

## บทที่ 2 การตรวจเอกสาร

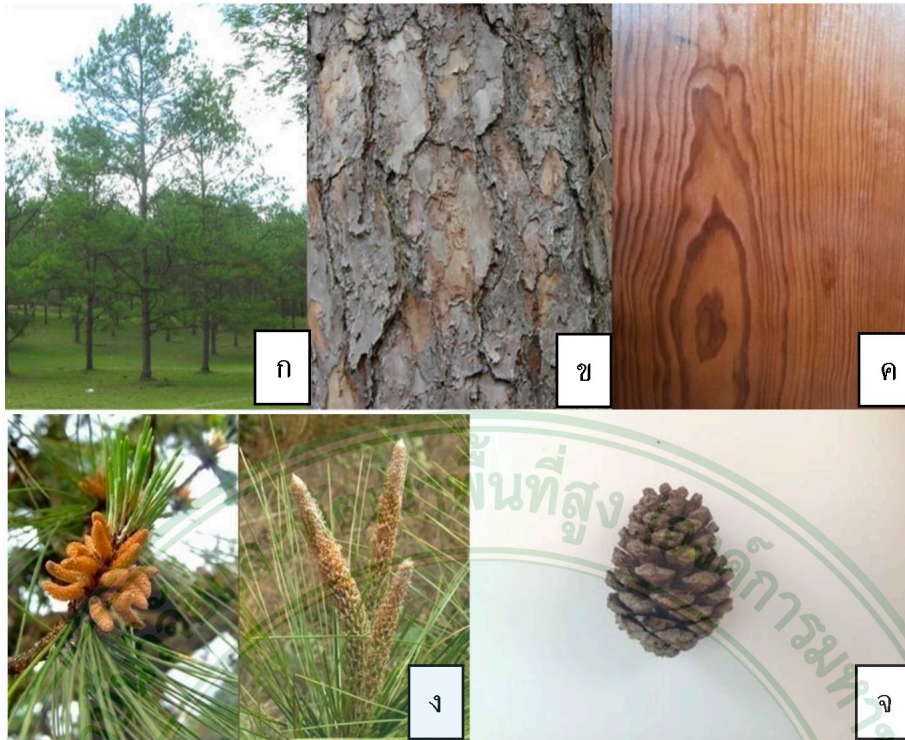
### 2.1 ลักษณะทั่วไปของไม้สน

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 เกล็ดจะอ้าออกเปิดโอกาสให้เมล็ดได้เกล็ด 1-2 เมล็ด ขนาด 0.3-0.5 เซนติเมตร หลุดร่วงออกมา โดยเมล็ดจะมีรูปร่างรีๆ มีครีบบางเป็นปีกอยู่ที่ปลายยาวประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร ช่วยในการปลิวกระจายไปตามลมเป็นการกระจายพันธุ์ ลูกสนแก่จัดในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม เนื้อไม้สนสามใบมีสีเหลืองถึงน้ำตาลอ่อน เสี้ยนตรง 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 ซึ่งก็คือการมีเรือนยอดพุ่งสูงขึ้นไป โดยไม่แตกกิ่งก้านเป็นระยะหลายๆ เมตร แล้วอาจแตกกิ่งรอบๆ ลำต้นแบบ basket whorl ซึ่งอาจรับน้ำหนักมากจนลำต้นหักงอ หรือพับกลับลงมาได้ (flop) อันเป็นข้อเสียอย่างหนึ่งของสนสองใบ (สมยศ, 2530)

สนสองใบเปลือกจะหนามาก และเป็นร่องลึกตามความยาวของลำต้น และมีรอยตัดขวางบ้างเป็นระยะๆ ต้นที่โตเต็มวัยความหนาของเปลือก 4-6 เซนติเมตร สีสน้ำตาลดำ หรือเทาดำ สนสองใบสายพันธุ์ Continental จะมีเปลือกหนา และร่องลึกใหญ่กว่าสายพันธุ์ Insular การมีเปลือกหนาเช่นนี้ทำให้ค่อนข้างมีความทนทานต่อไฟป่า 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 อาจจะมีพบเห็นได้ตลอดปี ส่วนดอกตัวผู้ของสายพันธุ์ Continental จะเริ่มบานประมาณเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม ดอกตัวเมียมีลักษณะคล้ายรูปหลอดไฟ หรือคล้ายไมโครโฟนแทงยาวติดอยู่ปลายกิ่ง ส่วนที่เป็นดอกมีรูปร่างโค้งงอ และมีเกสรสีเหลืองอมเขียวโดยรอบ เมื่อถึงระยะที่จะรองรับละอองเกสรตัวผู้ เกสรตัวเมียจะเปิดดอก และมีน้ำเลี้ยงขีมิอยู่รอบๆ 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 แม้กระทั่งในข้อเดียวกันก็อาจแก่ไม่พร้อมกันได้ การติดผลมักจะสลบปีเว้นปี 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

ทั้งนี้ The Gymnosperm Database (2018) รายงานว่า 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 (อนุยุคโพลโอซิน) (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 และเส้นผ่านศูนย์กลางกว้างถึง 1.35 เมตร ลำต้นเปลาตรง และมีกิ่งเล็ก มีการลิดกิ่งด้วยตัวเองดีมาก ใบเรียวยาวเล็กคล้ายเข็มอยู่เป็นกระจุก กระจุกหนึ่งจะมีใบอยู่ระหว่าง 3-6 ใบ แต่ละใบมีความยาวระหว่าง 15-25 เซนติเมตร และกว้างประมาณ 1.5 มิลลิเมตร มีสีเขียวอมเหลืองถึงเขียวเข้ม กระจุกใบจะไปรวมกันอยู่ที่ปลายกิ่งทำให้ดูเหมือนพุ่ม ใบจะมีผิวมัน มีปากใบสีเหลืองอ่อนเรียงตัวเป็นแนวเส้นอยู่รอบๆ ใบ กาบหุ้มใบจะมีความยาวประมาณ 10-12 มิลลิเมตร มีสีน้ำตาลอ่อนแล้วค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีเข้ม มีความเหนียวคงทน ไม้สนคาริเบียจะมีการแตกกิ่งจากตายอดประมาณ 2-6 ครั้งต่อปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม ดอกจะอยู่แยกกัน โดยดอกตัวผู้จะอยู่ตรงโคนยอด และดอกตัวเมียจะอยู่ตรงปลายกิ่ง โดยทั่วไปดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียจะอยู่คนละกิ่ง โดยดอกตัวผู้มักจะเกิดที่กิ่งที่อยู่ตอนล่างๆ ของเรือนยอด และดอกตัวเมียจะอยู่บนกิ่งที่อยู่ตอนบนของเรือนยอด แต่บางครั้ง

อาจพบดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียอยู่บนกิ่งเดียวกัน ดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียของสนคาริเบีย มักปรากฏในปลายเดือนตุลาคมถึงต้นเดือนพฤศจิกายน โดยประมาณปลายเดือนพฤศจิกายนดอกตัวผู้ของสนคาริเบียจะเริ่มปล่อยละอองเกสร และจะปล่อยละอองเกสรไปจนถึงประมาณเดือนมกราคม ส่วนดอกตัวเมียจะค่อยๆ พัฒนาขึ้นตามลำดับ ต่อจากนั้นประมาณ 3 สัปดาห์ เกสรตัวผู้จะร่วงออก เพื่อรับละอองเกสรตัวผู้ จนกลางเดือนธันวาคมซึ่งถือเป็นช่วงที่พ้นระยะการผสมเกสร หลังจากที่ดอกได้รับการผสมเกสรจะพัฒนาไปจนเป็นผล โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 20-22 เดือน และผลจะแก่จัดประมาณเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน ผลแก่จะมีลักษณะเป็นรูปโคน ขนาดยาว 10-12 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.5-3.5 เซนติเมตร (ภาพที่ 3)

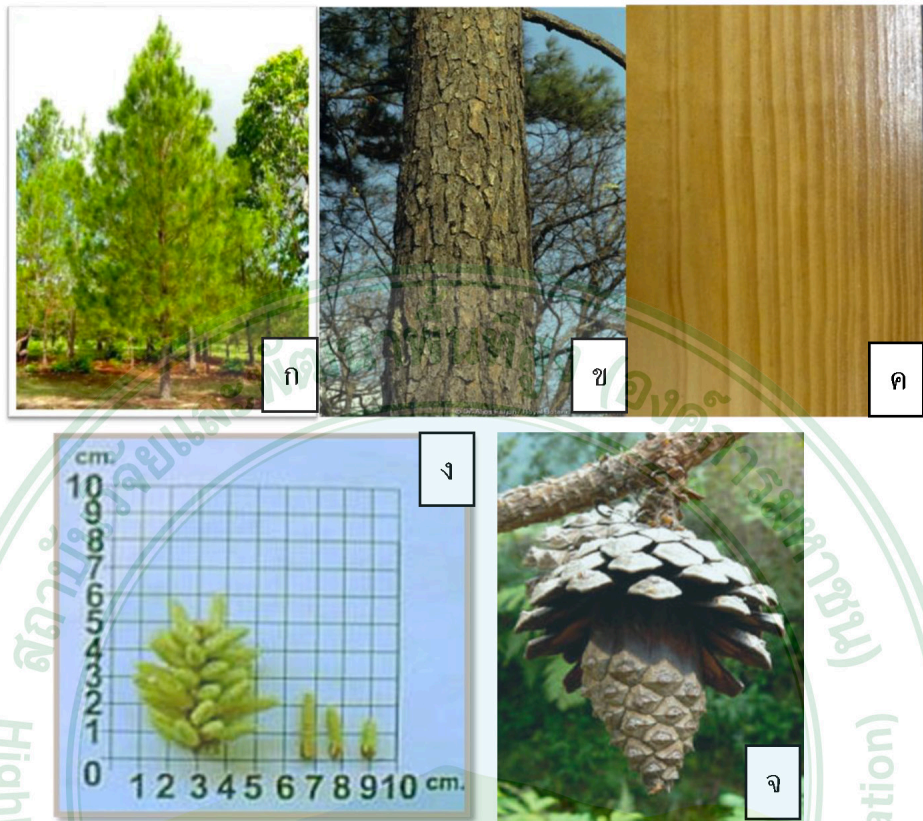


ภาพที่ 3 ลักษณะของต้นสนคาริเบีย ก) ลำต้น ข) เปลือก ค) เนื้อไม้ ง) ดอก และ จ) ผล

#### 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 ความยาวของใบอยู่ระหว่าง 12-28 เซนติเมตร ความกว้างของใบอาจถึง 1.5 มิลลิเมตร ใบมีลักษณะแข็ง หยาบ ใบอ่อนมีสีน้ำตาล ใบแก่จะมีสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ ผลเป็นรูปไข่ หรือเหมือนกรวย ติดอยู่บนก้านมี 1-2 ผล และบางครั้งอาจจะมีถึง 3 ผล ผลจะมีเปลือกหนา และมีลักษณะคล้ายหมากแหลมตลอดลูก เมล็ดมีขนาดเล็กยาวประมาณ

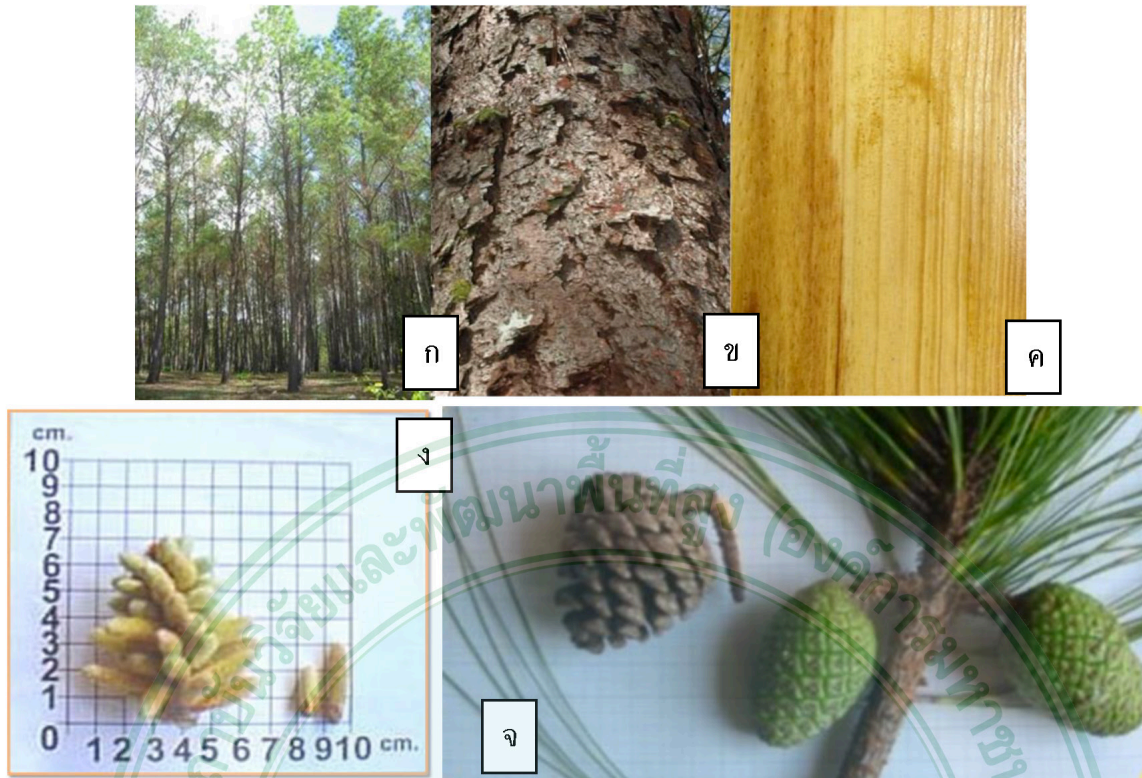
6 มิลลิเมตร มีสีดำเป็นจุดๆ และเมล็ดจะมีปีกยาวประมาณ 15-18 มิลลิเมตร ติดอยู่ด้วย (กมล, 2527) (ภาพที่ 4)



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

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

สนเทคนูมานีเป็นไม้ขนาดกลาง เช่นเดียวกับไม้สนโอคาร์ปา ตามธรรมชาติ ขึ้นปะปนกับไม้สนโอคาร์ปา และสนแมกซิมีนอยด์ ในระดับความสูง 1,000-2,000 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ขึ้นอยู่ในดินค่อนข้างลึก และดีกว่าสนโอคาร์ปา แต่ยังคงจัดเป็นดินชนิดเลว ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ย 1,200-1,800 มิลลิเมตรต่อปี มีความแห้งแล้งประมาณ 3-4.5 เดือนต่อปี เดิมไม้ชนิดนี้จัดเป็นชนิดเดียวกับสนโอคาร์ปา จนกระทั่งปี ค.ศ. 1981 มีผู้นำเอาลักษณะบางอย่างที่แตกต่างกันแยกสนเทคนูมานีออกจากสนโอคาร์ปา โดยใช้ข้อแตกต่างหลายอย่าง คือ สนโอคาร์ปา หลังจากตัดฟันแล้วตอที่เหลืออยู่สามารถแตกหน่อได้หากได้รับความชื้นเพียงพอ แต่สนเทคนูมานีจะไม่สามารถแตกหน่อได้ โคนของสนโอคาร์ปาจะมีซุ้มยาวประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร เห็นชัดเจน แต่โคนของสนเทคนูมานีจะติดกับกิ่ง หรือลำต้น โดยมีซุ้มสั้นมาก ใบของสนเทคนูมานีจะมีขนาดเล็กเป็นฝอยๆ ยาวกว่าใบสนโอคาร์ปา (ประดิษฐ์, 2540) (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ลักษณะของต้นสนเตคูมนานี้ 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 มีการเติบโตดีที่สุด 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 โดยมีไม้สนเตคูมนานี้ถิ่นกำเนิด Yucul ประเทศนิการากัวเป็นตัวเปรียบเทียบ พบว่า ไม้สนเตคูมนานี้มีการเติบโตดีกว่าสนสามใบ (กรมป่าไม้, 2545)

การศึกษาผลผลิตขั้นปฐมภูมิของสวนป่าไม้สนสามใบที่สวนป่าบ่อหลวง อำเภอฮอดจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ผลผลิตจะมากที่สุดที่สวนป่าอายุ 12 ปี (11.04 ตันต่อไร่ต่อปี) แต่อัตราการเพิ่มพูนทางด้านปริมาตรของลำต้น ซึ่งถือว่าเป็นผลผลิตเพื่อผลทางด้านเศรษฐกิจนั้นสวนป่าอายุ 10 ปี ซึ่งปลูกด้วยระยะปลูก 2x4 เมตร จะให้อัตราการเพิ่มพูนทางด้านปริมาตรของลำต้นมากที่สุด (4.39 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี) ซึ่งความเพิ่มพูนทางด้านปริมาตรนี้จะขึ้นอยู่กับอายุ และความหนาแน่นของหมู่ไม้ ในขณะที่การสำรวจสวนป่าอายุ 10 ปี ทางภาคเหนือ โดยสุ่มตัวอย่าง 25 ตัน พบว่า อัตราการเติบโตด้านความสูงเฉลี่ย 9.30 เมตร และ

เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 14.2 เซนติเมตร หรือสูงประมาณปีละ 0.93 เมตร และมีความเพิ่มพูนด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยปีละ 1.42 เมตร

### 2.2.2 สนสองใบ

ไม้สนสองใบเป็นไม้ที่มีการเติบโตช้าในช่วงแรก โดยเฉพาะในระยะที่เป็นระยะหญ้าแต่เมื่อผ่านระยะนี้ไปแล้วอัตราการเติบโตจะดีขึ้น เริงชัย (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 ถิ่นกำเนิดใน 4 พื้นที่ของประเทศไทย คือ สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ ห้วยยะอู จังหวัดตาก สถานีทดลองปลูกพรรณไม้หนองคู จังหวัดสุรินทร์ และแปลงทดสอบท่าแซะ จังหวัดชุมพร พบว่า ไม้สนคาริเบีย อายุ 1 ปี และ อายุ 4 ปี ที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ มีการเติบโตทางด้านความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 26.9 และ 154 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ไม้สนคาริเบียอายุ 25 ปี ในพื้นที่เดียวกัน มีการเติบโตทางด้านความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 21.34 เมตร และมีการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย เท่ากับ 22.3 เซนติเมตร ในควีนสแลนด์ตอนใต้ผลผลิตของสนคาริเบียจะประมาณ 14.3 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ต่อปี ส่วนในมาเลเซีย นั้น พบว่า สนคาริเบียอายุ 7-8 ปี ให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 11.1-17.9 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ต่อปี และคาดว่าจะมีผลผลิตเพิ่มมากขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น ในขณะที่สนคาริเบียในแอฟริกาใต้ ซึ่งมีสภาพดินลึก โปรง ส่งผลให้รากสามารถหยั่งลงถึงน้ำใต้ดินที่มีอยู่ตลอดปี สามารถให้ผลผลิตเฉลี่ยรายปีถึง 21 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ต่อปี (กรมป่าไม้, 2545)

### 2.2.4 สนโอคาร์ปา และสนเทคนูมานี่

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

ในส่วนของไม้สนเทคนูมานี่ พบว่า สนเทคนูมานี่ อายุ 7 ปี ที่ปลูกที่เชียงใหม่มีการเติบโตทางด้านความสูงเฉลี่ย 7.14 เมตร การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 9.73 เซนติเมตร ในขณะที่สนเทคนูมานี่ 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 แต่โดยข้อเท็จจริงแล้ววนวัฒนวิทยาเป็นสาขาหนึ่งของวิชาวนศาสตร์ที่ประยุกต์ศิลป์ 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 ไฟป่า โรคแมลง และลมพายุ เป็นต้น ซึ่งจะต้องใช้ความรู้เฉพาะสาขาไปประยุกต์ใช้ หากวิธีการป้องกันไม่สามารถที่จะทำได้ ก็จำเป็นต้องตัด เพื่อกู้ภัย (salvage cutting) ซึ่งดีกว่าปล่อยให้ความเสียหายลุกลามไปมากขึ้น

ทั้งนี้วัตถุประสงค์ของการปฏิบัติทางวนวัฒนวิทยา (วิสุทธิ์, 2544) ประกอบด้วย

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

2) ควบคุมความหนาแน่นของหมู่ไม้ ควบคุมให้ต้นไม้มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ เพราะหากมีต้นไม้หนาแน่นเกินไปจะทำให้เกิดการแก่งแย่งกัน และการเจริญทดแทนจะเกิดขึ้นได้ลำบาก

3) พื้นฟูสภาพป่าที่ไม่ให้ผลผลิต ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เกิดจากการถูกบุกรุกทำลายป่าหรือเกิดไฟไหม้ การปฏิบัติทางวนวัฒนจะช่วยทำให้พื้นที่คืนสภาพเป็นป่าที่ให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่ต่อไป

4) เพื่อป้องกัน และกู้ภัยให้กับป่า การปฏิบัติทางวนวัฒนจะช่วยป้องกันอันตรายจากไฟป่า โรคแมลง และลมให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด และยังช่วยลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้ โดยการตัดไม้ที่ได้รับอันตรายออกไปใช้ประโยชน์ก่อนที่จะสูญเสียคุณค่าลงไป

5) ควบคุมความยาวรอบตัดฟัน (rotation) การปฏิบัติทางวนวัฒนจะช่วยให้การกำหนดขนาด และอายุของต้นไม้ที่จะตัดฟันให้เป็นไปอย่างเหมาะสม และการควบคุมความหนาแน่นของหมู่ไม้ให้ถูกต้องเหมาะสม จะทำให้ต้นไม้ในหมู่นั้นโตเร็วขึ้น 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 โดยแม่ไม้ไปรยเมล็ดลงสู่พื้นดิน 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) เป็นการดำเนินงานทางด้านวนวิทยา โดยการเลือกตัดต้นไม้ในหมู่ไม้ที่ยังไม่แก่เต็มที่ และขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นออก โดยมีวัตถุประสงค์ในการตัดขยายระยะ คือ เพื่อช่วยให้ต้นไม้มีการเติบโตเร็วขึ้น และทำให้มีวัยรอบตัดฟันสั้นลง ทำให้ต้นไม้มีคุณภาพดีขึ้น เพื่อให้มีรายได้จากการตัดขยายระยะต้นไม้ที่เสื่อมคุณภาพออกมาใช้ประโยชน์ (วิสุทธิ, 2544; ลดาวัลย์, 2550)

ทั้งนี้การตัดขยายระยะสามารถแบ่งออกได้ 4 วิธี คือ

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

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

- 3) การตัดขยายระยะแบบ selection thinning คือ การตัดต้นไม้ที่มีเรือนยอดเด่นที่สุดออก เพื่อช่วยให้ต้นไม้ที่มีเรือนยอดรองๆ ลงไปมีโอกาสเติบโตอย่างเต็มที่

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

## 2.6 การปลูกสร้างสวนป่า

องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (2548) กล่าวว่า การปลูกสร้างสวนป่า คือ การนำพรรณไม้มาปลูกลงในพื้นที่ที่กำหนดให้อย่างมีระบบ แบบแผน และวัตถุประสงค์ที่แน่นอนโดยในการปลูกสร้างสวนป่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาเทคนิค 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 รวมทั้งให้ได้ผลผลิตที่มีความยั่งยืนสืบเนื่องต่อไป

## 2.7 ผลกระทบของไฟ

ในแต่ละครั้งที่เกิดไฟป่าย่อมส่งทั้งผลดีและโทษ ขึ้นอยู่กับความรุนแรงและความถี่ของไฟที่เกิดขึ้น และย่อมจะส่งผลที่แตกต่างกันออกไปตามแต่ละพื้นที่และแต่ละระบบนิเวศ หากไฟที่เกิดขึ้นนั้นมีความรุนแรงต่ำและมีได้เกิดซ้ำที่เดิมทุกปี ก็จะช่วยรักษาให้ป่านั้นมีสภาพเป็นป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง หรือป่าสน ตามเดิม ไม่เปลี่ยนแปลงไปเป็นป่าชนิดอื่น ช่วยให้มีการเจริญทดแทนตามธรรมชาติ และอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตในด้านความสูงของกล้าไม้เพิ่มขึ้นเนื่องจากไฟได้ช่วยกำจัดวัชพืชบนพื้นป่าที่แก่งแย่งการเจริญเติบโตกับกล้าไม้ อีกทั้งความร้อนจากไฟช่วยเร่งการงอกของเมล็ดกระตุ้นให้เมล็ดของชนิดไม้ที่มีเปลือกแข็งและฝังตัวอยู่ใต้ดิน (soil seed bank) สามารถเจริญเติบโตงอกขึ้นมาเหนือพื้นดินได้ ไฟที่มีความรุนแรงน้อยยังช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินและส่งผลให้การแทรกซึมของน้ำลงสู่ดินมีเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ไฟยังเป็นเครื่องมือทางวนวัฒน วิทยาในการกำจัดวัชพืชและเตรียมพื้นที่เพื่อการปลูกสร้างสวนป่า แต่ก็ต้องควบคู่ไปกับการวางแผนและการควบคุมไม่ให้ไฟลุกลามเกินการควบคุมได้ (สันต์, 2549) ภายหลังกการเผา 1 ปี ความหนาแน่นต่อพื้นที่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้นและจำนวนของไม้ร่น ในสังคมพืชป่าสนเสื่อมโทรมลดลงมากกว่าป่าสนผสมก้อ มีเพียงไม้ร่นที่มีขนาดใหญ่เท่านั้น ที่จะสามารถทนทานได้กับสภาพแวดล้อมที่มีปัญหาไฟป่าเป็นประจำเกือบทุกปี ไม้ร่นในป่าสนเสื่อมโทรมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกและความสูงเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ความหนาแน่นและความสูงของไม้ร่นในป่าสนผสมก้อมีค่าลดลงแต่มีเส้นผ่าศูนย์กลางโคนต้นและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกเพิ่มมากขึ้น สำหรับกล้าไม้พบว่าความหนาแน่นต่อพื้นที่ในป่าสนเสื่อมโทรมลดลง แต่เป็นไปในทางตรงกันข้ามกับป่าสนผสมก้อที่มีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง โคนต้นของกล้าไม้ในป่าสนผสมก้อลดลงมากกว่าป่าสนเสื่อมโทรม แต่ป่าสนเสื่อมโทรมก็มีความสูงของกล้าไม้ลดลงมากกว่าป่าสนผสมก้อ (กอบศักดิ์ และคณะ, 2556)

ในทางกลับกันหากเกิดไฟป่าที่มีความรุนแรงมากหรือมีความถี่ในการเกิดมากเกินไป ไฟที่เกิดขึ้นนั้นก็จะส่งผลกระทบต่อสังคมพืช จากการที่ไฟได้ทำลายกล้าไม้ และไม้พื้นล่าง ทำให้การเจริญทดแทนตามธรรมชาติเกิดการขาดช่วง การเจริญเติบโตของต้นไม้อ่อนหรือมีการเจริญเติบโตลดลงรวมทั้งมีความหนาแน่นของหมู่ไม้ลดลง เนื่องจากกล้าไม้ไม่มีโอกาสเจริญเติบโตไปเป็นไม้ต้น เช่น ไม้ร่นในป่าสนจะมีการเจริญเติบโตทางด้านความโต (เส้นผ่านศูนย์กลาง) ลดลงถึงร้อยละ 20 และ มีการเจริญเติบโตทางความสูงลดลงร้อยละ 25 ในป่าผลัดใบที่มีความแห้งแล้งเมื่อเกิดไฟป่าจะทำให้รากไม้ที่อยู่ชิดในระดับผิวดิน 0-2 เซนติเมตร ตายไปประมาณร้อยละ 80 อัตราการตายของรากจะลดลงอย่างรวดเร็วตามลำดับความลึกจากผิวดิน แต่ที่ระดับความลึก 6 เซนติเมตร ลงไปจากผิวดินรากไม้จะไม่ได้รับผลกระทบจากไฟเลย และหากเกิดไฟป่าขึ้นในบริเวณสวนป่าที่มีหมู่ไม้อายุระหว่าง 1-5 ปี อาจส่งผลกระทบต่อทำให้หมู่ไม้ในสวนป่านั้นตายได้ถึงร้อยละ 20 (สันต์, 2549) แต่ทั้งนี้หากมีการป้องกันไฟในพื้นที่ติดต่อกันเป็นเวลานาน ก็จะทำให้สังคมพืชเปลี่ยนแปลงไปมีชนิดพันธุ์ที่ไมทนไฟเข้ามารุกราน เนื่องจากพื้นที่ที่มีร่นเงาและมีความชื้นมากขึ้น สุดท้ายแล้วก็จะกลายเป็นสังคมพืชที่ต้องการความชื้นเข้ามาแทนที่ (ดอกรัก และอุทิศ, 2552)

## 2.8 การจัดการทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืน

สำหรับนิยามศัพท์ของคำว่า การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืนนั้น FAO (1993) ได้กำหนดรูปแบบของการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน ไว้ว่า เป็นการดำเนินการที่ประกอบด้วย การวางแผน การผลิตไม้เพื่อวัตถุประสงค์

ทางการค้า รวมทั้งสามารถตอบสนองความต้องการของท้องถิ่นในรูปแบบของไม้พื้น ไม้เสา อาหาร อาหารสัตว์ นอกจากนี้ยังมีวัตถุประสงค์อื่นๆ ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมด้านการป้องกันและจำแนกพื้นที่ป่าออกเป็นสวนๆ เพื่อการจัดการด้านพืชพรรณไม้หรือเพื่อสงวนสัตว์ป่าหรือเพื่อเป็นแหล่งนันทนาการ หรือเพื่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งมีแผนการและแนวทางการควบคุมการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เพื่อปรับใช้ประโยชน์เป็นพื้นที่เพื่อการเกษตรและอื่นๆ อย่างเหมาะสม มีการพัฒนาฟื้นฟูพื้นที่ที่รกร้างว่างเปล่าและพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมและปลุกต้นไม้เสริมเข้าไปในพื้นที่การเกษตร ควบคู่ไปกับการดำเนินโครงการส่งเสริมสนับสนุนด้านวนเกษตร ซึ่งเป็นงานที่ต้องอาศัยความรู้จากหลากหลายสาขาวิชาและความสนับสนุนช่วยเหลือจากทุกภาคส่วน แต่อย่างไรก็ตามการจัดการป่าไม้แบบยั่งยืนจะต้องมีวัตถุประสงค์ และวัตถุประสงค์นั้นจะกำหนดขึ้นตามภาวะวิกฤตของแต่ละพื้นที่ซึ่งย่อมจะมีความแตกต่างกันออกไป วัตถุประสงค์ของการจัดการป่าไม้จะต้องสอดคล้องและสนับสนุนนโยบาย กฎหมายและกฎระเบียบทางด้านป่าไม้ และจะต้องมีการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ

ดังนั้นในการที่จะจัดการป่าไม้ให้เป็นป่าสมบูรณ์อย่างยั่งยืนได้นั้นในขั้นแรกจะต้องทราบถึงสถานภาพของป่าไม้ที่เป็นอยู่ในปัจจุบันว่ามีสถานภาพอย่างไร เป็นป่าที่มีสภาพค่อนข้างสมบูรณ์หรือเป็นป่าเสื่อมโทรม ทั้งนี้เพื่อจะได้กำหนดแนวทางในการจัดการป่านั้นให้พัฒนาไปสู่สภาพป่าที่สมบูรณ์ได้อย่างเหมาะสม และเมื่อได้รับการจัดการให้กลับสู่สภาพป่าที่สมบูรณ์แล้วขั้นต่อไปก็จะต้องกำหนดแนวทางการจัดการป่าไม้ที่เหมาะสมเพื่อให้ป่าคงสภาพที่สมบูรณ์ได้อย่างยั่งยืน สำหรับแนวทางการจัดการป่าไม้แบบยั่งยืนมีองค์ประกอบ ดังนี้

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

แนวคิดและหลักการในการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืนเป็นแนวคิดหนึ่งที่กล่าวถึงความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งในยุคปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่ามีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์ ถือได้ว่าเป็นเสาหลักแห่งการพัฒนาที่ยั่งยืนของสังคมมนุษย์ จากการที่มนุษย์ได้เก็บเกี่ยวประโยชน์จากทรัพยากรชีวภาพโดยเฉพาะการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ที่มีมาอย่างต่อเนื่องทั้งในอดีตจนถึงปัจจุบันและยังคงต้องกระทำไปในอนาคตอีกยาวนาน ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนจึงได้มีการเสนอหลักการและข้อเสนอแนะเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนจากความหลากหลายทางชีวภาพที่จัดทำขึ้นโดยอนุสัญญาว่าด้วยความหลากหลายทางชีวภาพ Convention on Biological Diversity (CBD) โดยมุ่งให้แนวทางช่วยเหลือประเทศต่างๆและองค์กรอื่นๆ เพื่อประยุกต์สำหรับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติที่รับผิดชอบให้มีความยั่งยืน (Secretariat of CBD, 2004) โดยมีสาระสำคัญสรุปดังนี้

- 1) ให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เช่น รัฐ ผู้จัดการทรัพยากร ชุมชนท้องถิ่น ภาคเอกชน และอื่นๆ ยึดแนวทางที่ว่าทำอะไรจึงจะเชื่อได้ว่าการใช้ประโยชน์จากองค์ประกอบของความหลากหลายของประชาชนจะไม่นำไปสู่การลดลงของความหลากหลายทางชีวภาพหรือทรัพยากรอื่นๆ ที่มีการใช้ประโยชน์ในช่วงระยะยาว

- 2) การใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนเป็นเครื่องมือที่ทรงคุณค่าในการส่งเสริมการอนุรักษ์ ทั้งนี้เนื่องจากในหลายสภาพการณ์สามารถให้สิ่งจูงใจสำหรับการอนุรักษ์และการฟื้นฟูสภาพได้ เนื่องจากสิ่งที่ประชาชนได้รับจากการใช้ประโยชน์มีผลต่อสังคม วัฒนธรรมและเศรษฐกิจที่ค้ำค้ำ ซึ่งการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนได้กำหนดให้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการต่อสู้กับความยากจน

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

อุทิศ (2552) ได้สรุปเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนว่าสิ่งสำคัญเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน คือต้องให้เกิดความเชื่อมั่นว่าการใช้ประโยชน์ทั้งการบริโภคและไม่บริโภคนั้นจะไม่ก่อความเสื่อมโทรมแก่ความยั่งยืนระยะยาวของการใช้ประโยชน์นั้น การใช้ประโยชน์ทรัพยากรใดๆ มีความจำเป็นจะต้องคำนึงถึงหน้าที่ที่ทรัพยากรนั้นๆ อาจก่อให้เกิดความสมบูรณ์ในระบบนิเวศที่มันเป็นองค์ประกอบอยู่ และการใช้ประโยชน์จะต้องไม่ก่อผลกระทบในทางลบต่อหน้าที่ในระบบนั้นด้วย

ในการกำหนดแนวทางการใช้ประโยชน์และการฟื้นฟูทรัพยากรป่าไม้อย่างมีส่วนร่วม ที่จะดำเนินการในปิงปประมาณ พ.ศ. 2562 นี้ จะดำเนินการติดตามและประเมินผลกิจกรรมการฟื้นฟูทรัพยากรป่าไม้เป็นหลัก พร้อมทั้งสรุปบทเรียนกระบวนการทำงานอย่างมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเพื่อเป็นแนวทางการทำงานในอนาคตด้านการฟื้นฟูและใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ ดังนั้นการติดตามและประเมินผลจึงมีเป้าหมายเพื่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ร่วมกัน สำหรับการติดตามและประเมินผลมีความหมายที่แตกต่างกัน คือการติดตามโครงการ เป็นกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับโครงการในด้าน ปัจจัยนำเข้า การดำเนินงาน และผลการดำเนินงาน โดยใช้แผนเป็นกรอบอ้างอิง เพื่อเป็นข้อมูลย้อนกลับสำหรับกำกับ ทบทวน แก้ไข และป้องกันปัญหาขณะดำเนินโครงการ ส่วนการประเมินโครงการเป็นกระบวนการตัดสินคุณค่าของโครงการในด้านปัจจัยนำเข้า การดำเนินงานและผลของโครงการ โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์/มาตรฐาน เพื่อเป็นสารสนเทศสำหรับการปรับปรุงการดำเนินงาน สรุปผลสำเร็จของโครงการและพัฒนาโครงการ การติดตามและการประเมินโครงการ เป็นกระบวนการที่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ข้อมูลจากการติดตามโครงการ สามารถใช้เป็นข้อมูลส่วนหนึ่งของการประเมินโครงการได้ (ศูนย์ทดสอบและประเมิน เพื่อพัฒนาการศึกษาและวิชาชีพ, 2561)

## 2.9 ผลการศึกษาในปีที่ 1 ปีที่ 2 และปีที่ 3 (พ.ศ. 2559-2561)

ผลการดำเนินงานที่ผ่านมาในระยะเวลา 3 ปี (เริ่มจาก พ.ศ. 2559) พบว่า สถานภาพพื้นที่บริเวณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ (หน่วยย่อยห้วยงู) ที่มีไม้สนธรรมชาติขึ้นอยู่มีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย มีความเป็นกรดปานกลางถึงกรดจัด มีระดับอินทรีย์วัตถุที่ค่อนข้างสูงดินมีความร่วนซุย และมีความลึกมาก ไม้สนสองใบมีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด รองลงมา ได้แก่ ยางเหียงและรัก ไม้สนสองใบมีขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางระหว่าง 4.50-98.40 เซนติเมตร และมีความสูงระหว่าง 2.30-40.50 เมตร มีความหนาแน่นเฉลี่ย 24.60 ต้นต่อไร่ ไม้หนุ่ม และลูกไม้มีความหนาแน่นเฉลี่ย 17.00 และ 7.20 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ ไม้สนมี ปริมาตร 16.20 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ มวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน 14.54 ต้นต่อไร่ การศึกษา การเติบโตของสนสองใบในพื้นที่ป่าธรรมชาติบริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ (หน่วยย่อยห้วยงู) โดยอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์ห่วงปีไม้หรือรูกชกาลวิทยา พบว่า ตัวอย่างไม้ที่มีอายุมากที่สุดมีขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง 77.50 เซนติเมตร มีความกว้างของวงปีวงสุดท้ายในปี พ.ศ. 2235 มีอายุ 324 ปี กำลังผลิตของสน สองใบมีปริมาตรเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละ 0.032 ลูกบาศก์เมตรต่อต้น ในด้านการประเมินสุขภาพของสนสองใบ พบว่า มีต้นสนที่เป็นผลจากการถูกเก็บไม้เก็ยร้อยละ 20.71 ของต้นสนทั้งหมด มีปริมาตรของผลระหว่าง 0.03-0.76 ลูกบาศก์เมตร

ในขณะที่การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของสนสองใบสนสามใบ สนคาริเบีย สนโอคาร์ปา และสนเทศุนาณี พบว่า เป็นไม้ที่มีน้ำหนักเบาถึงปานกลาง ไม้สนต่างถิ่นมีความแข็งแรง และความยืดหยุ่น

มากกว่าสนพื้นเมือง สนสามใบมีความแข็งแรง และความยืดหยุ่นดีกว่าสนสองใบ สำหรับคุณสมบัติของสนต่างถิ่นจะพบว่า สนโอคาร์ปามีคุณสมบัติที่โดดเด่นในด้านความแข็งแรง และความยืดหยุ่น ซึ่งอาจสรุปได้ว่าสนต่างถิ่นมีคุณสมบัติเชิงกลที่โดดเด่นในด้านการรับแรงเป็นโครงสร้างต่างๆ เช่น คาน ตง และโครงถักต่างๆ เป็นต้น ไม้สนต่างถิ่น และสนสามใบเหมาะที่จะใช้ทำเสาอาคาร เสาเข็ม คร่าวฝ้า และไม้รองหมอนรถไฟ เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติเชิงกลรอง เช่น ความแข็ง ความเหนียวความต้านทานแรงฉีกและความต้านทานแรงถอนตะปู พบว่า ไม้สนต่างถิ่น และสนสามใบมีความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ต่างๆ ตามคุณสมบัติเชิงกลรอง สำหรับสมบัติทางเคมีของไม้สนทั้ง 5 ชนิด พบว่า มีปริมาณสารเคมีใกล้เคียงกันได้แก่ ปริมาณแอลฟาเซลลูโลส 59.62-67.32% ปริมาณลิกนิน 28.62-32.12% เถ้า 0.35-0.81% สมบัติด้านพลังงาน พบว่า สนโอคาร์ปามีค่าการใช้ประโยชน์ด้านพลังงานมากกว่าสนชนิดอื่นๆ ทั้งในแง่ของไม้พื้นและถ่านไม้ ส่วนการใช้ประโยชน์อย่างสนวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเก็บเกี่ยวยางสนในประเทศไทยคือใช้วิธีการกรีดเปลือกในสนสองใบและสนคาริเบีย โดยใช้สารกระตุ้นเป็นกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์

จากนั้น ในปี พ.ศ. 2560 ได้ปลูกทดสอบชนิดไม้สน 5 ชนิด ชนิดละ 2 ถิ่นกำเนิด โดยมีถิ่นกำเนิดที่แตกต่างกัน ได้แก่ สนสองใบ สนสามใบ สนคาริเบีย สนโอคาร์ปา และสนเทकुมานี ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ (หน่วยย่อยห้วยงู) พบว่า เมื่อผ่านไป 1 เดือน สนทั้ง 5 ชนิดมีอัตราการรอดตายสูงมาก โดยมีความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดินแตกต่างกันในแต่ละถิ่นกำเนิด โดยสนเทकुมานีจากถิ่นกำเนิด Yucul (Nicaragua) มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด สนสองใบจากถิ่นกำเนิดห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ มีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาระบบวนวัฒน์ (ระบบการปฏิบัติกับหมู่ไม้ตลอดช่วงชีวิตของต้นไม้ในพื้นที่นั้น ตั้งแต่การสืบพันธุ์ การปลูก การบำรุงรักษา และการตัดฟันไม้มาใช้ประโยชน์) ในการจัดการไม้สนพื้นเมือง/ต่างถิ่น ประกอบด้วย 1) การเจริญทดแทนตามธรรมชาติของไม้สนพื้นเมือง ได้แก่ สนสองใบ โดยวางแผนทดสอบในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ (หน่วยย่อยห้วยงู) พบว่าแปลงที่มีไม้สนหนาแน่นมากมีการกระจายของหมู่ไม้เป็นแบบ Balanced uneven-aged stand ในหมู่ไม้มีการกระจายตัวของชั้นอายุสม่ำเสมอ โดยมีไม้ขนาดเล็กที่พร้อมจะทดแทนไม้ใหญ่ที่ตาย ซึ่งหมู่ไม้จะให้ผลผลิตที่สม่ำเสมอตลอดไป ส่วนแปลงที่มีความหนาแน่นน้อย มีการกระจายของหมู่ไม้เป็นแบบ Irregular uneven-aged stand เป็นหมู่ไม้ที่มีชั้นอายุไม่เท่ากันและแต่ละชั้นอายุขึ้นอยู่กับพื้นที่ไม่เท่ากัน 2) การตัดขยายระยะของไม้สนต่างถิ่น ได้แก่ สนคาริเบีย โดยวางแผนทดลองในพื้นที่สถานีวนวัฒนวิจัยอินทขิล และได้ตัดขยายระยะไม้สนเป็น 5 รูปแบบ ได้แก่ ไม่มีการตัดขยายระยะ (C) ตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 30 ของร้อยละของการปกคลุมเรือนยอดบริเวณที่มีการปกคลุมเรือนยอดสูง H30 (ตัดหนัก) ตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 30 ของร้อยละของการปกคลุมเรือนยอดบริเวณที่มีการปกคลุมเรือนยอดต่ำ L30 (ตัดหนัก) ตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 50 ของร้อยละของการปกคลุมเรือนยอดบริเวณที่มีการปกคลุมเรือนยอดสูง H50 (ตัดเบา) ตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 50 ของร้อยละของการปกคลุมเรือนยอดบริเวณที่มีการปกคลุมเรือนยอดต่ำ L50 (ตัดเบา) ทั้งนี้การศึกษาดังกล่าวจำเป็นต้องมีการดำเนินงานต่อเนื่องเพื่อติดตามผลของการตัดขยายระยะต่อต้นไม้มือที่เหลือยู่เพื่อจะได้ทราบอิทธิพลของระดับความหนักเบาในการตัดขยายระยะที่มีต่อไม้สน

ในด้านการพึงพิงทรัพยากรป่าไม้ พบว่า ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม มีที่ดินเพาะปลูกเฉลี่ย 5.50 ไร่ต่อครัวเรือน รายได้ครัวเรือนเฉลี่ย 67,148.20 บาทต่อปี รายจ่ายครัวเรือนเฉลี่ย 62,899.67 บาทต่อปี ส่วนใหญ่ร้อยละ 58.10 มีความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในระดับมาก กลุ่มตัวอย่างมีการใช้

ไม้สร้างบ้าน ไม้ใช้สอย ไม้พื้น และของป่า การใช้ประโยชน์ไม้สนพบว่า มีการใช้ไม้สน เพื่อสร้างบ้าน ซ่อมแซม ต่อเติมบ้านเฉลี่ย 5.50 ต้นต่อครัวเรือน ไม้เกี๊ยะมีปริมาณการเก็บเฉลี่ย 65.50 กิโลกรัมต่อครัวเรือน

ผลการวิจัย 2 ปีที่ผ่านมา มีข้อเสนอแนะทางเบื้องต้นในการจัดการป่าสนบ้านวัดจันทร์ โดยควรต้องมีการดำเนินการจัดการกับไม้สนสองใบที่ถูกเก็บไม้เกี๊ยะที่มีสุขภาพไม่ดี โดยหากจำเป็นควรวางแผนกำหนด การตัดฟันไม้เหล่านี้โดยกำหนดแผนการตัดฟันแบ่งเป็น 2 compartment และกำหนดระดับความหนักเบา (harvesting intensity) จากขนาดพื้นที่หน้าตัดที่ต้องการตัดออก (ร้อยละ 10-40) โดยมุ่งเน้นตัดต้นสนที่ สุขภาพไม่ดีมีร่องรอยจากการเก็บไม้เกี๊ยะ และหลังจากตัดฟันไม้ออกไปแล้ว ควรมีการจัดการในด้าน การสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของไม้สน (ลูกไม้ไม่หนุม) ที่ขึ้นเจริญทดแทนตามธรรมชาติในพื้นที่ต่อไป

ในส่วนของผลการวิจัยในปีที่ 3 พบว่า เมื่อไม้สนมีอายุได้ 1 ปี นับจากวันที่ปลูก ไม้สนทั้ง 5 ชนิด จาก 10 ถิ่นกำเนิด มีอัตราการรอดตาย ความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดินแตกต่างกัน โดยไม้สนเทศุนูมานีจากถิ่นกำเนิด Rafael (Nicaragua) มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 58.92 เซนติเมตร ขณะที่สนสองใบจากถิ่นกำเนิดห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ มีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 6.71 เซนติเมตร ส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดิน พบว่าสนโศคาร์ปาจากถิ่นกำเนิด Mal Paso (Guatemala) มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดินเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 12.48 มิลลิเมตร ขณะที่สนคาริเบียจากถิ่นกำเนิด Santa Carlos (Honduras) มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดินเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 7.07 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตาม ส่วนใหญ่ไม้สนในแปลงปลูกทดสอบมีอัตราการรอดตายค่อนข้างสูง ด้านกิจกรรมการติดตามการทดแทนตาม ธรรมชาติของไม้สนสองใบในป่าธรรมชาติ พบว่า ผลการศึกษาชี้แนวโน้มคล้ายกับการศึกษาการเจริญทดแทน ของไม้สนสองใบในป่าธรรมชาติในปีที่ 1 กล่าวคือ แปลงที่มีไม้สนหนาแน่นมากมีการกระจายของหมู่ไม้เป็น แบบ Balanced uneven-aged stand มีการกระจายตัวของชั้นอายุสม่ำเสมอตั้งแต่การสืบพันธุ์จนถึงต้นไม้ ใหญ่แสดงให้เห็นว่า การสืบพันธุ์ตามธรรมชาติยังคงเป็นไปตามกลไกธรรมชาติ โดยมีไม้ขนาดเล็กที่พร้อมจะ ทดแทนไม้ใหญ่ที่ตาย โดยข้อมูล 1 ปี ยังไม่เห็นความแตกต่างมากนัก แต่มีการทดแทนโดยการเปลี่ยนแปลง จากไม้รุ่นเป็นไม้ต้นและลูกไม้เจริญเป็นไม้รุ่นบ้างเล็กน้อย ส่งผลทำให้ความหนาแน่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงในบางแปลงตัวอย่างมีค่าลดลง โดยบริเวณที่มีไม้สนหนาแน่นมากมีความหนาแน่นไม้ต้นเพิ่มขึ้น 1.34 ต้นต่อไร่ ส่วนไม้รุ่นและกล้าไม้มีความหนาแน่นลดลง 48.58 และ 465.28 ต้นต่อไร่ตามลำดับ บริเวณที่มี ไม้สนหนาแน่นน้อยมีความหนาแน่นไม้ต้น ไม้รุ่นและกล้าไม้มีความหนาแน่นลดลง 3.34, 9.00 และ 204.05 ต้นต่อไร่ตามลำดับ กิจกรรมการติดตามผลของการตัดขยายระยะต่อการเติบโตของไม้สนคาริเบีย พบว่า ไม้สน คาริเบียในแปลงตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 30 ของร้อยละของการปกคลุมเรือนยอดจากพื้นที่ซึ่งมี การปกคลุมเรือนยอดสูง A1 (ตัดหนัก) มีร้อยละความเพิ่มพูนของพื้นที่หน้าตัดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก หลังการตัดขยายระยะมากที่สุดคือ 1.005 และ 1.957 ตามลำดับ โดยแปลงตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 50 ของร้อยละการปกคลุมเรือนยอดจากพื้นที่ซึ่งมีการปกคลุมเรือนยอดสูง A2 (ตัดเบา) และตัดขยายระยะให้ เหลือร้อยละ 50 ของร้อยละการปกคลุมเรือนยอดจากพื้นที่ซึ่งมีการปกคลุมเรือนยอดต่ำ B2 (ตัดเบา) มีร้อยละความเพิ่มพูนของพื้นที่หน้าตัดใกล้เคียงกันคือ 1.565 และ 1.556 ตามลำดับ และมีร้อยละ ความเพิ่มพูนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกหลังการตัดขยายระยะเท่ากับ 0.783 และ 0.682 ตามลำดับ ส่วนแปลงตัดขยายระยะให้เหลือร้อยละ 30 ของร้อยละการปกคลุมเรือนยอดจากพื้นที่ซึ่งมีการปกคลุมเรือน ยอดต่ำ B1 (ตัดหนัก) มีร้อยละความเพิ่มพูนของพื้นที่หน้าตัดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกหลังการตัด ขยายระยะ น้อยที่สุดคือ 1.131 และ 0.465 ตามลำดับ ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงควบคุม (C) ที่ไม่มีการตัดขยายระยะ พบว่ามีร้อยละความเพิ่มพูนของพื้นที่หน้าตัดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก หลังการตัดขยายระยะ คือ 0.521 และ 0.223 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามความเพิ่มพูนรายปีของขนาด

พื้นที่หน้าตัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของไม้สนคาริเบียภายหลังการตัดขยายระยะ 1 ปี ที่ระดับความเข้มข้นของการตัดขยายระยะที่แตกต่างกันดังกล่าวนี้อังไม่พบว่ามีมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งต้องติดตามในระยะยาวต่อเนื่อง ด้านการประเมินศักยภาพพื้นที่และการปลูกไม้สนในพื้นที่ของเกษตรกร โดยกระบวนการมีส่วนร่วมเพื่อปลูกทดสอบไม้สน ต่างถิ่น 3 ชนิด ได้แก่ สนคาริเบีย สนโอคาร์ปา และสนเทคูนามานี เสริมในพื้นที่ป่าใช้สอยของเกษตรกร ลักษณะของสังคมพืชในแปลงป่าใช้สอยของเกษตรกร พบว่า มีความหนาแน่นของหมู่ไม้อยู่ระหว่าง 99-110 ต้นต่อไร่ และมีพื้นที่หน้าตัดของหมู่ไม้อยู่ระหว่าง 2-3 ตร.ม. ต่อไร่ สามารถแบ่งสังคมพืชในป่าใช้สอยของเกษตรกรออกเป็นป่า สนผสมพลวง จำนวน 4 แปลง และป่าสนผสมเหียงจำนวน 1 แปลง โดยพบสนสองใบเป็นชนิดไม้เด่นในพื้นที่ ในด้านการปกคลุมของเรือนยอดของสังคมพืชในแปลงป่าใช้สอยของเกษตรกร พบว่า มีค่าเฉลี่ยของดัชนีพื้นที่ผิวใบ อยู่ในช่วง 0.609-0.812 และมีค่าเฉลี่ยการปกคลุมของเรือนยอดหมู่ไม้อยู่ในช่วงร้อยละ 32.71-45.83 สำหรับอัตราการรอดตายของกล้าไม้สนในช่วงอายุ 1 เดือน ที่ปลูกเสริมป่า พบว่า สนต่างถิ่นทั้งสามชนิดมีอัตรา การรอดตาย ร้อยละ 100 และในด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากไม้สนคาริเบียที่ได้จากการตัดขยายระยะและผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากยางสนคาริเบียที่มีอายุอย่างน้อย 10 ปีถูกตัดเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบประเภทอุปกรณ์สำนักงานที่ไม่ใช้โต๊ะ เก้าอี้ และตู้ โดยได้ออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์แทนวางโทรศัพท์มือถือและที่แขวนพวงกุญแจจากไม้สนคาริเบียและได้จัดทำร่างคู่มือการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้สนคาริเบีย ซึ่งคู่มือจะประกอบด้วยเนื้อหาต่างๆ เช่น ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับไม้สนคาริเบีย คุณสมบัติทางเคมี และกายวิภาคของเนื้อไม้ กลสมบัติ และสมบัติทางกายภาพของไม้สนคาริเบีย และวิธีการนำไม้สนคาริเบีย เพื่อไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ ยางสนจากสนคาริเบียที่มีอายุอย่างน้อย 30 ปี ถูกเก็บด้วยวิธีการกรีดเปลือกจากสถานีวนวัฒนวิจัยอินทิล หลังจากนั้นทำการกลั่นยางสนด้วยอุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส เพื่อแยกสารที่ระเหยได้ออกจากสารที่ไม่ระเหยแล้วทำการวิเคราะห์ผลผลิต (yield) และตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของผลผลิต เช่น ความถ่วงจำเพาะ และความหนืด หลังจากนั้นทำการประเมินการใช้ประโยชน์จากยางสน โดยได้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ 2 ส่วน คือ สารเคลือบผิวป้องกันความชื้นและสารให้ความหอมพร้อมจัดทำร่างคู่มือการกรีดยางสนคาริเบีย ซึ่งคู่มือจะประกอบด้วยเนื้อหาต่างๆ เช่น ปริมาณยางสนที่เก็บได้ในสนชนิดต่างๆ การเลือกต้นสนที่เหมาะสมในการกรีดยาง คุณสมบัติทางกายภาพของยางสน วิธีการที่เหมาะสมในการกรีด หรือเก็บยางสน การใช้ประโยชน์ยางสนในรูปแบบต่างๆ