือกหนามาก และเป็นร่องลึกตามความยาวของลำต้น และมีรอยตัดขวางบ้างเป็นระยะๆ ต้นที่โตเต็มวัยความหนาของเปลือก 4-6 เซนติเมตร สีน้ำตาลดำ หรือเทาดำ สนสองใบสายพันธุ์ Continental จะมีเปลือกหนา และร่องลึกใหญ่กว่าสายพันธุ์ Insular การมีเปลือกหนา เช่นนี้ทำให้ค่อนข้างมีความทนทานต่อไฟป่า โดยทั่วไปสนสองใบจะมีปริมาณเปลือกประมาณร้อยละ 15-20 ของลำต้น ส่วนใบจะอยู่รวมกันเป็นกระจุกๆ ละ 2 ใบ แต่ละกระจุกอยู่รวมชิดติดกันตามปลายกิ่ง ทำให้ดูเป็นข้อแฉกคล้ายหางม้า รูปทรงด้านขวางของใบเป็นแบบ sector มีรูปลักษณะคล้ายครึ่งวงกลม ดอกจะออกตามปลายกิ่งตอนบนของลำต้น ดอกตัวผู้มีลักษณะรูปทรงคล้ายหมอนยาวนวลๆ ออกเรียงซ้อนกันรอบๆ กิ่ง และมีการเติบโตพร้อมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงของสีดอก โดยเริ่มจากสีเขียวนวล เหลืองอมเขียว เหลืองม่วง และเมื่อแก่จัดเกสรตัวผู้จะปลิวกระจายออกมา แล้วกลายเป็นสีน้ำตาล มีลักษณะแห้ง และร่วงหลุดจากกิ่ง ดอกตัวผู้ของสายพันธุ์ Insular อาจจะพบเห็นได้ตลอดปี ส่วนดอกตัวผู้ของสายพันธุ์ Continental จะเริ่มบานประมาณเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม ดอกตัวเมียมีลักษณะคล้ายรูปหลอดไฟ หรือคล้ายไมโครโฟนแทงยาวติดอยู่ปลายกิ่ง ส่วนที่เป็นดอกมีรูปร่างโค้งงอ และมีเกสรสีเหลืองอมเขียวโดยรอบ เมื่อถึงระยะที่จะรองรับละอองเกสรตัวผู้ เกสรตัวผู้จะเปิดดอก และมีน้ำเลี้ยงซึมอยู่รอบๆ เมื่อดอกตัวเมียได้รับการผสมจากละอองเกสรตัวผู้ จะพัฒนาเปลี่ยนเป็นสีม่วง ใน 4 เดือนแรกหลังการผสมเกสร ผลยาว 0.7-2.0 เซนติเมตร แล้วจะเติบโตอย่างรวดเร็วประมาณเดือนละ 2 เซนติเมตร ในช่วง 4 เดือนต่อมาจนกระทั่งปลายเดือนพฤศจิกายน ผลก็จะโตเต็มที่ (10-11 เซนติเมตร) และช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคม ผลของสนสองใบจะเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลพร้อมที่จะเก็บได้ประมาณเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน ซึ่งใช้เวลาเริ่มผสมพันธุ์จนผลแก่ 12 เดือนครึ่งถึง 13 เดือน

ผลของสนสองใบมีลักษณะคล้ายรูปกรวยยาวมีเกล็ด (scale) หุ้มอยู่โดยรอบ ผลของสนสองใบสายพันธุ์ Continental มีขนาดยาวประมาณ 7-13 เซนติเมตร และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-5 เซนติเมตร ติดอยู่กับกิ่ง อาจเป็นผลเดี่ยว หรือเป็นกลุ่ม 2-3 ผล ติดอยู่ในแนวตั้งฉากกับกิ่ง แต่ละผลจะมีความยาวเฉลี่ย 10-12 เซนติเมตร ขนาดความกว้าง 5-6 เซนติเมตร ส่วนผลของสายพันธุ์ Insular มีขนาดเล็กรูปร่างค่อนข้างกลม ติดกระจายตามกิ่งทั่วไป อาจพบเห็นได้ตลอดปี ผลของสนสองใบเมื่อแก่จัดมีสีเขียวปนน้ำตาล และเมื่อสภาวะภูมิอากาศพอเหมาะเกล็ดจะเปิดออกให้เมล็ด ซึ่งมีปีกติดอยู่หลุดปลิวออกมา เกล็ดของผลเมื่อแก่จัดจะแข็ง ผลของสนสองใบภายในต้นจะแก่ไม่พร้อมกัน แม้กระทั่งในข้อเดียวกัน ก็อาจแก่ไม่พร้อมกันได้ การติดผลมักจะสลัดปีเว้นปี และหลังจากเมล็ดหลุดร่วงไป ส่วนใหญ่ผลจะหลุดร่วงลงจากลำต้น

เมล็ดของสนสองใบมีลักษณะเป็นรูปวงกลมรียาวประมาณ 7.5 มิลลิเมตร ถ้าผ่าครึ่งมีขนาดกว้างประมาณ 4 มิลลิเมตร ความหนา 2 มิลลิเมตร เมล็ดเมื่อหลุดออกจากผลแล้วจะมีปีก 2 ปีก เป็นแผ่นบางมีความยาวไม่เท่ากัน คือ ประมาณ 2-3 มิลลิเมตร กว้าง 8 มิลลิเมตร ติดอยู่ด้วยจึงสามารถปลิวออกไปตามลมได้เป็นระยะไกลๆ (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ลักษณะของต้นสนสองใบ ก) ลำต้น ข) เปลือก ค) เนื้อไม้ ง) ดอก และ จ) ผล

แต่อย่างไรก็ตาม The Gymnosperm Database (2018) ได้รายงานว่ สนสองใบที่พบบนแผ่นดินพื้นทวีปเอเชียและในประเทศไทยคือ สนตะนาวศรี (*Pinus latteri* Mason) ชื่อสามัญ Tenasserim Pine โดยมีพื้นที่การกระจายพันธุ์อยู่ในแถบประเทศจีน (กวางตุ้ง), เมียนมาร์, ไทย ลาว, เวียดนาม และกัมพูชา ส่วนสนสองใบที่พบบนหมู่เกาะชวา และฟิลิปปินส์ เป็นชนิด *P. merkusii* Jungh. & De Vries ซึ่งสนสองใบทั้งสองชนิดนี้มีความใกล้เคียงกันทางสายวิวัฒนาการมาก โดยที่สนตะนาวศรีได้แยกตัวออกจากสนสองใบ เป็นชนิดใหม่ไม่เกิน 5 ล้านปีที่ผ่านมา (อนุยุคไฟลโอซีน) (Gallien *et al.*, 2016; Badik *et al.*, 2018)

2.1.2 ไม้สนต่างถิ่น (exotic pines)

2.1.2.1 สนคาริเบีย (*Pinus caribaea* Morelet)

สนคาริเบียเป็นไม้ขนาดใหญ่มีขนาดสูงสุดถึง 45 เมตร และเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.35 เมตร ลำต้นเปลาตรง และมีกิ่งเล็ก มีการลิดกิ่งด้วยตัวเองดีมาก ใบเรียวยาวเล็กคล้ายเข็มอยู่เป็นกระจุก กระจุกหนึ่งจะมี 3-6 ใบ แต่ละใบมีความยาว 15-25 เซนติเมตร และกว้างประมาณ 1.5 มิลลิเมตร มีสีเขียวอมเหลืองถึงเขียวเข้ม กระจุกใบจะไปรวมกันอยู่ที่ปลายกิ่งทำให้ดูเหมือนพุ่ม ใบจะมีผิวมันมีปากใบสีเขียวอ่อนเรียงตัวเป็นแนวเส้นอยู่รอบๆ ใบ กาบหุ้มใบจะมีความยาวประมาณ 10-12 มิลลิเมตร มีสีน้ำตาลอ่อนแล้วค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีเข้ม มีความเหนียวคงทน ไม้สนคาริเบียจะมีการแตกกิ่งจากตายอดประมาณ 2-6 ครั้งต่อปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม ดอกเป็นดอกแบบดอกแยกเพศ ซึ่งอยู่ในต้นเดียวกัน โดยดอกตัวผู้จะอยู่เป็นกลุ่ม

สั้นๆ เกือบปลายกิ่ง และมักเป็นกิ่งที่อยู่ทางตอนล่างของทรงพุ่ม ส่วนดอกตัวเมียจะอยู่ปลายกิ่ง และมักเป็นกิ่งที่อยู่ทางตอนบนของทรงพุ่ม

แต่บางครั้งอาจพบดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียอยู่บนกิ่งเดียวกัน ดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียของสนคาริเบีย มักปรากฏในปลายเดือนตุลาคมถึงต้นเดือนพฤศจิกายน โดยประมาณปลายเดือนพฤศจิกายน ดอกตัวผู้ของสนคาริเบียจะเริ่มปล่อยละอองเกสร และจะปล่อยละอองเกสรไปจนถึงประมาณเดือนมกราคม ส่วนดอกตัวเมียจะค่อยๆ พัฒนาขึ้นตามลำดับ ต่อจากนั้นประมาณ 3 สัปดาห์ เกสรตัวผู้จะออกรับละอองเกสรตัวผู้จนกลางเดือนธันวาคมซึ่งถือเป็นช่วงที่พ้นระยะการผสมเกสร หลังจากที่ได้ดอกได้รับการผสมเกสรจะพัฒนาไปจนเป็นผล โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 20-22 เดือน และผลจะแก่จัดประมาณเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน ผลแก่จะมีลักษณะเป็นรูปโคน ขนาดยาว 10-12 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.5-3.5 เซนติเมตร (ภาพที่ 3)

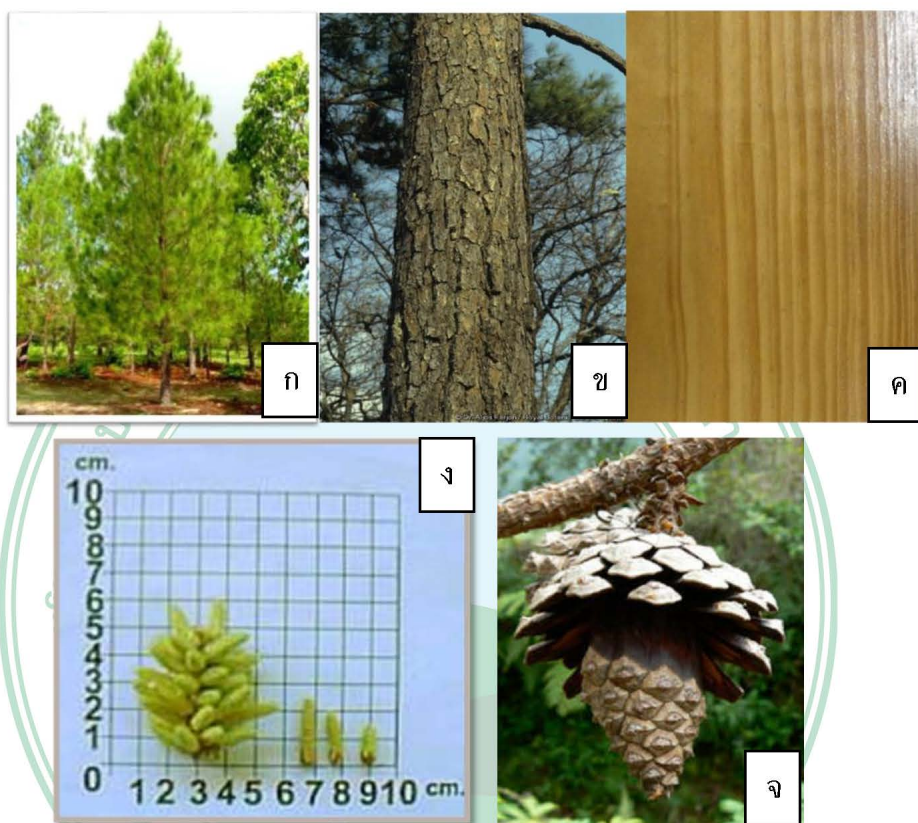


ภาพที่ 3 ลักษณะของต้นสนคาริเบีย ก) ลำต้น ข) เปลือก ค) เนื้อไม้ ง) ดอก และ จ) ผล

2.1.2.2 สนโอคาร์ปา (*Pinus oocarpa* Schiede)

สนโอคาร์ปาเป็นไม้ขนาดกลางมีความสูงประมาณ 18 เมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 50 เซนติเมตร ลำต้นมีลักษณะเปลาตรง เรือนยอดหนาแน่น มีกิ่งก้านจำนวนมากขณะอายุน้อยกิ่งก้านจะพุ่งขึ้นด้านบน แต่เมื่ออายุมากขึ้นกิ่งก้านเหล่านี้จะขนานกับพื้นราบ เปลือกส่วนบนของลำต้นบาง มีสีแดงแตกเป็นสะเก็ด ส่วนเปลือกล่างของลำต้นจะหนากว่า และขรุขระ มีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อไม้จะมีสีขาวถึงสีเหลืองอ่อน และเบา ความหนาแน่นของเนื้อไม้ประมาณ 0.44 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ใบส่วนมากจะพบเป็นกระจุกที่ปลายของกิ่งย่อยกระจุกละ 5 ใบ อาจจะมี 3 หรือ 4 ใบ ความยาวของใบ

อยู่ระหว่าง 12-28 เซนติเมตร ความกว้างของใบอาจถึง 1.5 มิลลิเมตร ใบมีลักษณะแข็ง หยาบ ใบอ่อนมีสีน้ำตาล ใบแก่จะมีสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ ผลเป็นรูปไข่ หรือเหมือนกรวย ติดอยู่บนก้านมี 1-2 ผล และบางครั้งอาจจะมีถึง 3 ผล ผลจะมีเปลือกหนา และมีลักษณะคล้ายหนามแหลมตลอดลูก เมล็ดมีขนาดเล็กยาวประมาณ 6 มิลลิเมตร มีสีดำเป็นจุดๆ และเมล็ดจะมีปีกยาวประมาณ 15-18 มิลลิเมตร ติดอยู่ด้วย (กมล, 2527) (ภาพที่ 4)

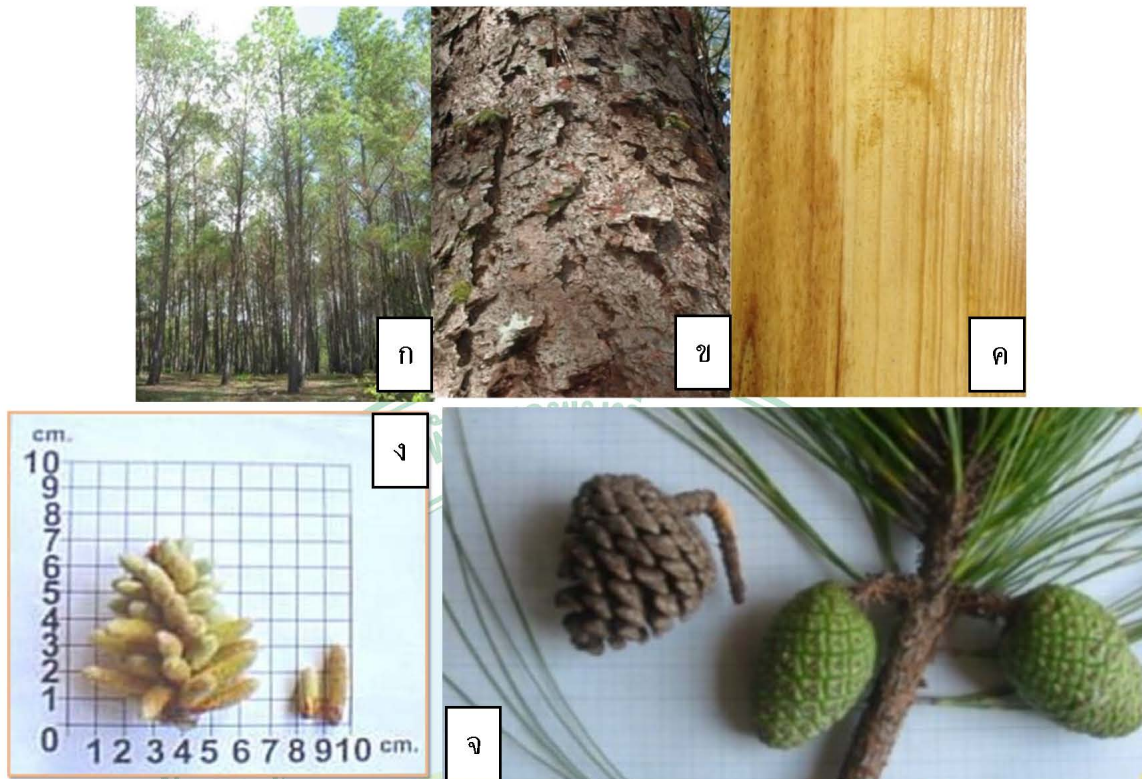


ภาพที่ 4 ลักษณะของต้นสนโอคาร์ปา ก) ลำต้น ข) เปลือก ค) เนื้อไม้ ง) ดอก และ จ) ผล

2.1.2.3 สนเทकुมานี่ (*Pinus patula* ssp. *tecunumanii* (Schwerdtfeger) Mittak and Styles)

สนเทकुมานี่เป็นไม้ขนาดกลาง เช่นเดียวกับไม้สนโอคาร์ปา ตามธรรมชาติขึ้นปะปนกับไม้สนโอคาร์ปา และสนแมกซิมีนอยด์ ในดินที่ค่อนข้างลึก ที่ระดับความสูง 1,000-2,000 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ปริมาณน้ำฝน โดยเฉลี่ย 1,200-1,800 มิลลิเมตรต่อปี มีความแห้งแล้ง 3-4.5 เดือนต่อปี เดิมไม้ชนิดนี้จัดเป็นชนิดเดียวกับสนโอคาร์ปา จนกระทั่งปี ค.ศ. 1981 มีผู้นำเอาลักษณะบางอย่างที่แตกต่างกันแยกสนเทकुมานี่ออกมาจากสนโอคาร์ปา โดยใช้ข้อแตกต่างหลายอย่าง คือ สนโอคาร์ปา หลังจากตัดฟันแล้วตอที่เหลืออยู่สามารถแตกหน่อได้หากได้รับความชื้นเพียงพอ แต่สนเทकुมานี่ จะไม่สามารถแตกหน่อได้ โคนของสนโอคาร์ปาจะมีซี่ยาวประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร เห็นชัดเจน แต่โคนของสนเทकुมานี่จะติดกับกิ่ง หรือลำต้น โดยมีซี่สั้นมาก ใบของสนเทकुมานี่จะมีขนาดเล็ก

เป็นฝอยๆ และยาวกว่าใบสนโอคาร์ปา (ประดิษฐ์, 2540) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบการเติบโตระหว่างสนทั้งสองชนิดนี้ พบว่า สนเทคนูมานี้มีการเติบโตที่ดีกว่าสนคาร์ปา (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ลักษณะของต้นสนเทคนูมานี้ ก) ลำต้น ข) เปลือก ค) เนื้อไม้ ง) ดอก และ จ) ผล

2.2 การเติบโตและผลผลิตของไม้สน

2.2.1 สนสามใบ

จากการทดสอบถิ่นกำเนิดของไม้สนสามใบที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยบงจังหวัดเชียงใหม่ และแปลงทดลองที่ห้วยมุด จังหวัดสุราษฎร์ธานี เมื่อ พ.ศ. 2514 โดยการนำไม้สนจาก 18 ถิ่นกำเนิดในประเทศต่างๆ คือ ไทย ฟิลิปปินส์ แคมเปียว และมาลาวี พบว่า สนสามใบอายุ 25 ปี ที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยบงนั้นถิ่นกำเนิดจากประเทศไทย 3 ถิ่นกำเนิด มีการเติบโตที่ดีที่สุด คือ ถิ่นกำเนิดดอยอินทนนท์ ถิ่นกำเนิดดอยสุเทพ และถิ่นกำเนิดแมริต จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีการเติบโตทางความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 21.71, 21.09 และ 20.38 เมตร ตามลำดับ ในขณะที่การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย เท่ากับ 21.49, 21.26 และ 20.78 เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีการทดสอบถิ่นกำเนิดไม้สนสามใบที่อำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร โดยการนำไม้สนจำนวน 11 ถิ่นกำเนิด มาจากไทย 8 ถิ่นกำเนิด และจากฟิลิปปินส์ 3 ถิ่นกำเนิด โดยมีไม้สนเทคนูมานี้ถิ่นกำเนิด Yucal ประเทศนิการากัวเป็นตัวเปรียบเทียบ พบว่า ไม้สนเทคนูมานี้มีการเติบโตดีกว่าสนสามใบ (กรมป่าไม้, 2545)

การศึกษาผลผลิตขั้นปฐมภูมิของสวนป่าไม้สนสามใบที่สวนป่าบ่อหลวง อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ผลผลิตจะมากที่สุดในสวนป่าอายุ 12 ปี (11.04 ตันต่อไร่ต่อปี) แต่อัตราการเพิ่มพูนทางด้านปริมาตรของลำต้น ซึ่งถือว่าเป็นผลผลิตเพื่อผลทางด้านเศรษฐกิจนั้นสวนป่าอายุ 10 ปี ซึ่งปลูกด้วยระยะปลูก

2x4 เมตร จะให้อัตราการเพิ่มพูนทางด้านปริมาตรของลำต้นมากที่สุด (4.39 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี) ซึ่งความเพิ่มพูนทางด้านปริมาตรนี้จะขึ้นอยู่กับอายุ และความหนาแน่นของหมู่ไม้ ในขณะที่การสำรวจสวนป่าอายุ 10 ปี ทางภาคเหนือ โดยสุ่มตัวอย่าง 25 ต้น พบว่า อัตราการเติบโตด้านความสูงเฉลี่ย 9.30 เมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 14.2 เซนติเมตร หรือสูงประมาณปีละ 0.93 เมตร และมีความเพิ่มพูนด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยปีละ 1.42 เมตร

2.2.2 สนสองใบ

ไม้สนสองใบเป็นไม้ที่มีการเติบโตช้าในช่วงแรก โดยเฉพาะในระยะที่เป็นระยะหย้าแต่เมื่อผ่านระยะนี้ไปแล้วอัตราการเติบโตจะดีขึ้น เรียงชัย (2527) กล่าวว่า อัตราการเพิ่มพูนทางปริมาตรของไม้สนสองใบในระยะ 10 ปีแรก เฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำประมาณ 0.32-0.8 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปีแต่มีแนวโน้มการเติบโตที่ดีขึ้นเรื่อยๆ และ Cooling (1968) ได้ระบุว่า อัตราการเติบโตของไม้สนสองใบจะกลับลดลงเมื่อมีอายุมากขึ้น เช่น ไม้สนสองใบในระยะ 25 ปีแรก จะมีอัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยปีละ 0.63-0.68 เซนติเมตร และเมื่อมีอายุ 80-100 ปี การเติบโตจะลดลงเหลือเพียงปีละ 0.20 เซนติเมตร ส่วนในประเทศไทยนั้น พบว่า ไม้สนสองใบมีอัตราการเพิ่มพูนทางปริมาตรเฉลี่ยอยู่ที่ 5-6 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ต่อปี หรือประมาณ 0.8-0.9 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี

2.2.3 สนคาริเบีย

จากการทดสอบถิ่นกำเนิดของไม้สนคาริเบียในปี พ.ศ.2515 จำนวน 22 ถิ่นกำเนิด ใน 4 พื้นที่ของประเทศไทย คือ สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ ห้วยยะอู จังหวัดตาก สถานีทดลองปลูกพรรณไม้หนองคู จังหวัดสุรินทร์ และแปลงทดสอบท่าชะ จังหวัดชุมพร พบว่า ไม้สนคาริเบีย อายุ 1 ปี และ อายุ 4 ปี ที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ มีการเติบโตทางด้านความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 26.9 และ 154 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ไม้สนคาริเบียอายุ 25 ปี ในพื้นที่เดียวกัน มีการเติบโตทางความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 21.34 เมตร และมีการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย เท่ากับ 22.3 เซนติเมตร

ในควีนสแลนด์ตอนใต้ผลผลิตของสนคาริเบียจะประมาณ 14.3 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ต่อปี ส่วนในมาเลเซียนั้น พบว่า สนคาริเบียอายุ 7-8 ปี ให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 11.1-17.9 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ต่อปี และคาดว่าจะมีผลผลิตเพิ่มมากขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น ในขณะที่สนคาริเบียในแอฟริกาใต้ ซึ่งมีสภาพดินลึก โปร่ง ส่งผลให้รากสามารถหยั่งลงถึงน้ำใต้ดินที่มีอยู่ตลอดปี สามารถให้ผลผลิตเฉลี่ยรายปีถึง 21 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ต่อปี (กรมป่าไม้, 2545)

2.2.4 สนโอคาร์ปา และสนเทकुมานี่

จากการทดสอบถิ่นกำเนิดไม้สนโอคาร์ปา ที่สถานีปรับปรุงแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ ไม้ป่าหนองกระทิง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 3 ถิ่นกำเนิด โดยปลูกเปรียบเทียบกับไม้สนสามใบอีก 1 ถิ่นกำเนิด พบว่า เมื่ออายุ 17 ปี สนโอคาร์ปาถิ่นกำเนิด El Lobo ประเทศกัวเตมาลามีการเติบโตดีที่สุด คือ มีความสูง เท่ากับ 17.84 เมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 19.40 เซนติเมตร นอกจากนี้ยังพบว่า สนโอคาร์ปาทุกถิ่นกำเนิดมีการเติบโตดีกว่าสนสามใบ (สนัน และคณิต, 2540)

ในส่วนของไม้สนเทकुมานี่ พบว่า สนเทकुมานี่ อายุ 7 ปี ที่ปลูกที่เชียงใหม่มีการเติบโตทางด้านความสูงเฉลี่ย 7.14 เมตร การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 9.73 เซนติเมตร ในขณะที่สนเทकुมานี่ อายุ 7 ปี ที่ปลูกที่ชุมพรมีการเติบโตทางด้านความสูงเฉลี่ย 12.08 เมตร การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย

15.73 เซนติเมตร ดังนั้นผลผลิตของไม้สนจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพพื้นที่ว่าเหมาะสมต่อการเติบโตของไม้สนชนิดนั้นๆ มากน้อยเพียงใด (กรมป่าไม้, 2545)

2.3 การปฏิบัติทางวนวัฒนวิทยา

วนวัฒนวิทยา (silviculture) มาจากคำว่า silva ซึ่งหมายถึง ป่า หรือต้นไม้ และ cultura ซึ่งหมายถึง วัฒนา คือ ความเจริญ หรือความงอกงาม ซึ่งอาจแปลตรงๆ ได้ว่า วนวัฒนวิทยา คือ การปลูกป่า แต่โดยข้อเท็จจริงแล้ววนวัฒนวิทยาเป็นสาขาหนึ่งของวิชาวนศาสตร์ที่ประยุกต์ศิลป และวิทยาศาสตร์เพื่อควบคุมองค์ประกอบ และการเติบโตของต้นไม้ในป่านั้น (วิสุทธิ์, 2544; ลดาวัลย์, 2550) โดยการปฏิบัติทางด้านวนวัฒนวิทยาสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

2.3.1 การตัดฟัน เพื่อการสืบพันธุ์ หรือระบบวนวัฒน (reproduction cutting, silvicultural systems) เป็นการตัดเมื่อต้นไม้เติบโตจนถึงขนาด หรืออายุที่จะตัดฟัน โดยการตัดต้นไม้ที่ออกทั้งหมด หรือบางส่วน เพื่อให้มีหมู่ไม้ขึ้นมาทดแทนไม้ที่ถูกตัดออกไป ซึ่งเรียกว่า การสืบพันธุ์ หรือการเจริญทดแทน (regeneration) ซึ่งอาจกระทำเพียงครั้งเดียว หรือหลายครั้งก็ได้

2.3.2 การตัดฟันเมื่อไม้โตปานกลาง (intermediate cuttings) เป็นการตัดฟัน หรือการปฏิบัติกับหมู่ไม้ในช่วงของรอบตัดฟัน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงหมู่ไม้ในป่า และเร่งการเติบโตเช่นการตัดขยายระยะ (thinning) ซึ่งเป็นการตัดไม้ในระหว่างรอบตัดฟัน โดยมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อส่งเสริมการเติบโตของไม้ที่เหลือ ลดการแก่งแย่งเป็นสำคัญ ในขณะที่สามารถนำไม้ที่ตัดฟันออกมาใช้ประโยชน์ได้ด้วย

2.3.3 การป้องกัน (protection) เป็นการป้องกันอันตรายจากปัจจัยต่างๆ เช่น ไฟป่าโรคแมลง และลมพายุ เป็นต้น ซึ่งจะต้องใช้ความรู้เฉพาะสาขาไปประยุกต์ใช้ หากวิธีการป้องกันไม่สามารถที่จะทำได้ ก็จำเป็นต้องตัด เพื่อกู้ภัย (salvage cutting) ซึ่งดีกว่าปล่อยให้ความเสียหายลุกลามไปมากขึ้น

ทั้งนี้วัตถุประสงค์ของการปฏิบัติทางวนวัฒนวิทยา (วิสุทธิ์, 2544) ประกอบด้วย

1) ควบคุมองค์ประกอบของป่าให้ป่ามีพืชพรรณขึ้นอยู่อย่างเหมาะสม อาจทำได้โดยส่งเสริมให้มีการเจริญทดแทนของไม้ที่ต้องการ โดยการเตรียมสภาพพื้นที่ให้เหมาะกับกรงอก และการเติบโตของกล้าไม้ หรือทำการปลูกทดแทน นอกจากนี้การตัดพืชที่ไม่ต้องการ รวมทั้งต้นที่มีลักษณะไม่ดี เช่น คดงอ แตกเป็นโพรง ก็เป็นวิธีการควบคุมองค์ประกอบของป่าเช่นกัน

2) ควบคุมความหนาแน่นของหมู่ไม้ ควบคุมให้ต้นไม้มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ เพราะหากมีต้นไม้หนาแน่นเกินไปจะทำให้เกิดการแก่งแย่งกัน และการเจริญทดแทนจะเกิดขึ้นได้ลำบาก

3) พื้นฟูสภาพป่าที่ไม่ให้ผลผลิต ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เกิดจากการถูกรุกทำลายป่าหรือเกิดไฟไหม้ การปฏิบัติทางวนวัฒนจะช่วยทำให้พื้นที่คืนสภาพเป็นป่าที่ให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่ต่อไป

4) เพื่อป้องกัน และกู้ภัยให้กับป่า การปฏิบัติทางวนวัฒนจะช่วงป้องกันอันตรายจากไฟป่า โรคแมลง และลมให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด และยังช่วยลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้ โดยการตัดไม้ที่ได้รับอันตรายออกไปใช้ประโยชน์ก่อนที่จะสูญเสียคุณค่าลงไป

5) ควบคุมความยาวรอบตัดฟัน (rotation) การปฏิบัติทางวนวัฒนจะช่วยให้การกำหนดขนาด และอายุของต้นไม้ที่จะตัดฟันให้เป็นไปอย่างเหมาะสม และการควบคุมความหนาแน่นของหมู่ไม้ให้ถูกต้องเหมาะสม จะทำให้ต้นไม้ในหมู่ไม้นั้นโตเร็วขึ้น ซึ่งจะช่วยลดความยาวของรอบตัดฟันให้สั้นลง

6) เพื่อช่วยให้การตัดฟันไม้ การจัดการป่า และการเข้าไปใช้ประโยชน์ในป่าเป็นไปได้ง่ายและสะดวก

7) เพื่อป้องกันพื้นที่ และผลประโยชน์ทางอ้อมอื่นๆ ที่จะได้จากป่า

2.4 การเจริญทดแทน

การเจริญทดแทน (regeneration) หมายถึง การเกิด ซึ่งจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

- 1) การเจริญทดแทนตามธรรมชาติ (natural regeneration) เป็นการเจริญทดแทนของหมู่ไม้ ซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยแม่ไม้โปรยเมล็ดลงสู่พื้นดิน แล้วงอกเป็นต้นกล้า และหมู่ไม้รุ่นใหม่ขึ้นมา
- 2) การเจริญทดแทนโดยมนุษย์ (artificial regeneration) เป็นการเจริญทดแทนของหมู่ไม้ โดยการกระทำของมนุษย์ด้วยการนำเมล็ด หรือกล้าไม้ที่ต้องการไปปลูกลงในพื้นที่ที่กำหนด เรียกว่า “การปลูกสร้างสวนป่า” และเรียกป่าที่ได้ว่า “ป่าปลูก” หรือ “สวนป่า” (forest plantation หรือ man-made forests หรือ forestation) และ
- 3) การเจริญทดแทนแบบผสมผสาน (mixed regeneration) คือ พื้นที่ที่ประกอบด้วยหมู่ไม้ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และการปลูกสร้างของมนุษย์ (ลดาวัลย์, 2550)

2.5 การตัดขยายระยะ

การตัดขยายระยะ (thinning) เป็นการดำเนินงานทางด้านวนวัฒนวิทยา โดยการเลือกตัดต้นไม้ในหมู่ไม้ที่ยังไม่แก่เต็มที่ และขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นออก โดยมีวัตถุประสงค์ในการตัดขยายระยะ คือ เพื่อช่วยให้ต้นไม้มีการเติบโตเร็วขึ้น และทำให้มีวัชรอบตัดฟันสั้นลง ทำให้ต้นไม้มีคุณภาพดีขึ้น เพื่อให้มีรายได้จากการตัดขยายระยะต้นไม้ที่เสื่อมคุณภาพออกมาใช้ประโยชน์ (วิสุทธิ์, 2544; ลดาวัลย์, 2550)

ทั้งนี้การตัดขยายระยะสามารถแบ่งออกได้ 4 วิธี คือ

- 1) การตัดขยายระยะแบบ crown thinning คือ การเลือกตัดไม้ที่มีเรือนยอดเด่น (dominant) และเรือนยอดรอง (co-dominant) ซึ่งเบียดบังต้นไม้อื่นที่อยู่ในชั้นเรือนยอดเดียวกันออกเพื่อเปิดช่องว่างให้กับไม้ที่เหลือ เพื่อเร่งการเติบโต

- 2) การตัดขยายระยะแบบ low thinning คือ การเลือกตัดต้นไม้ที่เรือนยอดถูกรอบงำ (suppress) หรือไม้ที่มีลักษณะเลว เช่น เป็นโรค และที่ตายแล้วออก แล้วจึงตัดต้นไม้ที่มีความสูงขึ้นไปตามลำดับ จนถึงต้นไม้ที่มีเรือนยอดเด่น

- 3) การตัดขยายระยะแบบ selection thinning คือ การตัดต้นไม้ที่มีเรือนยอดเด่นที่สุดออก เพื่อช่วยให้ต้นไม้ที่มีเรือนยอดรองๆ ลงไปมีโอกาสเติบโตอย่างเต็มที่

- 4) การตัดขยายระยะแบบ mechanical thinning คือ การเลือกตัดต้นไม้ โดยวิธีเลือกตัดต้นเว้าต้น หรือโดยวิธีตัดเว้นระยะระหว่างแถว หรือแนว โดยไม่คำนึงถึงเรือนยอดของต้นไม้ เหมาะกับสวนป่าที่เริ่มปลูก และมีต้นไม้หนาแน่นที่ยังไม่เคยผ่านการตัดขยายระยะมาก่อน

2.6 การปลูกสร้างสวนป่า

องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (2548) กล่าวว่า การปลูกสร้างสวนป่า คือ การนำพรรณไม้มาปลูกลงในพื้นที่ที่กำหนดให้อย่างมีระบบ แบบแผน และวัตถุประสงค์ที่แน่นอนโดยในการปลูกสร้างสวนป่ามีความจำเป็น

อย่างยิ่งที่จะต้องหาเทคนิค และวิธีการที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลผลิตสูง และมีคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้ใช้ประโยชน์ มีการเติบโตที่ดี มีต้นทุนการผลิตต่ำ โดยปัจจัยที่จะต้องคำนึงถึงประกอบไปด้วย

2.6.1 การคัดเลือก และการบริหารพื้นที่ปลูก โดยพิจารณาจากสภาพดิน ซึ่งต้องมีความเหมาะสมกับการปลูกพืชชนิดนั้นๆ โดยส่วนมากจะเลือกไม้ตามถิ่นกำเนิดเดิมมาปลูก ซึ่งหากเป็นไม้ที่ไม่ใช่ถิ่นกำเนิดเดิมต้องมีการศึกษาความเหมาะสมของพื้นที่ หรือปรับสภาพดินให้เหมาะสมกับการปลูกพืชชนิดนั้น

2.6.2 การคัดเลือกพันธุ์ โดยสายพันธุ์พืชที่นำมาปลูกต้องมีความแข็งแรง ทนทาน ให้ผลผลิตดี มีการเติบโตรวดเร็ว และผลผลิตที่ได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ประโยชน์

2.6.3 การจัดการตามระบบวนวัฒน ควรมีวิธีการที่เหมาะสมตั้งแต่การปลูกจนกระทั่งการตัดฟัน เพื่อให้ได้ผลผลิตอย่างมีคุณภาพ รวมทั้งให้ผลผลิตที่มีความยั่งยืนสืบเนื่องต่อไป

2.7 ผลกระทบของไฟ

ในแต่ละครั้งที่เกิดไฟป่าย่อมส่งทั้งผลดีและโทษ ขึ้นอยู่กับความรุนแรงและความถี่ของไฟที่เกิดขึ้น และย่อมจะส่งผลที่แตกต่างกันออกไปตามแต่ละพื้นที่และแต่ละระบบนิเวศ หากไฟที่เกิดขึ้นนั้นมีความรุนแรงต่ำและมีได้เกิดซ้ำที่เดิมทุกปี ก็จะช่วยรักษาให้ป่านั้นมีสภาพเป็นป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง หรือป่าสน ตามเดิม ไม่เปลี่ยนแปลงไปเป็นป่าชนิดอื่น ช่วยให้มีการเจริญทดแทนตามธรรมชาติ และอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตในด้านความสูงของกล้าไม้เพิ่มขึ้นเนื่องจากไฟได้ช่วยกำจัดวัชพืชบนพื้นป่าที่แก่งแย่งการเจริญเติบโตกับกล้าไม้ อีกทั้งความร้อนจากไฟช่วยเร่งการงอกของเมล็ดกระตุ้นให้เมล็ดของชนิดไม้ที่มีเปลือกแข็งและฝังตัวอยู่ใต้ดิน (soil seed bank) สามารถเจริญเติบโตงอกขึ้นมาเหนือพื้นดินได้ ไฟที่มีความรุนแรงน้อยยังช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินและส่งผลให้การแทรกซึมของน้ำลงสู่ดินมีเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ไฟยังเป็นเครื่องมือทางวนวัฒนวิทยาในการกำจัดวัชพืชและเตรียมพื้นที่เพื่อการปลูกสร้างสวนป่า แต่ก็ต้องควบคู่ไปกับการวางแผนและการควบคุมไม่ให้ไฟลุกลามเกินการควบคุมได้ (สันต์, 2549) ภายหลังการเผา 1 ปี ความหนาแน่นต่อพื้นที่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้นและจำนวนของไม้รุ่น ในสังคมพืชป่าสนเสื่อมโทรมลดลงมากกว่าป่าสนผสมก้อ มีเพียงไม้รุ่นที่มีขนาดใหญ่เท่านั้น ที่สามารถทนทานได้กับสภาพแวดล้อมที่มีปัญหาไฟป่าเป็นประจำเกือบทุกปี ไม้รุ่นในป่าสนเสื่อมโทรมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกและความสูงเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ความหนาแน่นและความสูงของไม้รุ่นในป่าสนผสมก้อมีค่าลดลงแต่มีเส้นผ่าศูนย์กลางโคนต้น และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกเพิ่มมากขึ้น สำหรับกล้าไม้พบว่าความหนาแน่นต่อพื้นที่ในป่าสนเสื่อมโทรมลดลง แต่เป็นไปในทางตรงกันข้ามกับป่าสนผสมก้อที่มีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคนต้นของกล้าไม้ในป่าสนผสมก้อลดลงมากกว่าป่าสนเสื่อมโทรม แต่ป่าสนเสื่อมโทรมก็มีความสูงของกล้าไม้ลดลงมากกว่าป่าสนผสมก้อ (กอบศักดิ์ และคณะ, 2556)

ในทางกลับกันหากเกิดไฟป่าที่มีความรุนแรงมากหรือมีความถี่ในการเกิดมากเกินไป ไฟที่เกิดขึ้นนั้นก็ส่งผลกระทบต่อสังคมพืช จากการที่ไฟได้ทำลายกล้าไม้ และไม้พื้นล่าง ทำให้การเจริญทดแทนตามธรรมชาติเกิดการขาดช่วง การเจริญเติบโตของต้นไม้ชำหรือมีการเจริญเติบโตลดลงรวมทั้งมีความหนาแน่นของหมู่ไม้ลดลง เนื่องจากกล้าไม้ไม่มีโอกาสเจริญเติบโตไปเป็นไม้ต้น เช่น ไม้รุ่นในป่าสนจะมีการเจริญเติบโตทางด้านความโต (เส้นผ่านศูนย์กลาง) ลดลงถึงร้อยละ 20 และ มีการเจริญเติบโตทางความสูงลดลงร้อยละ 25 ในป่าผลัดใบที่มีความแห้งแล้งเมื่อเกิดไฟป่าจะทำให้รากไม้ที่อยู่ชิดในระดับผิวดิน 0-2 เซนติเมตร ตายไป

ประมาณร้อยละ 80 อัตราการตายของรากจะลดลงอย่างรวดเร็วตามลำดับความลึกจากผิวดิน แต่ที่ระดับความลึก 6 เซนติเมตร ลงไปจากผิวดินรากไม้จะไม่ได้รับผลกระทบจากไฟเลย และหากเกิดไฟป่าขึ้นในบริเวณสวนป่าที่มีหมู่ไม้อายุระหว่าง 1-5 ปี อาจส่งผลกระทบต่อทำให้หมู่ไม้ในสวนป่านั้นตายได้ถึงร้อยละ 20 (สันต์, 2549) แต่ทั้งนี้หากมีการป้องกันไฟในพื้นที่ติดต่อกันเป็นเวลานาน ก็จะทำให้สังคมพืชเปลี่ยนแปลงไป มีชนิดพันธุ์ที่ไม่ทนไฟเข้ามารุกราน เนื่องจากพื้นที่ที่มีร่มเงาและมีความชื้นมากขึ้น สุดท้ายแล้วก็จะกลายเป็นสังคมพืชที่ต้องการความชื้นเข้ามาแทนที่ (ดอกรัก และอุทิศ, 2552)

2.8 การจัดการทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืน

สำหรับนิยามศัพท์ของคำว่า การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน FAO (1993) ได้กำหนดรูปแบบของการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน ไว้ว่า เป็นการดำเนินการที่ประกอบด้วย การวางแผน การผลิตไม้ เพื่อวัตถุประสงค์ทางการค้า รวมทั้งสามารถตอบสนองความต้องการของท้องถิ่นในรูปแบบของไม้พื้นไม้เสา อาหาร อาหารสัตว์ นอกจากนี้ยังมีวัตถุประสงค์อื่นๆ ซึ่งประกอบด้วย การป้องกันและจำแนกพื้นที่ป่า ออกเป็นส่วนๆ เพื่อการจัดการด้านพืชพรรณไม้หรือสัตว์ป่าหรือเป็นแหล่งนันทนาการหรือสิ่งแวดล้อม รวมทั้งมีแผนการและแนวทางการควบคุมการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เพื่อปรับใช้ประโยชน์เป็นพื้นที่เพื่อการเกษตรและอื่นๆ อย่างเหมาะสม มีการพัฒนาพื้นที่ป่าที่ทรุดโทรมและพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมและปลูกต้นไม้เสริมเข้าไปในพื้นที่การเกษตร ควบคู่ไปกับการดำเนินโครงการส่งเสริมสนับสนุนด้านวนเกษตร ซึ่งเป็นงานที่ต้องอาศัยความรู้จากหลากหลายสาขาวิชาและความสนับสนุนช่วยเหลือจากทุกภาคส่วน แต่อย่างไรก็ตามการจัดการป่าไม้แบบยั่งยืนจะต้องมีวัตถุประสงค์ ซึ่งจะกำหนดขึ้นตามภาวะวิกฤตของแต่ละพื้นที่ซึ่งย่อมจะมีความแตกต่างกันออกไป วัตถุประสงค์ของการจัดการป่าไม้จะต้องสอดคล้องและสนับสนุนนโยบาย กฎหมายและกฎระเบียบทางด้านป่าไม้ และจะต้องมีการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ

ดังนั้นในการที่จะจัดการป่าไม้ให้เป็นป่าสมบูรณ์อย่างยั่งยืนได้นั้นในขั้นแรกจะต้องทราบถึงสภาพของป่าไม้ที่เป็นอยู่ในปัจจุบันว่ามีสภาพอย่างไร มีสภาพค่อนข้างสมบูรณ์หรือเป็นป่าเสื่อมโทรม ทั้งนี้เพื่อจะได้กำหนดแนวทางในการจัดการป่าไม้ให้พัฒนาไปสู่สภาพป่าที่สมบูรณ์ได้อย่างเหมาะสม และเมื่อได้รับการจัดการให้กลับสู่สภาพป่าที่สมบูรณ์แล้ว ขั้นต่อไปก็ต้องกำหนดแนวทางการจัดการป่าไม้ที่เหมาะสมเพื่อให้ป่าคงสภาพที่สมบูรณ์ได้อย่างยั่งยืน สำหรับแนวทางการจัดการป่าไม้แบบยั่งยืน มีองค์ประกอบ ดังนี้

- 1) กำหนดวัตถุประสงค์ในเชิงปริมาณ เพื่อที่จะดำเนินงานไปให้บรรลุวัตถุประสงค์ โดยผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมของสังคม
- 2) ดำเนินงานตามแผนที่กำหนดไว้
- 3) มีการติดตามและประเมินผล มีการเรียนรู้ และนำความรู้มาปรับปรุงพัฒนาระบบการจัดการป่าไม้อย่างต่อเนื่อง

แนวคิดและหลักการในการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืน เป็นแนวคิดหนึ่งที่กล่าวถึงความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่ามีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์ ถือได้ว่าเป็นเสาหลักแห่งการพัฒนาที่ยั่งยืนของสังคมมนุษย์ จากการที่มนุษย์ได้เก็บเกี่ยวประโยชน์จากทรัพยากรชีวภาพ โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ที่มีมาอย่างต่อเนื่องทั้งในอดีตจนถึงปัจจุบันและยังคงต้องกระทำไป

ในอนาคตอีกยาวนาน ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนจึงได้มีการเสนอหลักการ และข้อแนะนำ เพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนจากความหลากหลายทางชีวภาพที่จัดทำขึ้น โดยอนุสัญญาว่าด้วยความหลากหลายทางชีวภาพ (CBD) โดยมุ่งให้แนวทางช่วยเหลือประเทศต่างๆ และองค์กรอื่นๆ เพื่อประยุกต์สำหรับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติที่รับผิดชอบให้มีความยั่งยืน (Secretariat of CBD, 2004) โดยมีสาระสำคัญสรุป ดังนี้

1) ให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เช่น รัฐ ผู้จัดการทรัพยากร ชุมชนท้องถิ่น ภาคเอกชน และอื่นๆ ยึดแนวทางที่ว่า จะทำอย่างไรจึงจะเชื่อได้ว่า การใช้ประโยชน์จากองค์ประกอบของความหลากหลายของประชาชนจะไม่นำไปสู่การลดลงของความหลากหลายทางชีวภาพ หรือทรัพยากรอื่นๆ ที่มีการใช้ประโยชน์ในช่วงระยะยาว

2) การใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนเป็นเครื่องมือที่ทรงคุณค่าในการส่งเสริมการอนุรักษ์ ทั้งนี้เนื่องจากในหลายสภาพการณ์สามารถให้สิ่งจูงใจ สำหรับการอนุรักษ์ และการฟื้นฟูสภาพได้ เนื่องจากสิ่งที่ประชาชนได้รับจากการใช้ประโยชน์มีผลต่อสังคม วัฒนธรรม และเศรษฐกิจที่คุ้มค่า ซึ่งการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนได้กำหนดให้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการต่อสู้กับความยากจน

3) หลักการของการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน หากจะนำไปใช้ต้องคำนึงถึงความต้องการที่เกี่ยวกับ (1) นโยบาย กฎหมาย ระเบียบ (2) การจัดการความหลากหลายทางชีวภาพ (3) สภาพการณ์ทางเศรษฐกิจ และสังคม และ (4) ข้อมูล การวิจัย และการศึกษา

อุทิศ (2552) ได้สรุปว่าสิ่งสำคัญเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน คือ ต้องให้เกิดความเชื่อมั่นว่าการใช้ประโยชน์ทั้งการบริโภค และไม่บริโภค นั้น จะไม่ก่อความเสื่อมโทรมแก่ความยั่งยืนระยะยาวของการใช้ประโยชน์นั้น การใช้ประโยชน์ทรัพยากรใดๆ มีความจำเป็นจะต้องคำนึงถึงหน้าที่ที่ทรัพยากรนั้นๆ อาจก่อให้เกิดความสมบูรณ์ในระบอบนิเวศที่มันเป็นองค์ประกอบอยู่นั้นและการใช้ประโยชน์จะต้องไม่ก่อผลกระทบในทางลบต่อหน้าที่ในระบบนั้นด้วย

ในการกำหนดแนวทางการใช้ประโยชน์และการฟื้นฟูทรัพยากรป่าไม้อย่างมีส่วนร่วม ที่จะดำเนินการในปีงบประมาณปี พ.ศ. 2563 นี้ จะดำเนินการติดตามและประเมินผลกิจกรรมการฟื้นฟูทรัพยากรป่าไม้เป็นหลัก พร้อมทั้งสรุปบทเรียนกระบวนการทำงานอย่างมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเพื่อเป็นแนวทางการทำงานในอนาคตด้านการฟื้นฟูและใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ ดังนั้นการติดตามและประเมินผลจึงมีเป้าหมายเพื่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ร่วมกัน สำหรับการติดตามและประเมินผลมีความหมายที่แตกต่างกัน คือการติดตามโครงการ เป็นกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับโครงการในด้าน ปัจจัยนำเข้า การดำเนินงาน และผลการดำเนินงาน โดยใช้แผนเป็นกรอบอ้างอิง เพื่อเป็นข้อมูลย้อนกลับ สำหรับกำกับ ทบทวน แก้ไข และป้องกันปัญหาขณะดำเนินโครงการ ส่วนการประเมินโครงการเป็นกระบวนการตัดสินคุณค่าของโครงการในด้านปัจจัยนำเข้า การดำเนินงานและผลของโครงการโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์/มาตรฐาน เพื่อเป็นสารสนเทศสำหรับการปรับปรุงการดำเนินงาน สรุป ผลสำเร็จของโครงการและพัฒนาโครงการ การติดตามและการประเมินโครงการ เป็นกระบวนการที่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ข้อมูลจากการติดตามโครงการ สามารถใช้เป็นข้อมูลส่วนหนึ่งของการประเมินโครงการได้ (ศูนย์ทดสอบและประเมินเพื่อพัฒนาการศึกษาและวิชาชีพ, 2561)

2.9 ผลการศึกษาในปีที่ 1-4 (พ.ศ. 2559-2562)

ผลการดำเนินงานที่ผ่านมา เริ่มจากปี พ.ศ. 2559 พบว่า สถานภาพพื้นที่หน่วยย่อยห้วยงู ที่มีไม้สนธรรมชาติขึ้นอยู่มีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย มีความเป็นกรดปานกลางถึงกรดจัด มีระดับอินทรีย์วัตถุที่ค่อนข้างสูง และมีความลึกมาก ไม้สนสองใบมีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด รองลงมา ได้แก่ ยางเหียง และรัก ไม้สนสองใบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 4.5-98.4 เซนติเมตร และมีความสูงระหว่าง 2.3-40.5 เมตร มีความหนาแน่นเฉลี่ย 24.6 ต้นต่อไร่ ไม้หนุมและลูกไม้มีความหนาแน่นเฉลี่ย 17.0 และ 7.2 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ ไม้สนมีปริมาตร 16.2 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ มวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน 14.54 ต้นต่อไร่ การศึกษาการเติบโตของสนสองใบในพื้นที่ป่าธรรมชาติบริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ (หน่วยย่อยห้วยงู) โดยอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์ห่วงปีไม้หรือรุกชกาลวิทยา พบว่า ตัวอย่างไม้ที่มีอายุมากที่สุดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 77.5 เซนติเมตร มีความกว้างของวงปีวงสุดท้ายในปี พ.ศ. 2235 มีอายุ 324 ปี กำลังผลิตของสนสองใบมีปริมาตรเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละ 0.032 ลูกบาศก์เมตรต่อต้นในด้านการประเมินสุขภาพของสนสองใบ พบว่า มีต้นสนที่เป็นผลจากการถูกเก็บไม้เกี้ยวร้อยละ 20.71 ของต้นสนทั้งหมด มีปริมาตรของผลระหว่าง 0.03-0.76 ลูกบาศก์เมตร

ในขณะที่การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของสนสองใบ สนสามใบ สนคาริเบีย สนโอคาร์ปา และสนเทคนูมานี พบว่า ทุกชนิดเป็นไม้ที่มีน้ำหนักเบาถึงปานกลาง ไม้สนต่างถิ่น มีค่าความแข็งแรง และความยืดหยุ่นมากกว่าสนพื้นเมือง สนสามใบมีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นดีกว่าสนสองใบ สำหรับคุณสมบัติของสนต่างถิ่นพบว่า สนโอคาร์ปามีคุณสมบัติโดดเด่นด้านความแข็งแรงและความยืดหยุ่น ซึ่งอาจสรุปได้ว่า สนต่างถิ่นมีคุณสมบัติเชิงกลที่โดดเด่นในด้านการรับแรงเป็นโครงสร้างต่างๆ เช่น คาน ตง และโครงถักต่างๆ เป็นต้น ไม้สนต่างถิ่นและสนสามใบเหมาะที่จะใช้ทำเสาอาคาร เสาเข็ม คร่าวฝา และไม้รองหมอนรถไฟ เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติเชิงกลรอง เช่น ความแข็ง ความเหนียว ความต้านทานแรงฉีก และความต้านทานแรงถอนตะปู พบว่า ไม้สนต่างถิ่น และสนสามใบมีความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ต่างๆ ตามคุณสมบัติเชิงกลรอง สำหรับสมบัติทางเคมีของไม้สนทั้ง 5 ชนิด พบว่า มีปริมาณสารเคมีใกล้เคียงกัน ได้แก่ ปริมาณแอลฟาเซลลูโลส ร้อยละ 59.62-67.32 ปริมาณลิกนิน ร้อยละ 28.62-32.12 เถ้า ร้อยละ 0.35-0.81 สมบัติด้านพลังงาน พบว่า สนโอคาร์ปาเหมาะแก่การใช้ประโยชน์ด้านพลังงานมากกว่าสนชนิดอื่นๆ ทั้งในแง่ของไม้พื้นและถ่านไม้ ส่วนการใช้ประโยชน์ยางสนวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเก็บเกี่ยวยางสนในประเทศไทย คือ ใช้วิธีการกรีดเปลือกในสนสองใบและสนคาริเบีย โดยใช้สารกระตุ้นเป็นกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์

จากนั้น ในปี พ.ศ. 2560 ได้ปลูกทดสอบชนิดไม้สน 5 ชนิด ชนิดละ 2 ถิ่นกำเนิด โดยมีถิ่นกำเนิดที่แตกต่างกัน ได้แก่ สนสองใบ สนสามใบ สนคาริเบีย สนโอคาร์ปา และสนเทคนูมานี ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ (หน่วยย่อยห้วยงู) พบว่า เมื่อผ่านไป 1 เดือน สนทั้ง 5 ชนิดมีอัตราการรอดตายสูงมาก โดยมีความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดินแตกต่างกันในแต่ละถิ่นกำเนิด โดยสนเทคนูมานีจากถิ่นกำเนิด Yucul (Nicaragua) มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด สนสองใบจากถิ่นกำเนิดห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษมีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังมีการศึกษาระบบวนวัฒน์ (ระบบการปฏิบัติกับหมู่ไม้ตลอดช่วงชีวิตของต้นไม้ในพื้นที่นั้น ตั้งแต่การสืบพันธุ์ การปลูก การบำรุงรักษา และการตัดฟันไม้มาใช้ประโยชน์) ในการจัดการไม้สนพื้นเมือง/ต่างถิ่น ประกอบด้วย (1) การเจริญทดแทนตามธรรมชาติของไม้สนพื้นเมือง ได้แก่ สนสองใบ โดยวางแผนทดสอบในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ (หน่วยย่อยห้วยงู) พบว่า แปลงที่มีไม้สนหนาแน่น

มากมีการกระจายของหมู่ไม้เป็นแบบ balanced uneven-aged stand ในหมู่ไม้นี้มีการกระจายตัวของชั้นอายุสม่ำเสมอ โดยมีไม้ขนาดเล็กที่พร้อมจะทดแทนไม้ใหญ่ที่ตาย ซึ่งหมู่ไม้นี้จะให้ผลผลิตที่สม่ำเสมอตลอดไป ส่วนแปลงที่มีความหนาแน่นน้อย มีการกระจายของหมู่ไม้เป็นแบบ irregular uneven-aged stand เป็นหมู่ไม้ที่มีชั้นอายุไม่เท่ากัน และแต่ละชั้นอายุขึ้นอยู่กับพื้นที่ไม่เท่ากัน (2) การตัดขยายระยะของไม้สนต่างถิ่น ได้แก่ สนคาริเบีย โดยวางแผนทดลองในพื้นที่สถานีวนวัฒนวิจัยอินทิล และได้ตัดขยายระยะไม้สนเป็น 5 รูปแบบ ได้แก่ ไม่มีการตัดขยายระยะ (C) ตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 30 ของร้อยละการปกคลุมเรือนยอดบริเวณที่มีการปกคลุมเรือนยอดสูง H30 (ตัดหนัก) ตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 30 ของร้อยละการปกคลุมเรือนยอดบริเวณที่มีการปกคลุมเรือนยอดต่ำ L30 (ตัดหนัก) ตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 50 ของร้อยละการปกคลุมเรือนยอดบริเวณที่มีการปกคลุมเรือนยอดสูง H50 (ตัดเบา) ตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 50 ของร้อยละการปกคลุมเรือนยอดบริเวณที่มีการปกคลุมเรือนยอดต่ำ L50 (ตัดเบา) ทั้งนี้การศึกษาดังกล่าวจำเป็นต้องมีการดำเนินงานต่อเนื่องเพื่อติดตามผลของการตัดขยายระยะต่อต้นไม้ที่เหลืออยู่ เพื่อจะได้ทราบอิทธิพลของระดับความหนักเบาในการตัดขยายระยะที่มีต่อไม้สน

ในด้านการพึ่งพิงทรัพยากรป่าไม้ พบว่า ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม มีที่ดินเพาะปลูกเฉลี่ย 5.5 ไร่ต่อครัวเรือน รายได้ครัวเรือนเฉลี่ย 67,148.20 บาทต่อปี รายจ่ายครัวเรือนเฉลี่ย 62,899.67 บาทต่อปี ส่วนใหญ่ร้อยละ 58.1 มีความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในระดับมาก กลุ่มตัวอย่างมีการใช้ไม้สร้างบ้าน ไม้ใช้สอย ไม้ฟืน และของป่า การใช้ประโยชน์ไม้สน พบว่า มีการใช้ไม้สนเพื่อสร้างบ้าน ซ่อมแซม ต่อเติมบ้านเฉลี่ย 5.5 ต้นต่อครัวเรือน ไม้เกี่ยะมีปริมาณการเก็บเฉลี่ย 65.5 กิโลกรัมต่อครัวเรือน

ผลการวิจัย 2 ปีที่ผ่านมา มีข้อเสนอแนะทางเบื้องต้นในการจัดการป่าสนบ้านวัดจันทร์ โดยควรจะต้องมีการดำเนินการจัดการกับไม้สนสองใบที่ถูกเก็บไม้เกี่ยะที่มีสุขภาพไม่ดี โดยหากจำเป็นควรวางแผนกำหนดการตัดฟันไม้เหล่านี้ โดยกำหนดแผนการตัดฟันแบ่งเป็น 2 compartment และกำหนดระดับความหนักเบา (harvesting intensity) จากขนาดพื้นที่หน้าตัดที่ต้องการตัดออก (ร้อยละ 10-40) โดยมุ่งเน้นตัดต้นสนที่สุขภาพไม่ดีมีร่องรอยจากการเก็บไม้เกี่ยะ และหลังจากตัดฟันไม้ออกไปแล้ว ควรมีการจัดการในด้านการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของไม้สน (ลูกไม้ ไม้หนุม) ที่ขึ้นเจริญทดแทนตามธรรมชาติในพื้นที่ต่อไป

ในส่วนของผลการวิจัยในปีที่ 3 และ 4 (พ.ศ. 2561-2562) พบว่า เมื่อไม้สนมีอายุได้ 2 ปี นับจากวันที่ปลูก ไม้สนทั้ง 5 ชนิด จาก 10 ถิ่นกำเนิด มีอัตราการรอดตาย ความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดินแตกต่างกัน โดยไม้สนโอคาร์ปาจากถิ่นกำเนิด Guimaca (Honduras) เป็นไม้สนที่มีอัตราการรอดตาย ความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดินเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 95.31, 132.76 เซนติเมตร และ 26.31 มิลลิเมตร ตามลำดับ ขณะที่สนสองใบจากถิ่นกำเนิดบ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ มีอัตราการรอดตาย และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดินเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 57.81 และ 15.45 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนสนสองใบจากถิ่นกำเนิดห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ มีความสูงเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ เท่ากับ 14.60 เซนติเมตร

ด้านการเจริญทดแทนตามธรรมชาติของไม้สนสองใบในป่าธรรมชาติ พบว่า ผลการศึกษามีแนวโน้มคล้ายกับการศึกษาการเจริญทดแทนของไม้สนสองใบในป่าธรรมชาติในปีที่ 1, 2 และ 3 กล่าวคือ แปลงที่มีไม้สนหนาแน่นมากมีการกระจายของหมู่ไม้เป็นแบบ balanced uneven-aged stand มีการ

กระจายตัวของชั้นอายุสม่ำเสมอตั้งแต่การสืบพันธุ์จนถึงต้นไม้ใหญ่ แสดงให้เห็นว่า การสืบพันธุ์ตามธรรมชาติยังคงเป็นไปตามกลไกธรรมชาติ โดยมีไม้ขนาดเล็กที่พร้อมจะทดแทนไม้ใหญ่ที่ตาย โดยพบว่า ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงจากปีเริ่มต้นวางแปลง โดยความหนาแน่นของไม้ต้นและไม้รุ่นมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น โดยการเพิ่มขึ้นของไม้ต้นในแปลงไม้สนที่มีความหนาแน่นมากและความหนาแน่นน้อยมีการเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.87 และ 20 ตามลำดับ ส่วนไม้รุ่นมีความหนาแน่นมากและความหนาแน่นน้อยมีการเพิ่มขึ้นร้อยละ 40.74 และ 50 ตามลำดับ ส่วนลูกไม้ความหนาแน่นต่อพื้นที่ซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลง กิจกรรมการติดตามผลของการตัดขยายระยะต่อการเติบโตของไม้สนคาริเบีย พบว่า ไม้สนคาริเบียในแปลงตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 30 ของร้อยละการปกคลุมเรือนยอดจากพื้นที่ซึ่งมีการปกคลุมเรือนยอดสูง A1 (ตัดหนัก) มีร้อยละความเพิ่มพูนของพื้นที่หน้าตัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงหลังการตัดขยายระยะ คือ 11.025 และ 7.765 และ 9.473 ตามลำดับ โดยแปลงตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 50 ของร้อยละการปกคลุมเรือนยอดจากพื้นที่ซึ่งมีการปกคลุมเรือนยอดสูง A2 (ตัดเบา) มีร้อยละความเพิ่มพูนของพื้นที่หน้าตัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงหลังการตัดขยายระยะ คือ 13.910 และ 7.732 และ 6.145 ตามลำดับ ส่วนแปลงตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 30 ของร้อยละการปกคลุมเรือนยอดจากพื้นที่ซึ่งมีการปกคลุมเรือนยอดต่ำ B1 (ตัดหนัก) มีร้อยละความเพิ่มพูนของพื้นที่หน้าตัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงหลังการตัดขยายระยะ คือ 13.107 และ 6.344 และ 9.222 ตามลำดับ แปลงตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 50 ของร้อยละการปกคลุมเรือนยอดจากพื้นที่ซึ่งมีการปกคลุมเรือนยอดต่ำ B2 (ตัดเบา) มีร้อยละความเพิ่มพูนของพื้นที่หน้าตัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงหลังการตัดขยายระยะ คือ 12.087 และ 5.663 และ 11.343 ตามลำดับ ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงควบคุม (C) ที่ไม่มีการตัดขยายระยะ พบว่า มีร้อยละความเพิ่มพูนของพื้นที่หน้าตัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงหลังการตัดขยายระยะ คือ 5.366 5.149 และ 7.004 ตามลำดับ การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเพิ่มพูนรายปีของขนาดพื้นที่หน้าตัดและความสูงของไม้สนคาริเบียภายหลังการตัดขยายระยะ ที่ระดับความเข้มข้นของการตัดขยายระยะที่มีร้อยละการปกคลุมเรือนยอดแตกต่างกันเทียบกับแปลงควบคุม พบว่า ความเพิ่มพูนรายปีของขนาดพื้นที่หน้าตัด ในแปลงตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 30 ของร้อยละการปกคลุมเรือนยอดจากพื้นที่ซึ่งมีการปกคลุมเรือนยอดสูงและต่ำ A1, B1 (ตัดหนัก) มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อผ่านช่วงเวลาภายหลังการตัดขยายระยะ 2 ปี

ด้านการประเมินศักยภาพพื้นที่และการปลูกไม้สนในพื้นที่ของเกษตรกร โดยกระบวนการมีส่วนร่วม เพื่อปลูกทดสอบไม้สนต่างถิ่น 3 ชนิด ได้แก่ สนคาริเบีย สนโอคาร์ปา และสนเทคนูมานี่ เสริมในพื้นที่ป่าใช้สอยของเกษตรกร โดยปลูกในปี พ.ศ. 2561 ลักษณะของสังคมพืชในแปลงป่าใช้สอยของเกษตรกร พบว่า มีความหนาแน่นของหนุ่ไม้อยู่ระหว่าง 99-110 ต้นต่อไร่ และมีพื้นที่หน้าตัดของหนุ่ไม้อยู่ระหว่าง 2-3 ตารางเมตรต่อไร่ สามารถแบ่งสังคมพืชในป่าใช้สอยของเกษตรกรออกเป็นป่าสนผสมพลวงจำนวน 4 แปลง และป่าสนผสมเหียง จำนวน 1 แปลง โดยพบสนสองใบเป็นชนิดไม้เด่นในพื้นที่ ในด้านการปกคลุมของเรือนยอดของสังคมพืชในแปลงป่าใช้สอยของเกษตรกร พบว่า มีค่าเฉลี่ยของดัชนีพื้นที่ผิวใบอยู่ในช่วง 0.609-0.812 และมีค่าเฉลี่ยการปกคลุมของเรือนยอดหนุ่ไม้อยู่ในช่วงร้อยละ 32.71-45.83 จากการศึกษาการเติบโตของไม้สนต่างถิ่นดังกล่าว พบว่า ภายหลังการปลูก 1 ปี อัตราการรอดตายของไม้สนต่างถิ่นทั้งสามชนิดลดลงเนื่องจากเกิดปัญหาไฟป่าเข้าพื้นที่แปลงปลูกทดลองเกือบทั้งหมดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ โดยพบว่า สนโอคาร์ปา สนคาริเบีย และสนเทคนูมานี่มีอัตราการรอดตายลดลงเท่ากับ 56.00, 44.70 และ 38.70 ตามลำดับ สำหรับการเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดิน พบว่า สนเทคนูมานี่ มีการ

เติบโตดีที่สุด รองลงมาเป็น สนคาร์เบีย และสนโอคาร์ปา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.50, 0.43, 0.42 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับการเติบโตทางความสูง พบว่า สนเทคนูมานี้ มีการเติบโตดีที่สุด รองลงมาเป็น สนโอคาร์ปา และสนคาร์เบีย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.16, 45.76 และ 41.48 เซนติเมตร ตามลำดับ

ส่วนด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากไม้สนคาร์เบียที่ได้จากการตัดขยายระยะ และผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากยางสนคาร์เบียสนคาร์เบียที่มีอายุอย่างน้อย 10 ปีถูกตัดเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ประเภทอุปกรณ์สำนักงานที่ไม่ใช่โต๊ะ เก้าอี้ และตู้ โดยได้ออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์แทนวางโทรศัพท์มือถือและที่แขวนพวงกุญแจจากไม้สนคาร์เบียและได้จัดทำร่างคู่มือการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้สนคาร์เบีย ซึ่งเนื้อหาในคู่มือ ประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับไม้สนคาร์เบีย คุณสมบัติทางเคมี กายวิภาค กลสมบัติ สมบัติทางกายภาพ และวิธีการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ ยางสนจากสนคาร์เบียที่มีอายุอย่างน้อย 30 ปี ถูกเก็บด้วยวิธีการกรีดเปลือกจากสถานีวนวัฒนวิจัยอินทขิล หลังจากนั้นทำการกลั่นยางสนด้วยอุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส เพื่อแยกสารที่ระเหยได้ออกจากสารที่ไม่ระเหยแล้วทำการวิเคราะห์ผลผลิต (yield) และตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของผลผลิต เช่น ความถ่วงจำเพาะ และความหนืด หลังจากนั้นทำการประเมินการใช้ประโยชน์จากยางสน โดยได้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ 2 ส่วน คือ สารเคลือบผิวป้องกันความชื้นและสารให้ความหอม พร้อมจัดทำร่างคู่มือการกรีดยางสนคาร์เบีย ซึ่งคู่มือจะประกอบด้วยเนื้อหาต่างๆ เช่น ปริมาณยางสนที่เก็บได้ในสนชนิดต่างๆ การเลือกต้นสนที่เหมาะสมในการกรีดยาง คุณสมบัติทางกายภาพของยางสน วิธีการที่เหมาะสมในการกรีด หรือเก็บยางสน การใช้ประโยชน์ยางสนในรูปแบบต่างๆ

การศึกษาผลของการเผาป่าต่อการสืบพันธุ์ของไม้สน พบว่าการเผาส่งผลให้กล้าไม้ที่มีอยู่เดิมตายทั้งหมด แต่หลังจากผ่านการเผามีกล้าไม้สนเกิดขึ้นจำนวนมาก สำหรับไม้รุ่นพบการตายจากไฟในบางแปลง ในขณะที่บางแปลงไม้รุ่นไม่ตาย สำหรับการสำรวจด้านผลผลิตและการตลาดของเห็ดเผาะซึ่งเป็นของป่าหลักในพื้นที่ พบว่ามีผลผลิตมากในช่วงเดือนมิถุนายน โดยมีมูลค่าเห็ดเผาะประมาณ 14 ล้านบาท ซึ่งราคาขายเห็ดเผาะประมาณ 30-200 บาทต่อลิตร โดยสามารถเก็บเห็ดได้ทั้งหมด 104,780 ลิตร

การติดตามการดำเนินงานด้านการฟื้นฟูและจัดการทรัพยากรป่าไม้ โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนผลในการฟื้นฟูป่าต้นน้ำด้วยการซ่อมแซมฝายและกรณีการจัดการไฟป่าได้รับความร่วมมือจากชุมชน แต่การจัดการไฟป่าในพื้นที่ป่าทั้ง 3 ชุมชน ไม่สามารถควบคุมไฟป่าได้ เนื่องจาก ไฟป่ามีความรุนแรงมาก โดยปัจจัยความสำเร็จ คือ การมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมแบบพหุภาคี โดยผู้นำชุมชนมีบทบาทสำคัญในการสร้างความมีส่วนร่วมของชุมชนและหน่วยงาน/ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาติดตามการเติบโตของไม้สนและการจัดการต่างๆ ในปีที่ 5 จากผลการดำเนินงานปี พ.ศ. 2562 ที่รายงานไปข้างต้น จะทำการติดตามงานที่ดำเนินการต่อเนื่องในปีต่อไปในทุกๆ ด้านที่ได้รายงานผลไปแล้ว ได้แก่ การเติบโตของชนิด/พันธุ์ไม้สนที่เหมาะสมกับพื้นที่ป่าสนบ้านวัดจันทร์เพื่อหาข้อสรุปชนิด/พันธุ์ที่เหมาะสม การติดตามการเติบโตของต้นไม้ที่ปลูกส่งเสริมในพื้นที่เกษตรกร และติดตามผลของการจัดการทางวนวัฒนวิทยา ได้แก่ การตัดขยายระยะ การจัดการไฟที่มีต่อการเติบโตของต้นไม้ที่ปลูก ไม้ที่มีอยู่ในธรรมชาติรวมทั้งการเจริญทดแทนตามธรรมชาติของไม้สนและของป่าบางอย่างที่เป็นผลจากการจัดการทางวนวัฒนวิทยา (ไฟ) ซึ่งงานที่จะดำเนินการดังกล่าวมีเป้าหมายสุดท้ายเพื่อให้ได้องค์ความรู้ของการปลูก การจัดการเพื่อการใช้ประโยชน์และการอนุรักษ์ไม้สนในพื้นที่ป่าสนบ้านวัดจันทร์อย่างยั่งยืนที่จะนำไปถ่ายทอดสู่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องต่อไป