การประเมินผลการทดสอบลูกหลาน และการประมาณปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของไม้สักอายุ 12 ปี จังหวัดขอนแก่น

กฤษชนะ นิสสะ

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการป่าไม้
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2564

การประเมินผลการทดสอบลูกหลาน และการประมาณปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของไม้สักอายุ 12 ปี จังหวัดขอนแก่น

กฤษชนะ นิสสะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการป่าไม้
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การประเมินผลการทดสอบลูกหลาน และการประมาณปริมาตรไม้
มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของไม้สักอายุ 12 ปี
จังหวัดขอนแก่น

กฤษชนะ นิสสะ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการป่าไม้

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากร ลัทธิ์ถีระสุวรรณ)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฑีฆา โยธาภักดี)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์ ดร.ปิยะพิศ ขอนแก่น)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากร ลัทธิ์ถีระสุวรรณ)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน
อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง การประเมินผลการทดสอบลูกหลาน และการประมาณปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของไม้สักอายุ 12 ปี จังหวัดขอนแก่น

ชื่อผู้เขียน นายกฤษชนะ นิสสะ

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการป่าไม้

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากร ลัทธิ์ถีระสุวรรณ

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ ทดสอบ ลูกหลานของไม้สัก ที่ได้จากการผสมเกสรที่รู้พ่อและแม่ (Full-sip Control pollination) และทำฐานประชากรในการปรับปรุงพันธุ์ของไม้สัก เพื่อประเมินปริมาตรไม้ มวลชีวภาพและกักเก็บคาร์บอน ของสวนป่าสักอายุ 12 ปี และเพื่อเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนการผลิต และมูลค่าทางเศรษฐกิจของเนื้อไม้ระหว่างกล้าไม้สักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำคู่ผสมปิดกับกล้าไม้ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ ได้ดำเนินการศึกษาที่สถานีวนวัฒนวิจัยดงลาน อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น โดยมีการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย ผังการทดสอบมี 54 Family ประกอบไปด้วย กล้าไม้จากการควบคุมผสมเกสร 50 คู่ กล้าไม้จากแม่ไม้ 3 แม่ไม้ และกล้าจากสักทั่วไป 1 ต้น วางผังการทดลองแบบ Randomized complete block design จำนวน 4 ซ้ำ เบอร์ละ 9 ต้น ระยะปลูก 4 x 4 เมตร การวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทน และการประเมินมูลค่าไม้

ผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์ลูกหลานแบบผสมปิด (Full-sip control pollination) ที่ใช้เป็นฐานพันธุกรรมเพื่อดูประวัติย้อนหลัง (Backward step) เบอร์ที่ใช้เป็นแม่ได้ดี คือ V194 V211 จากแหล่งแม่ไม้ จ.ลำปาง ส่วนเบอร์ที่ใช้เป็นพ่อได้ดี คือ V130 จากแหล่งแม่ไม้ จ.แพร่ V290 จากแหล่งแม่ไม้ จ.เชียงใหม่ V146 จากแหล่งแม่ไม้ จ.แม่ฮ่องสอน และเบอร์ที่เป็นทั้งแม่และพ่อได้ดี คือ V290 จากแหล่งแม่ไม้ จ.เชียงใหม่

ด้านประมาณปริมาตรไม้ในแปลงทดสอบ พบว่าปริมาตรไม้เหนือเปลือกเฉลี่ย 14.616 ลบ.ม./ไร่ เบอร์ที่มีค่าปริมาตรไม้เหนือเปลือกสูงสุด คือ C1 ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาผลิตกล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำ (Forward step) มีค่าเท่ากับ 0.324 ลบ.ม./ต้น ซึ่งเบอร์ C1 มีการประมาณปริมาตรไม้สูงสุดคิดเป็น 1.8 เท่าของเบอร์ E5 ที่มีการประมาณปริมาตรไม้ต่ำสุด และมีมวลชีวภาพ 7,198.74 กก./ไร่ การกักเก็บคาร์บอน 3,455.368 กก.คาร์บอนต่อไร่ คาร์บอนไดออกไซด์ 12,669.766 กก.

คาร์บอนไดออกไซด์/ไร่

ด้านต้นทุนการผลิตกล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำมีต้นทุนรวม 10.65 บาท/ต้น ปริมาตรไม้กล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำคู่ผสมปิด (C1) มีปริมาตร 0.324 ลบ.ม./ต้น และกล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำสายต้น (Clonal Test) มีปริมาตร 0.128 ลบ.ม./ต้น สามารถประเมินมูลค่ากล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำคู่ผสมปิด (C1) มีมูลค่า 4,179.60 บาท/ต้น และกล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำสายต้น (Clonal Test) มีมูลค่า 972.80 บาท/ต้น

ดังนั้น กล้าไม้ที่มีการปรับปรุงพันธุ์ให้มีคุณภาพ มีการเติบโตกว่ากล้าไม้ที่ยังไม่ได้เข้าสู่กระบวนการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถเป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจเลือกใช้กล้าไม้สักพันธุ์ดีที่ได้จากการวิจัยและพัฒนาปรับปรุงพันธุ์โดยกรมป่าไม้ ในการส่งเสริมให้กับเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจลูกในพื้นที่ในเชิงสวนป่าสัก หรือสวนป่าแบบผสมผสาน ส่งผลให้เกษตรกรที่ใช้กล้าสักพันธุ์ดีที่ได้มีการปรับปรุงพันธุ์แล้ว เมื่อถึงรอบตัดฟันจะมีรายได้สูงกว่าการใช้กล้าสักที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ประมาณ 3 เท่าของรายได้ นอกจากนี้แล้วการดูแล จัดการ ตามหลักวนวัฒนวิธีจะทำให้ได้ผลผลิตที่สูง

คำสำคัญ : การทดสอบลูกหลาน, การผสมพันธุ์แบบปิด, ปริมาตรไม้, ต้นทุนการผลิตกิ่งปักชำ, มูลค่าไม้

Title EVALUATION OF THE PROGENY TEST AND ESTIMATING THE STEM VOLUME, BIOMASS AND CARBON STORAGE OF 12 YEAR-OLD TEAK IN KHON KAEN PROVINCE

Author Mr. Kritchana Nissa

Degree Master of Science in Forest Management

Advisory Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Thanakorn Lattirasuvan

ABSTRACT

This study aims to analyze and test on full-sip control pollination of teak and to develop database of population in teak improvement. In order to evaluate volume, bio-mass and carbon contain of 12 years old teak plantation, to compare the capital and returns of good teak seedling between full-sip control pollination cutting and general teak seedlings. The study was conducted in Dong Laan Silvicultural Research Center, Chumphae district, Khonkaen province. The study also tested and analyzed data of 54 families consisting of 50 full-sip control pollination seedlings from 3 teak mother trees and seedling from 1 general teak tree. Randomization completed block design was employed with 4 replications. There were 9 seedlings from each seedling number. The planting space was 4X4 meters. Capital, return and valuation analysis were also conducted.

The results of the study found that the analysis of full-sip control pollination to trace backward step. The good mother trees were V194 and V211 from Lampang province. The good father trees were V130 from Phrae province, V290 from Chiangmai province and V146 from Mae Hong Son province, respectively. The last one was good to be both mother and father tree of which is V290 from Chiangmai province.

It was found that the average over bark wood volume in the experimentation plot was 14.616 m^3/rai. The highest over bark wood volume was

Plot C1 with the average volume of 0.324 m^3/tree which is about 1.8 times of wood volume produced by E5 which is the lowest volume wood produced. In addition, the bio-mass of plot C1 is 7,198.74 kg./rai. The carbon contains is 3,455.368 kg.C/rai from CO_2 contains of 12,669.766 kg.CO_2/rai.

On the cost for producing good variety seedling from teak cutting is 10.65 baht/seedling. The average volume of seedling from full-sip control pollination cutting (C1) is 0.324 m^3/tree while the teak seedling producing from clonal test is 0.128 m^3/tree. It can be estimated that the value of wood from the cutting from the full sip control pollination (C1) values 4,179.60 baht/tree while the seedling producing from clonal test values only 972.80 baht/tree.

It can be concluded that the seedling from the improved variety of teak from full-sip control pollination grows faster than the seedling from the clonal test. It provides sufficient information for making decision to use the teak seedling from full-sip control pollination by the Royal Forest Department to promote and extend to farmers or interested people to grow teak plantation. Using teak seedling from the full-sip control pollination both in the monoculture or agroforest manners of which will result approximately 3 times better income than the teak plantation from clonal test. In addition, the good management using appropriate silvicultural practices will yield high productivity of the teak plantation.

Keywords : Progeny Test, Full-Sib Control Pollination, Stem Volume, The Production Costs of Cutting, Timber Value

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากร ลัทธิ์ถีระสุวรรณ และอาจารย์ ดร.ปิยะพิศ ขอนแก่น และขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญชัย ดวงสถาพร จากภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ช่วยให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา ฉัตรสูงเนิน ที่ช่วยแนะนำในการเริ่มต้นการเขียนวิทยานิพนธ์อย่างเป็นขั้นตอน และที่ขาดไม่ได้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทีฆา โยธาภักดี ที่คอยเป็นอาจารย์ เป็นเพื่อน เป็นพี่เลี้ยงในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ทำให้เกิดการสังเคราะห์วิเคราะห์ข้อมูลเป็นระบบ และนำผลบางส่วนไปสู่การใช้งานส่งเสริมการปลูกป่าได้อย่างเป็นรูปธรรม และกำลังใจที่สำคัญในการเขียนงาน

ขอขอบพระคุณ กรมป่าไม้ ท่านสุชาติ กัลยาวงศา อดีตผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ดร.สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล อดีตผู้เชี่ยวชาญกรมป่าไม้ ดร.คงศักดิ์ มีแก้ว ผู้เชี่ยวชาญกรมป่าไม้ พี่ประสิทธิ์ เพียรอนุรักษ์ พี่จำนรรจ์ เพียรอนุรักษ์ พี่อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์ พี่วิโรจน์ ครองกิจศิริ และพี่ประพาย แก่นนาค ที่ช่วยสนับสนุนข้อมูล และให้กำลังใจ รวมทั้งเพื่อนร่วมงาน พนักงาน และน้องกุลนิฐ พิศฎ์ อุดมธนเดชน์ นักวิจัยป่าไม้ ที่สถานีวนวัฒนวิจัยงาว ที่ช่วยการจัดเตรียมเอกสาร การเก็บข้อมูลภาคสนาม และการอำนวยความสะดวกในการทำงาน และน้องไอซ์ น้องขวัญ น้องปูเป้ น้องดิว ที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงาน

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ภรรยา ที่เป็นกำลังใจที่สำคัญ

กฤษชนะ นิสสะ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ช
สารบัญ ..... ซ
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฎ
สารบัญตารางผนวก ..... ฏ
สารบัญภาพผนวก ..... ฐ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ 3
ขอบเขตการวิจัย 3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 5
ความรู้ทั่วไปไม้สัก 5
การปรับปรุงพันธุ์ไม้สัก 7
การขยายพันธุ์สัก 11
การปักชำ (Cutting) 18
การศึกษามวลชีวภาพ 22
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 29
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 31

วัสดุและอุปกรณ์ 31
ขั้นตอนและวิธีการศึกษา 31
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ 37
ส่วนที่ 1 เพื่อวิเคราะห์ ลูกหลานของไม้สัก ที่ได้จากการผสมเกสรที่รู้พ่อและแม่ (Full-SIP Control pollenation) และทำฐานประชากร ในการปรับปรุงพันธุ์ของไม้สัก 37
ส่วนที่ 2 เพื่อคำนวณปริมาตรไม้ มวลชีวภาพและกักเก็บคาร์บอน ของสวนป่าสักอายุ 12 ปี 44
ส่วนที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนการผลิต และมูลค่าทางเศรษฐกิจ ของเนื้อไม้ระหว่างกล้าไม้สักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำคู่ผสมปิดกับกล้าไม้ ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ 47
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 53
สรุปผลการศึกษา 53
ข้อเสนอแนะ 55
บรรณานุกรม 56
ภาคผนวก 60
ภาคผนวก ก แบบบันทึกข้อมูลภาคสนาม 61
ภาคผนวก ข รายละเอียดคู่ผสมไม้สัก แปลงทดสอบลูกหลานไม้สักปี พ.ศ.2550 (Teak Progeny Test 2007) ทั้งหมด 50 คู่ผสม 65
ภาคผนวก ค แผนผังแปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก ปี พ.ศ. 2550 (Teak Progeny Test 2007) 68
ภาคผนวก ง วิธีการการเก็บข้อมูลการเติบโตของต้นไม้ และการเก็บข้อมูลรูปทรงลำต้น 71
ภาคผนวก จ การเตรียมกล้าไม้ปักชำ 74
ภาคผนวก ฉ ผลการประเมินความพึงพอใจ/ความเข้าใจในการอบรมการสร้างเครือข่ายไม้สัก รายย่อยภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 77
ภาคผนวก ช ภาพการอบรมการสร้างเครือข่ายไม้สักรายย่อยภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 80
ประวัติผู้วิจัย 83

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 รายละเอียดคู่ผสมไม้สักในแปลงทดสอบลูกหลานไม้สักปี พ.ศ. 2550 34

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ดินแปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก พ.ศ. 2550 38

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ 39

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยการเติบโตและคะแนนรูปทรงลำต้นของไม้สักในแปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก.. 41

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน และคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้สัก 45

ตารางที่ 6 ต้นทุนผันแปรในการดูแลแปลงแม่พันธุ์ 48

ตารางที่ 7 ต้นทุนการผลิตกิ่งปักชำในเรือนเพาะชำ 50

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์มูลค่าไม้ 52

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 4

ภาพที่ 2 แสดงตำแหน่งวัดความโตที่ระดับต่าง ๆ ของต้นไม้ที่มีลักษณะพิเศษ และในพื้นที่ที่มีความลาดชัน 25

ภาพที่ 3 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดขอนแก่น 32

ภาพที่ 4 ผังแปลงทดสอบลูกหลานไม้สักปี พ.ศ. 2550 สถานีวนวัฒนวิจัยดงลาน 33

สารบัญตารางผนวก

หน้า

ตารางผนวกที่ 1 รายละเอียดคู่ผสมไม้สัก แปลงทดสอบลูกหลานไม้สักปี พ.ศ.2550 (Teak Progeny Test 2007)..... 66

ตารางผนวกที่ 2 พิกัดที่อยู่แม่ไม้..... 67

ตารางผนวกที่ 3 ความพึงพอใจ/ความเข้าใจ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ในการเข้ารับการฝึกอบรมการสร้างเครือข่ายไม้สัก รายย่อย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ..... 78

ตารางผนวกที่ 4 ความพึงพอใจ/ความเข้าใจ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ในการเข้ารับการฝึกอบรมการสร้างเครือข่ายไม้สัก รายย่อย ภาคเหนือ..... 79

สารบัญภาพผนวก

หน้า

ภาพผนวกที่ 1 แบบฟอร์มวัดการเจริญเติบโตของต้นไม้ในสวนป่า 62
ภาพผนวกที่ 2 แบบฟอร์มวัดมิติต่าง ๆ ของต้นไม้เพื่อหาสมการปริมาตรลำต้นและมวลชีวภาพ.... 63
ภาพผนวกที่ 3 แบบฟอร์มวัดมิติต่าง ๆ ของต้นไม้เพื่อหาสมการปริมาตรลำต้น และมวลชีวภาพ .. 64
ภาพผนวกที่ 4 ภาพถ่ายดาวเทียมแปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก ปี พ.ศ. 2550..... 69
ภาพผนวกที่ 5 แผนผังแปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก ปี พ.ศ. 2550..... 70
ภาพผนวกที่ 6 การเก็บข้อมูลการเติบโตของต้นไม้ โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียง (DBH) และความสูง (H) ของต้นไม้..... 72
ภาพผนวกที่ 7 การให้คะแนนความตรงของลำต้น (stem straightness) score 1 - 4 classes . 72
ภาพผนวกที่ 8 การให้คะแนนการแตกง่ามของลำต้น (axis persistence) score 1 - 6 classes . 73
ภาพผนวกที่ 9 การให้คะแนนขนาดของกิ่ง (branch size) score 1 - 4 classes 73
ภาพผนวกที่ 10 การให้คะแนนมุมของกิ่ง (branch angle) score 1 - 4 classes 73
ภาพผนวกที่ 11 การดูแลและการจัดการแปลงแม่พันธุ์..... 75
ภาพผนวกที่ 12 การขยายพันธุ์โดยการปักชำกล้าไม้สัก..... 75
ภาพผนวกที่ 13 การการอนุบาลกิ่งปักชำในโรงเรือนพลาสติก 76
ภาพผนวกที่ 14 การอนุบาลกล้าไม้เพื่อเตรียมปลูกในโรงเรือนพรางแสง..... 76
ภาพผนวกที่ 15 การศึกษาดูงาน การจัดการสวนสัก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง..... 81
ภาพผนวกที่ 16 ฟังบรรยายและฝึกปฏิบัติ ณ สถานีวนวัฒนวิจัยงาว จังหวัดลำปาง..... 81
ภาพผนวกที่ 17 ฟังบรรยายและฝึกปฏิบัติ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดนครราชสีมา 82

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไม้สัก (*Tectona grandis* Linn.F.) ในอดีตเป็นสินค้าส่งออกอันดับต้นของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2413 - 2422 ตัวเลขสินค้าส่งออกหลักสี่ประเภทจนถึงปี พ.ศ. 2499 ได้แก่ ข้าว ดีบุก ยางพารา และไม้สัก ซึ่งล้วนแต่เพิ่มขึ้นทั้งมูลค่าและปริมาณ (วิทยา, 2555) ด้วยเนื้อไม้ที่มีคุณสมบัติไสกบ ตบแต่งง่าย มีสีสันสวยงามและมีคุณสมบัติเป็นไม้เนื้อแข็งตามมาตรฐานกรมป่าไม้ ประเทศไทยเป็นหนึ่งในแหล่งไม้สักพันธุ์ดีแห่งหนึ่งของโลก ทำให้ไม้สักเป็นที่ต้องการของตลาดโลก (กรมป่าไม้, 2556) ในปัจจุบันประเทศไทยได้มีมติครม. เรื่องการปิดป่าสัมปทาน วันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2532 อ้างหนังสือที่ นร 0203/840 ลงวันที่ 19 มกราคม 2532 เรื่องการปิดป่าสัมปทาน การทำไม้ในป่าธรรมชาติจึงยุติลง คงเหลือเพียงองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ที่เป็นหน่วยงานเดียวของรัฐที่มีไม้สักสวนป่าขนาดใหญ่เพื่อการส่งออก สำหรับไม้สักสวนป่า จะอนุญาตให้องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (อ.อ.ป.) เป็นผู้ส่งออก (กรมการค้าต่างประเทศ, 2564) ส่วนภาคเอกชนมีการทำไม้ออกใช้ในประเทศในปริมาณที่น้อยและไม่สามารถส่งออกต่างประเทศได้

พ.ร.บ.ป่าไม้ ปี 2562 เว็บไซต์ราชกิจจานุเบกษา ได้เผยแพร่พระราชบัญญัติป่าไม้ (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2562 โดยสาระสำคัญของ พ.ร.บ.ฉบับนี้เพื่อเปิดทางให้ประชาชน - เอกชน มีส่วนร่วมในการปลูกไม้มีค่าเพื่อทำการค้า และใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนมากขึ้น (สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดเลย, 2556) ต่อมามีประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดที่ดินที่ได้รับอนุญาต ให้ทำประโยชน์ตามประเภทหนังสือแสดงสิทธิเพื่อให้ไม้ที่ปลูกขึ้นในที่ดินดังกล่าวไม่เป็นไม้หวงห้าม พ.ศ. 2563 ประกาศ ณ วันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2563 มีสาระสำคัญตามข้อ 2 ให้ที่ดินที่ได้รับอนุญาตให้เข้าทำประโยชน์ ในเขตปฏิรูปที่ดินตาม พ.ร.บ.การปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม พ.ศ. 2518 และที่แก้ไขเพิ่มเติม ประเภทหนังสือแสดงสิทธิในที่ดิน ตามแบบ ส.ป.ก.4-01 ส.ป.ก.4-01 ก ส.ป.ก.4-01 ข ส.ป.ก.4-01 ค และ ส.ป.ก.4-01 ช เป็นที่ดินซึ่งไม้ที่ปลูกขึ้นในที่ดินดังกล่าวไม่ถือว่าเป็นไม้หวงห้าม (บ้านเมือง, 2564) ในปี พ.ศ. 2564 หลังจากที่รัฐได้ปลดล็อคแก้ไขกฎหมายให้สามารถปลูกและตัดไม้สักในที่ดินกรรมสิทธิ์ ที่สปก. และที่ดินอื่น ๆ ที่รัฐกำหนด รวมทั้งมีการทบทวนมติ ครม. เกี่ยวกับการขออนุญาตส่งออกไม้สักสวนป่า จากเดิมที่มีการอนุญาตให้เฉพาะองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้เป็นผู้ส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ มาเป็นการให้หน่วยงานของภาครัฐ และภาคเอกชน สามารถส่งไม้สักออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้ด้วย (สำนักข่าวอินโฟเควสท์, 2564)

อีกทั้งมาตรการด้านภาษีที่ดินและภาษีการส่งออกไม้สักแปรรูป ปัจจัยที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เป็นส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนกลไกต่าง ๆ ให้บรรลุตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ที่กำหนดให้ประเทศไทยต้องมีพื้นที่ป่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 โดยเป็นป่าอนุรักษ์ร้อยละ 25 และป่าเศรษฐกิจร้อยละ 15 (กรมป่าไม้, 2559)

กรมป่าไม้ได้ทำการวิจัยและพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ไม้สักตั้งแต่ปี พ.ศ. 2508 เป็นต้นมา โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้กล้าสักพันธุ์ดีที่มีคุณภาพตรงความต้องการของตลาดโลก และมีการเติบโตที่ดีในแต่ละพื้นที่ทั่วประเทศ (กรมป่าไม้, 2556) โดยได้ดำเนินการรวบรวมพันธุกรรมไม้สักจากแหล่งต่างๆ พัฒนาปรับปรุงการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ การควบคุมละอองเกสรในแม่ไม้คู่ผสมทั้งแบบปิด (Full-sip control pollination) และแบบเปิด (Half-sip control pollination) และถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับการขยายพันธุ์และนำผลการประเมินการทดสอบลูกหลานคู่ผสมแบบปิดมาผลิตกล้าไม้สักพันธุ์จากกิ่งปักชำที่มีคุณภาพสู่มือเกษตรกรผู้ปลูกป่า ด้านการทดสอบสายต้นสัก (Clonal Test) เป็นการทดสอบแม่ไม้ที่คัดเลือกว่ามีลักษณะทางพันธุกรรม (genotype) ดีจริงหรือเกิดจากสภาพแวดล้อม โดยการนำต้นที่คัดเลือกมาขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ แล้วปลูกทดสอบในหลายพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างกันเพื่อเปรียบเทียบแม่ไม้ที่คัดเลือก ส่วนการทดสอบลูกหลาน (Progeny Test) เป็นการใช้ลักษณะการเจริญเติบโตและรูปทรงของต้นลูก (progenies) เพื่อประเมินศักยภาพของความเป็นพ่อและแม่ ที่ได้จากการผสมพันธุ์ อาศัยเพศ โดยใช้ละอองเกสรที่รู้ทั้งต้นพ่อ ที่เป็นเกสรตัวผู้ และต้นแม่ที่เป็นเกสรตัวเมีย ใช้การแสดงออกของลูกไม้ที่ปลูกในพื้นที่ทดสอบที่เหมาะสมเป็นพื้นฐานในการประเมิน (Sombun, 1980) ถ้าพ่อแม่ไม้ที่มีลักษณะดีผลิตเมล็ดที่งอกเป็นต้นที่มีลักษณะทรามก็ถือเป็นต้นพ่อแม่ที่ดีไม่ได้ พ่อแม่ไม้ที่ให้ลูกไม่ดีเหล่านี้ต้องถูกตัดทิ้งไป เหลือไว้เฉพาะพ่อและแม่ที่ให้ลูกที่ดีเท่านั้น การทดสอบลูกหลานไม้สัก มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณค่าทางพันธุกรรม (genotype) และ breeding values ของพ่อและแม่ไม้ และยังใช้เป็นประชากรพื้นฐานเพื่อการคัดเลือกใน generation ต่อ ๆ ไปด้วย (วิเชียร, 2542)

การทดสอบไม้สักนอกจากจะทราบคุณค่าทางพันธุกรรมของพ่อและแม่ไม้ที่คัดเลือกไว้แปลงทดลองนี้ยังสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเปลี่ยนสภาพให้สารประกอบคาร์โบไฮเดรตสะสมในมวลชีวภาพ (biomass) ส่วนต่าง ๆ ของพืช ในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งหากมีผลผลิตมวลชีวภาพเพิ่มขึ้น พื้นที่นั้นก็จะมีจะมีการกักเก็บคาร์บอนตามผลผลิตมวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้น เมื่อมีการตัดฟันไม้นำออกมาใช้ประโยชน์คาร์บอนก็ยังคงกักเก็บอยู่ในเนื้อไม้ตลอดอายุการใช้งาน และคาร์บอนจะถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อมีการเผาไหม้เนื้อไม้นั้น การกักเก็บคาร์บอนในสวนป่าขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ชนิดพรรณไม้ อัตราการเติบโต อายุพันธุ์ไม้ ปริมาณน้ำฝน ฤดูกาลและลักษณะพื้นที่ ฯลฯ การกักเก็บคาร์บอนจะมีประสิทธิภาพมากในระยะที่เป็นไม้หนุ่มและจะลดลงเมื่อสวนป่ามีอายุมากขึ้น (Ciesla, 1995) ดังนั้นทางเลือกในการปลูกไม้สักพันธุ์ดีจึงเป็นสิ่งที่หน้าส่งเสริม เพื่อ

การทำรายได้ในพื้นที่ดิน ซึ่งพ่อแม่พันธุ์ไม้สักที่ดีเป็นสิ่งที่ต้องมีการทดลองและทดสอบเพื่อให้ได้ลูกหลานพันธุ์ดี เพื่อให้ได้สักปรับปรุงพันธุ์ที่มีผลตอบแทนที่ดี และเหมาะสมในพื้นที่ และไปสู่การมีรายได้ให้กับเกษตรกรในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์ ทดสอบ ลูกหลานของไม้สัก ที่ได้จากการผสมเกสรที่รู้พ่อและแม่ (Full-sip Control pollination) และทำฐานประชากรในการปรับปรุงพันธุ์ของไม้สัก
2. เพื่อประเมินปริมาตรไม้ มวลชีวภาพและกักเก็บคาร์บอน ของสวนป่าสักอายุ 12 ปี
3. เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนการผลิต และมูลค่าทางเศรษฐกิจของเนื้อไม้ระหว่างกล้าไม้สักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำคู่ผสมปิดกับกล้าไม้ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการปรับปรุงพันธุ์

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินในพื้นที่สถานีวนวัฒนวิจัยดงลาน จ.ขอนแก่น โดยใช้กล้าที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากเมล็ดอ่อน จำนวน 54 clones วางผังปลูกแบบ Randomize complete block design จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 9 ต้นต่อ clone กำหนดระยะปลูก 4 x 4 เมตร ในสวนสักที่มีการปลูกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 และการนำผลการศึกษาที่ได้มาการประเมินปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน รวมทั้งการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิต และมูลค่าทางเศรษฐกิจของเนื้อไม้

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถปรับปรุงพันธุ์ และขยายพันธุ์สักที่มีคุณภาพดีด้วยการผสมเกสรที่รู้พ่อและแม่ใช้สำหรับส่งเสริมในการปลูกสวนป่าเศรษฐกิจและมีระบบฐานข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวางแผนพัฒนาสายพันธุ์สัก
2. ทราบปริมาณการเจริญเติบโต ของไม้สักการดูดกักเก็บคาร์บอน เพื่อให้สามารถประมาณปริมาตรไม้และการกักเก็บคาร์บอนของสวนป่าสักอายุ 12 ปี
3. นำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการส่งเสริมการพัฒนาอาชีพที่เกื้อหนุนกันระหว่างเกษตรกรและหน่วยงาน การเผยแพร่และสร้างกลุ่มเครือข่ายเกษตรกรเพื่อการเพาะชำกล้าสักพันธุ์ดี และการบูรณาการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทุกมิติในการพัฒนาสักพันธุ์ดี เพื่อส่งเสริมให้บรรลุการเพิ่มพื้นที่สีเขียวตามยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ความรู้ทั่วไปไม้สัก

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไม้สัก

ไม้สัก มีชื่อทางการค้าเป็นภาษาอังกฤษว่า Teak ชื่อทางพฤกษศาสตร์คือ *Tectona grandis* Linn.F. อยู่ในวงศ์ Lamiaceae เป็นไม้ที่ขึ้นอยู่ในป่าผลัดใบเขตร้อน มีถิ่นกำเนิดจำกัดอยู่เฉพาะในเอเชียตอนใต้แถบประเทศอินเดียตอนใต้ พม่า ไทยเฉพาะภาคเหนือ ลาวและอินโดนีเซีย ที่พวกฮินดูนำไปปลูกเมื่อ 500 - 700 ปีมาแล้ว สำหรับประเทศไทยมีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติในท้องที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน สุโขทัย อุตรดิตถ์ พิษณุโลก พิจิตร เพชรบูรณ์ ตาก กำแพงเพชร นครสวรรค์และอุทัยธานี (กรมป่าไม้, 2556)

ไม้สัก (Teak) เป็นไม้ที่มีชื่อเสียงรู้จักกันแพร่หลายทั่วโลกเนื่องจากเนื้อไม้มีคุณภาพสูง มีสีสันลวดลายที่สวยงาม เนื้อไม้เป็นสีน้ำตาลทองหรือมีลวดลายสีดำสลับ เนื้อไม้ค่อนข้างละเอียดมีเสี้ยนตรง น้ำหนักเบา ทำให้ง่ายต่อการเลื่อย ไสและตบแต่ง แต่มีความแข็งแรงและทนทาน สามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้แทบทุกอย่างเท่าที่ไม้เนื้อแข็งชนิดอื่น ๆ จะทำได้ เช่น ใช้ในงานก่อสร้างและโครงสร้างของที่อยู่อาศัย ใช้ทำดาดฟ้าเรือ ใช้ทำเครื่องเรือน เฟอร์นิเจอร์และใช้ในการแกะสลักได้อย่างยอดเยี่ยม ที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ไม้สักยังมีความต้านทานต่อลมฟ้าอากาศที่จะทำลายเนื้อไม้ ดังจะเห็นได้จากสภาพของโบสถ์ วิหาร ที่มีอายุหลายร้อยปีที่สร้างขึ้นด้วยไม้สักในจังหวัดต่าง ๆ ทางภาคเหนือของประเทศ ทั้งนี้เนื่องมาจากเนื้อไม้ของไม้สักจะมีน้ำมันหรือสารแทรกบางชนิด เช่น สารเทคโตควิโนน (tectoquinone) ซึ่งเป็นสารที่เป็นพิษต่อปลวกและเห็ดราบางชนิดเนื่องจากคุณสมบัติเด่นของไม้สักดังกล่าวจึงทำให้มีการลักลอบตัดฟันทำลายอย่างกว้างขวาง จนผลผลิตในป่าธรรมชาติไม่เพียงพอกับความต้องการจึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการปลูกสร้างสวนป่าไม้สักขึ้น เพื่อผลิตไม้สักสนองความต้องการใช้ในอนาคต (วีระพงษ์, 2544)

2. ความสำคัญของไม้สัก

ในด้านการใช้ประโยชน์ ไม้สักมีความแข็งแรงปานกลาง น้ำหนักเบาพอดี เนื้อไม้ไม่อ่อนหรือแข็งเกินไป ไสกบตกแต่งได้ง่าย เนื้อไม้มีลักษณะไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากมีพอร์แบบเป็นวงซึ่งทำให้เกิดลวดลายสีสันสวยงามในเนื้อไม้ดูเป็นเสน่ห์ต่อผู้พบเห็นและมีคุณภาพเด่นเหนือไม้ชนิดอื่น ๆ คือ ความคงขนาด ความทนทานต่อปลวกและการผุ จึงทำให้นำไปใช้งานได้เกือบทุกประเภท แม้ว่าไม้สักจะมี

คุณสมบัติที่จะนำไปใช้งานได้ทั่วไปก็ตาม แต่เนื่องจากไม้สักมีราคาสูงจึงควรใช้ไม้สักสำหรับงานเฉพาะอย่างที่ต้องการคุณสมบัติเฉพาะของไม้สักซึ่งไม่มีไม้ชนิดอื่นทดแทนได้ (วิรัช, 2535) ความสำคัญของไม้สักต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยในอดีตมีอยู่มากเพราะในอดีตไม้สักเป็นสินค้าส่งออกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2414 ทำรายได้ให้ประเทศในอันดับสำคัญจนพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้ทรงเล็งเห็นความสำคัญนี้ และให้จ้างผู้เชี่ยวชาญป่าไม้ชาวอังกฤษชื่อ Mr. H. A. Slade (มร.เอช สเลด) เข้ามาสำรวจและวางแนวทางการทำไม้สักให้ถูกต้องตามหลักวิชาการและทรงตั้งกรมป่าไม้ (Royal Forest Department) ขึ้นเมื่อวันที่ 18 กันยายน 2439 และให้ Mr. H. A. Slade เป็นอธิบดีกรมป่าไม้คนแรกของไทย ซึ่ง มร.สเลด เองยังได้เสนอความคิดว่าในท้องที่ ๆ ไม้สักมีการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติต่ำเห็นควรมีการปลูกป่าสักขึ้นด้วย เพื่อให้มีไม้สักไว้ใช้เป็นประโยชน์สืบไป

ในอดีตไม้สักเป็นสินค้าออกที่ทำรายได้หลักเข้าประเทศมาโดยตลอด แต่เมื่อทรัพยากรไม้สักลดปริมาณลง รัฐบาลจึงได้เริ่มสงวนทรัพยากรป่าไม้โดยใช้มาตรการด้านต่าง ๆ เช่น การห้ามส่งไม้ซุง ไม้แปรรูปจากการทำไม้ภายในประเทศลดภาษีนำเข้าไม้ซุง จากร้อยละ 10 เหลือร้อยละ 1 ไม้แปรรูปจากร้อยละ 20 เหลือร้อยละ 2 ในปี 2520 และในปี 2522 รัฐบาลได้ประกาศปิดป่า ลดการทำไม้ลงอีกร้อยละ 50 ของป่าสัมปทานทั่วประเทศ แต่ได้เปิดให้มีการทำไม้ใหม่อีกในปี 2527 จนกระทั่งปลายปี 2531 ได้เกิดมหันตภัยน้ำท่วมภาคใต้จึงได้ประกาศปิดป่าสัมปทานภาคใต้ทั้งหมดและต่อมาเมื่อเดือนมกราคม 2532 ได้มีพระราชกำหนดปิดป่าทั่วประเทศ (นิรนาม, 2534) ทำให้ความสำคัญของไม้สักในแง่ของการเป็นสินค้าหลักของประเทศลดลงและยังต้องมีการนำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้าน เช่น พม่า มาเลเซีย และอินโดนีเซีย เป็นต้น นับจากปี 2526 เป็นต้นมา ปริมาณการนำเข้าไม้สักของไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปีจาก 8.4 พันลูกบาศก์เมตร ในปี 2526 เป็น 156.2 พันลูกบาศก์เมตร ในปี 2532 สาเหตุที่ไทยต้องนำเข้าไม้สักในปริมาณสูงขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากปริมาณการผลิตภายในประเทศลดลงในขณะที่ปริมาณความต้องการใช้เพิ่มสูงขึ้น (นิรนาม, 2534) ความสำคัญต่อเศรษฐกิจในปัจจุบัน นานาประเทศทั่วโลกที่มีสภาพพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกสักได้มีความพยายามทดลองปลูกสักขึ้นเป็นสวนป่าจำนวนมาก ความสำคัญทางเศรษฐกิจในระดับโลก (Kjaer and Foster, 1996) ได้ประเมินมูลค่าผลผลิตรายได้ของไม้สักที่ปลูกในที่ ๆ เหมาะสม จะให้ผลผลิตปีละมากกว่า 7,000 เหรียญสหรัฐต่อเฮกตาร์ ดังนั้นประเทศต่าง ๆ ในโลกมีความสนใจปลูกสร้างสวนสักเป็นพื้นที่กว้างขวางทั้งในถิ่นเดิมและนอกถิ่น ทั่วโลกขณะนี้มีการปลูกสร้างสวนสักไปแล้วมากกว่า 3 ล้านเฮกแตร์ สวนป่าเหล่านี้ปลูกขึ้นเพื่อจุดประสงค์ให้ได้ไม้ที่มีคุณภาพสูง ในรอบตัดฟัน 40 ถึง 80 ปี จึงสามารถกล่าวได้ว่า ไม้สักไม่เพียงแต่จะมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยเท่านั้น แต่ยังเพิ่มบทบาทความสำคัญต่อเศรษฐกิจของนานาชาติด้วย

เป็นที่น่าเสียดายว่าในปัจจุบันนี้ทางรัฐบาลได้ยุติบทบาทในการปลูกป่าเศรษฐกิจภาครัฐลงเหลือเพียงป่าเศรษฐกิจของรัฐวิสาหกิจซึ่งดำเนินการโดยองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้และสวนป่า

ภาคเอกชนเท่านั้น และยกเลิกการทำไม้สักในป่าธรรมชาติ ทำให้บทบาทของไม้สักเป็นสินค้าออกอันดับ 2 รองจากข้าวหมดลง แม้จะเป็นการดีในแง่ของการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติที่รัฐบาลประกาศปิดป่าเพื่อยุติการทำไม้จากป่าธรรมชาติ ควรเพิ่มความสำคัญในเรื่องการปลูกป่าเศรษฐกิจขึ้นทดแทนเพื่อลดการนำเข้าไม้จากต่างประเทศโดยเฉพาะการปลูกสร้างสวนป่าไม้สัก กรมป่าไม้โดยส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ มีโครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้สักเพื่อการพัฒนาไม้สักที่มีคุณภาพทางพันธุ์ที่ดีขึ้น เพื่อใช้ในการปลูกป่าที่มีคุณภาพในอนาคต การยุติการปลูกป่าเศรษฐกิจภาครัฐโดยกรมป่าไม้ลง น่าจะเรียกได้ว่าเกิดความสูญเปล่าของโครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้สักเลยทีเดียว เพราะโครงการนี้ได้ถือกำเนิดมายาวนานกว่า 40 ปี และมีผลงานมากมายเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง แต่กลับมีการนำไปใช้น้อยมาก การหันกลับมาให้ความสนใจปลูกป่าเศรษฐกิจภาครัฐโดยเน้นการใช้ไม้สักพันธุ์ดี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการใช้สอยในประเทศหรือเพื่อการส่งออก น่าจะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะนำมาพิจารณา เพื่อช่วยเหลือประเทศในภาวะเศรษฐกิจถดถอยเช่นนี้ (วีระพงษ์, 2544)

การปรับปรุงพันธุ์ไม้สัก

การปรับปรุงพันธุ์ไม้สักในประเทศไทยมี 2 ลักษณะ คือ การปรับปรุงพันธุ์และขยายพันธุ์ในระยะสั้น (Short term programme) เน้นการผลิตเมล็ดพันธุ์หรือขยายพันธุ์ไม้สักพันธุ์ดีเพื่อแก้ปัญหาการปลูกสวนป่าระยะสั้น ซึ่งเป็นการขยายพื้นที่แหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ (Seed production area) และจัดสร้างสวนผลิตเมล็ดพันธุ์จากสายพันธุ์แม่ไม้ (Clones) ที่ได้รับการคัดเลือกไว้ และนอกจากนี้ยังได้ส่งเสริมให้มีการขยายพันธุ์แม่ไม้โดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Tissue Culture) และเทคนิคการขยายพันธุ์วิธีนี้ได้รับการพัฒนาปรับปรุงระยะยาว (Long term breeding programme) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อการสร้างสายพันธุ์ใหม่ ๆ ที่มีลักษณะเด่น ๆ เพิ่มขึ้นจากการผสมพันธุ์ ทดสอบพันธุ์ และคัดเลือกพันธุ์ในรุ่น (Generations) ของกลุ่มพันธุ์ (Clones) ที่ได้รับการคัดเลือกจากป่าธรรมชาติและสวนป่า การดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ (Multiple populations) เพื่อลดความเสี่ยงของการผสมพันธุ์ใกล้ชิดสายเลือด (Inbreeding) และเน้นการทดสอบแม่ไม้ (Clonal test) เพื่อที่จะใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกสายพันธุ์แม่ไม้ที่เหมาะสมกับพื้นที่ลักษณะต่าง ๆ (Clone X site matching) เพื่อการปลูกสร้างสวนป่าแม่ไม้ (Clonal planting programme) ต่อไป (อภิชาต และสมเกียรติ, 2535) การปรับปรุงพันธุ์สักมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะนำเอาวิชาพันธุศาสตร์ไม้ป่ามาประยุกต์ใช้ในด้านการพัฒนาคุณลักษณะต่าง ๆ ของสักในเชิงพาณิชย์ เช่น เพิ่มอัตราการเติบโต เพื่อลดรอบการตัดฟันให้สั้นลง รูปทรงของลำต้นเปลาตรง ขนาดกิ่งก้านเล็ก เนื้อไม้สวยงามเป็นที่นิยมของตลาด ต้านทานโรคและแมลง ทนต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงและมีลักษณะอื่น ๆ ตามต้องการ

โครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้สักได้เริ่มขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2508 โดยความร่วมมือระหว่างรัฐบาลไทยกับรัฐบาลเดนมาร์ค ได้ลงนามในความร่วมมือทางด้านวิชาการเกี่ยวกับพันธุศาสตร์และวนวัฒนวิทยาของสัก โดยมีศูนย์กลางการปฏิบัติงานอยู่ที่ศูนย์บำรุงพันธุ์ไม้สัก ซึ่งปัจจุบันคือ สถานีวนวัฒนวิจัยงาว อำเภองาว จังหวัดลำปาง โครงการปรับปรุงพันธุ์สักได้ดำเนินการกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแผนการปรับปรุงพันธุ์สัก โดยเริ่มตั้งแต่การสำรวจแหล่งพันธุกรรมของสักทั้งป่าธรรมชาติ ป่าปลูกหรือสวนป่าที่มีอายุเกิน 15 ปี และแปลงทดสอบถิ่นกำเนิดสำหรับการปรับปรุงพันธุ์สักระยะยาวมีการวางแผนการปฏิบัติงานอย่างเป็นระบบโดยการคัดเลือกแม่ไม้ (Plus tree selection) ที่มีลักษณะดีตามต้องการจากแหล่งพันธุกรรมสักหรือหมู่ไม้ที่มีลักษณะดี นำมาขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศด้วยวิธีติดตาแล้วปลูกรวมไว้ในสวนรวมพันธุ์ (Clone bank) เพื่อผลิตกิ่งตาที่จะนำไปใช้ทดสอบสายต้น (Clonal test) สร้างเป็นสวนผลิตเมล็ดพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Clonal seed orchard) และสวนผสมพันธุ์ (Breeding orchard) สำหรับผลิตเมล็ดพันธุ์ต่อไป ซึ่งเมล็ดที่ได้จากสวนผลิตเมล็ดพันธุ์และสวนผสมพันธุ์จะนำไปปลูกทดสอบและประเมินผล เพื่อคัดเลือกแม่ไม้ที่ให้ลูกลักษณะดีเพื่อนำไปจัดสร้างสวนผลิตเมล็ดพันธุ์สักรุ่นที่ 2 โดยหวังว่าเมื่อใช้เมล็ดที่ผ่านกระบวนการนี้แล้วจะทำให้ได้สวนป่าสักที่มีการเติบโตดี รูปทรงสวยงาม รอบตัดฟันสั้น ให้ผลตอบแทนสูงและเร็ว คุ้มค่าต่อการลงทุน (กรมป่าไม้, 2556)

1. การคัดเลือกแม่ไม้

การคัดเลือกแม่ไม้ (Plus tree selection) มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกและรวบรวมต้นไม้ที่มีลักษณะดีตามความต้องการใช้ประโยชน์ มาขยายพันธุ์เพื่อการปลูกสร้างสวนป่าหรือนำมาใช้เป็นพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ผลิตสายพันธุ์ใหม่ ๆ สำหรับใช้ในการทดสอบและคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อปลูกสร้างสวนป่าและใช้เป็นฐานประชากรในการปรับปรุงพันธุ์ขั้นสูง การคัดเลือกแม่ไม้สักเป็นการคัดเลือกสักรายต้นจากที่ได้คัดเลือกแหล่งพันธุกรรมที่ดีแล้ว ซึ่งจะทำการตรวจสอบและเปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ของต้นไม้ด้วยสายตา เลือกต้นที่ดีที่สุดเป็นแม่ไม้ ซึ่งการคัดเลือกระดับนี้จะเป็นการคัดเลือกจากลักษณะภายนอก (Phenotype) ในขบวนการปรับปรุงพันธุ์นั้นแม่ไม้จะถูกนำมาทำการตรวจสอบอีกครั้งโดยการทดสอบสายพันธุ์ (Progeny test) และคัดเลือกทางพันธุ์ในขั้นตอนต่อไป (กรมป่าไม้, 2556)

2. สวนรวมพันธุ์

การสร้างสวนรวมพันธุ์ไม้สักเป็นขั้นตอนหนึ่งของการปรับปรุงพันธุ์สัก เป็นการรวบรวมพันธุ์ไม้สักที่คัดเลือกจากป่าธรรมชาติและขึ้นอยู่กระจัดกระจายในพื้นที่ต่าง ๆ เช่น ในป่าลึก บนภูเขาที่ไม่มีถนนเข้าถึงและแต่ละต้นห่างไกลกัน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ของประชากร (Base population) ที่ยังไม่ได้ปรับปรุงพันธุ์ หลังจากคัดเลือกแม่ไม้โดยดูลักษณะภายนอกแล้วทำการ

ขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ซึ่งที่ผ่านมาใช้วิธีการติดตามาปลูกแยกแต่ละแม่ไม้ไว้ ซึ่งมีบางต้นที่ไม่ใช่แม่ไม้แต่เป็นต้นตอที่แตกหน่อขึ้นมา เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากกรณีการแตกหน่อจากต้นตอเดิม จึงเริ่มใช้วิธีการขยายพันธุ์แบบปักชำและเนื่องด้วยสวนรวมพันธุ์มีปลูกไว้เฉพาะเหนือ จึงการสร้างสวนรวมพันธุ์ไว้ตามภาคต่าง ๆ เพื่อความสะดวกในการนำมาใช้หรือศึกษาและยังเป็นการป้องกันการสูญหายของสายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้อีกด้วย

ในปี พ.ศ. 2550 สถานีผลิตเมล็ดพันธุ์ไม้ป่าแม่กา (สถานีวนวัฒนวิจัยแม่กา) อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา และสถานีบำรุงพันธุ์ไม้สัก (สถานีวนวัฒนวิจัยงาว) อำเภองาว จังหวัดลำปาง รับผิดชอบการเตรียมกล้าไม้ โดยใช้วิธีการปักชำจากกิ่งตาแม่ไม้ที่มีอยู่ในสวนรวมพันธุ์เดิมจำนวน 500 สายพันธุ์ โดยเตรียมกล้าให้ได้สายพันธุ์ละ 48 กล้า เพื่อให้สถานีที่รับผิดชอบการปลูกและดูแลสวนรวมพันธุ์ ได้แก่

สถานีวนวัฒนวิจัยงาว อำเภองาว จังหวัดลำปาง
สถานีวนวัฒนวิจัยดงลาน อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น
สถานีวนวัฒนวิจัยพิษณุโลก อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก
สถานีวนวัฒนวิจัยทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี
แจกจ่ายสถานีละ 12 กล้าต่อสายพันธุ์ (เผื่อการปลูกซ่อมด้วย) (ประสิทธิ์ และคณะ, ม.ป.ป.)

3. สวนผสมพันธุ์และผลิตเมล็ดพันธุ์

การสร้างสวนผสมพันธุ์สัก (Breeding orchard) มีวัตถุประสงค์เพื่อการผสมพันธุ์แบบควบคุม (Controlled pollination) จากนั้นนำเมล็ดที่ได้ไปทดสอบลูกหลานแบบปิด (Full-sib progeny test) ดังนั้นจำนวนแม่ไม้แต่ละหมายเลขหรือสายพันธุ์ไม่จำเป็นต้องมีมากเพียงมีตัวแทนของสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่จะใช้อยู่ครบเป็นการเพียงพอ ใช้พื้นที่ไม่มาก การจัดการดูแลง่าย ระยะปลูกควรจะกว้างพอเพื่อให้ผลิดอกออกผลได้เต็มที่ สวนผลิตเมล็ดพันธุ์สัก คือ สวนที่ปลูกขึ้นด้วยต้นไม้ที่มีลักษณะทางพันธุกรรมที่ดีอยู่ในพื้นที่ที่มีการป้องกันการผสมเกสรจากไม้ที่มีลักษณะทรามภายนอก มีการจัดการอย่างประณีตเพื่อให้มีผลผลิตเมล็ดที่มีลักษณะทางพันธุกรรมดี ปริมาณมาก สม่ำเสมอและเก็บเกี่ยวเมล็ดได้ง่าย วิธีการที่จะทำให้สัมฤทธิ์ผลคือ นำไม้ที่ได้รับการคัดเลือกแล้วว่ามีลักษณะดีมาปลูกในพื้นที่เดียวกัน สวนผลิตเมล็ดพันธุ์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ สวนผลิตเมล็ดพันธุ์ที่จัดสร้างขึ้นด้วยการใช้กล้าไม้ที่ได้จากเมล็ด (Seedling seed orchard) และสวนผลิตเมล็ดพันธุ์ที่จัดสร้างขึ้นด้วยการใช้กล้าไม้ที่ขยายพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศ (Clonal seed orchard) (กรมป่าไม้, 2556)

4. การทดสอบสายต้น

การทดสอบสายต้นเป็นขั้นตอนหนึ่งในการดำเนินงานปรับปรุงพันธุ์ไม้สัก โดยการปรับปรุงพันธุ์ไม้สักได้เริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2508 เป็นต้นมา มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทำการปรับปรุงพันธุ์ไม้สักให้ดีขึ้น ทำการผลิตเมล็ดพันธุ์และขยายพันธุ์ไม้สักพันธุ์ดีเพื่อการปลูกสร้างสวนป่าต่อไป (อภิชาติ, 2528) การทดสอบสายต้นไม้สัก (Teak clonal test) จัดได้ว่าเป็นงานสำคัญงานหนึ่งของกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ไม้สัก ทั้งนี้เพราะแม่ไม้ (plus tree) ที่คัดเลือกได้เป็นการคัดเลือกทางสายตา จัดได้แต่เพียงว่าเป็นต้นไม้ที่มีรูปร่างลักษณะดี (Phenotypically superior tree) เท่านั้นเอง ซึ่งรูปร่าง ลักษณะดีและการเจริญเติบโตของต้นไม้ที่แสดงออกมานั้นจะถูกควบคุมโดยลักษณะทางพันธุกรรมและอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมอีกด้วย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบแม่ไม้ดังกล่าวว่ามีลักษณะทางพันธุ์ (genotype) ดีมากน้อยเพียงไร โดยทำการขยายพันธุ์แม่ไม้ (Cloning) โดยวิธีติดตา (Budding) หรือตัดปักชำ (Cutting) แล้วนำไปปลูกทดสอบรวมกันในท้องที่ต่าง ๆ ตามแบบแผนของการทดสอบ เพื่อที่จะประเมินหาค่าทางพันธุ์ (Genotypic value) เพื่อการปรับปรุงพันธุ์และขยายพันธุ์ต่อไป (อภิชาติ, 2528) ปัจจุบันมีการปลูกสร้างสวนป่าแบบสายต้น (Clonal plantation) เนื่องจากสายต้นที่มีการคัดเลือกพันธุ์มาแล้วจะให้ผลผลิตสูงและมีความสม่ำเสมอในแปลงปลูก ส่งผลให้การจัดการสวนป่าทำได้ง่ายทั้งการปลูกและการตัดฟัน แต่การปลูกด้วยสายต้นต้องมีการขยายพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศ เช่น การปักชำ หรือการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ถึงแม้กล้าสักพันธุ์ดีจะมีราคาสูงกว่าเมล็ดทั่วไปหลายเท่า แต่ให้ผลผลิตที่คุ้มค่ากว่า ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจดีกว่าและในระยะเวลาอันสั้นกว่า (สาโรจน์, 2550) การปลูกสร้างสวนป่าแบบสายต้นนี้จะต้องคัดเลือกพันธุ์และผสมพันธุ์ เพื่อให้ได้สายต้นที่มีคุณภาพดีขึ้นไปตลอดเวลา และการปลูกแบบสายต้นที่ใช้สายต้นไม่มากหรือสายต้นเดียวจะมีความเสี่ยงต่อโรคและแมลงที่จะระบาดได้อย่างรวดเร็ว จึงควรมีสายต้นที่ได้จากการพัฒนาไว้เป็นจำนวนมากพอควรเพื่อใช้ปลูกแบบผสมผสานหรือปรับเปลี่ยนสายต้นที่เริ่มอ่อนแอต่อโรคและแมลง

การทดสอบสายต้นหรือการทดสอบแม่ไม้ เป็นกิจกรรมที่ต้องดำเนินการก่อนที่จะนำสายต้นพันธุ์ดีไปปลูกสร้างสวนป่า เนื่องจากสายต้นได้คัดเลือกจากการทดสอบสายพันธุ์ควรจะได้ไปปลูกทดสอบในพื้นที่ที่มีสภาพแบบต่าง ๆ เพื่อศึกษาดูว่าสายต้นมีความแปรปรวนในการเจริญเติบโตในท้องที่ต่าง ๆ อย่างไร ซึ่งจะเป็นข้อมูลในการนำสายต้นไปใช้ปลูกสร้างสวนป่าที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ รวมทั้งศึกษาผลผลิตเนื้อไม้เพื่อให้สามารถประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจได้ การทดสอบสายต้นเป็นการปลูกเพื่อเป็นแปลงทดลองที่ต้องมีการวางแผนการทดลอง โดยส่วนใหญ่จะวางแผนแบบง่ายไม่ซับซ้อน เช่น แผนแบบบล็อกสมบูรณ์ การวิเคราะห์เป็นการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่าง ๆ ของสายต้น คือ การเจริญเติบโต รูปทรงลำต้น ความต้านทานโรคและแมลง สายต้นที่มีลักษณะดีจะถูกนำไปใช้ผลิตเป็นกิ่งพันธุ์เพื่อการปลูกสร้างสวนป่าแบบสายต้นต่อไป วิฑูรย์ (2553) และ สมบูรณ์ และ

คณะ (2550) รายงานว่า สภาพพื้นที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเจริญเติบโตทั้งความสูงและความโตของแม่ไม้ ในขณะที่ภายในพื้นที่เดียวกันสายพันธุ์มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความโตในทุกพื้นที่ แต่สายพันธุ์มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความสูงเฉพาะในพื้นที่กำแพงเพชร ปัจจัยร่วมระหว่างสภาพพื้นที่และสายพันธุ์มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อทั้งความสูงและความโต ซึ่งหมายความว่าสายพันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่หนึ่งอาจเจริญเติบโตได้ไม่ดีในอีกพื้นที่หนึ่ง ดังนั้นการเลือกสายพันธุ์ใดไปปลูกต้องคำนึงถึงสภาพพื้นที่ด้วย

การขยายพันธุ์สัก

การขยายพันธุ์สักทำได้ทั้งวิธีอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ ถึงแม้ว่าการขยายพันธุ์สักด้วยเมล็ดสักมีข้อเสียคือ เมล็ดสักมีความสามารถในการงอกค่อนข้างต่ำโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 35 และมีอัตราการงอกไม่สม่ำเสมอ แต่การใช้เมล็ดยังเป็นที่นิยมเพราะเป็นวิธีที่ง่ายและเหมาะสมสำหรับการผลิตกล้าหรือเหง้าสักจำนวนมากเพื่อการปลูกป่า ทั้งนี้เมล็ดที่ใช้ควรเก็บจากแม่ไม้หรือแหล่งผลิตเมล็ดคุณภาพดีที่เรียกว่า แหล่งเมล็ดคัดเลือก (Selected stand) แหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ (Seed production area) แหล่งเมล็ดพิสูจน์ถิ่นกำเนิด (Provenance stand) และสวนผลิตเมล็ดพันธุ์ (Seed orchard) สำหรับการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศที่ได้ผลดี ได้แก่ การติดตา การปักชำ และการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

1. การขยายพันธุ์สักโดยใช้เมล็ด

การขยายพันธุ์สักโดยการเพาะเมล็ดเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด เพราะเป็นวิธีการตามธรรมชาติและเป็นวิธีที่ใช้สำหรับขยายพันธุ์เพื่อปลูกสร้างสวนป่าสักกว่าร้อยละ 90 ของสวนป่าที่ปลูกไปแล้วในปัจจุบัน การขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดมีความผันแปรทางพันธุกรรมทำให้สวนป่ามีการเติบโตไม่สม่ำเสมอและมีโอกาสได้ต้นไม้ที่มีลักษณะด้อยกว่าต้นแม่เดิม แต่ในขณะเดียวกันก็มีโอกาสที่จะได้ต้นที่มีลักษณะดีกว่าต้นพ่อต้นแม่ด้วย ดังนั้นการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดจึงถูกใช้เป็นเครื่องมือในการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อสร้างสายพันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะที่ดีขึ้น (กรมป่าไม้, 2556)

2. การขยายพันธุ์สักโดยการติดตา (Budding)

การขยายพันธุ์สักโดยการติดตาเป็นวิธีการที่ง่ายให้ผลสำเร็จสูงและนำมาใช้ในการขยายพันธุ์ไม้สักในหลายขั้นตอนของการปรับปรุงพันธุ์มาตั้งแต่เริ่มต้น ดังที่มีการทดลองสำเร็จโดยศาสตราจารย์ ดร.สะอาด บุญเกิด ในปี พ.ศ. 2500 ซึ่งใช้วิธีติดตาแบบ T-budding ในปี พ.ศ. 2508 วิธีการติดตาใช้วิธี Forkert ซึ่งใช้เปลือกที่เปิดออกจากด้านล่างด้านเดียวปิดตาจนมิด ต่อมาปี 2509 ได้เปลี่ยนมาใช้

วิธีเปิดเปลือกด้านบนและด้านล่าง แล้วเสียบแผ่นตาเข้าไปโดยให้ส่วนตาโผล่ออกมา (Bryndum, 1969) ต่อมาในปี พ.ศ. 2517 (Hedegart et al., 1974) ได้เปลี่ยนมาใช้วิธีติดตาแบบโล่ ซึ่งทำได้ง่ายกว่าและให้เปอร์เซ็นต์สำเร็จสูงกว่า และวิธีดังกล่าวก็ใช้กันมาจนถึงปัจจุบันในการสร้างสวนผลิตเมล็ดพันธุ์ทุกแห่ง การสร้างสวนทดสอบแม่ไม้และการสร้างสวนรวมพันธุ์ ในช่วงแรกของโครงการนั้น การสร้างสวนผลิตเมล็ดพันธุ์ สวนรวมพันธุ์และแปลงทดสอบสายพันธุ์นั้นจะทำการปลูกต้นตอลงในพื้นที่ก่อนประมาณ 1 ปีแล้วจึงนำแผ่นตามาติดภายหลัง ซึ่งพบว่าให้เปอร์เซ็นต์ต่ำมากและได้ต้นไม้ที่ไม่สม่ำเสมอทำให้ยากต่อการประเมินผล นอกจากนี้ ไพรัช และจำนรรจ์ (2539) ยังพบในภายหลังว่าการติดตาในแปลงเป็นสาเหตุใหญ่ของการเกิด incompatibility และเชื้อราเข้าทำลายโคนต้นอีกด้วย นับว่าโชคดีที่ได้เปลี่ยนมาใช้วิธีติดตาในเรือนเพาะชำก่อนจึงย้ายปลูกในพื้นที่ ซึ่งพบว่าได้ต้นไม้ที่มีความสม่ำเสมอมากกว่า มีความสำเร็จสูงกว่าและย่นระยะเวลาการสร้างสวนผลิตเมล็ดพันธุ์ สวนรวมพันธุ์และแปลงทดลองจาก 3 - 5 ปี เหลือเพียง 1 - 2 ปี นอกจากนี้การเกิด incompatibility และเชื้อราเข้าทำลายโคนต้นน้อยลงด้วย (ไพรัช, 2542) ด้านข้อเสียของการติดตานอกจากพบว่ามีการเกิด incompatibility และเชื้อราเข้าทำลายในภายหลังแล้ว ยังพบว่าการติดตายังมีข้อเสียอีกหลายประการด้วยกัน คือหลังจากการติดตาแล้วต้องหมั่นตรวจสอบยอดที่แตกจากต้นตอถ้าพบต้องทำการริดทิ้งเสีย หากผู้ปฏิบัติละเลยในเรื่องนี้จะทำให้เกิดข้อกังขาอย่างมากว่าต้นไม้ที่เจริญเติบโตขึ้นมาเป็นกิ่งที่นำมาติดตาไว้หรือไม่ การตรวจสอบนี้ต้องทำต่อเนื่องจนถึงหลังการปลูกในพื้นที่อีกด้วย นอกจากนี้การติดตาต้องการผู้ปฏิบัติที่มีความชำนาญจึงจะให้เปอร์เซ็นต์ความสำเร็จสูงจึงเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่าย ถึงแม้พบว่าการติดตาจะมีข้อเสียหลายประการแต่ในขั้นตอนการปักชำกิ่งแก่ของไม้สักซึ่งจะนำมาใช้แก้ปัญหาดังกล่าวได้ก็ยังคงต้องอาศัยขั้นตอนการติดตาก่อน (Pianhanuruk et al., 1996)

3. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Tissue Culture)

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นการนำเอาโปรโตปลาสต์ เซลล์ เนื้อเยื่อหรืออวัยวะบางส่วนของพืช เช่น ยอด ลำต้น ราก ใบ หรือส่วนต่าง ๆ ของดอกของผล มาเลี้ยงบนอาหารวิทยาศาสตร์ในสภาพปลอดเชื้อให้ได้ต้นพืชใหม่ที่มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนต้นแม่ทุกประการ ยกเว้นเทคนิคการเลี้ยงแบบรวมโปรโตพลาสต์ของพืชที่มีพันธุกรรมต่างกันเพื่อให้เกิดพืชพันธุ์ใหม่ หรือการเกิดผ่าเหล่าของไม้บางชนิดเท่านั้น การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อก็เป็นวิธีการขยายพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศ วิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้แทนการติดตาได้ ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการพัฒนาและนำวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไม้สักมาใช้ในการขยายพันธุ์จนถึงระดับส่งออกไปยังประเทศใกล้เคียงเช่น มาเลเซีย อินโดนีเซีย เป็นต้น สำหรับไม้สักนั้นการขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในแง่ของการเพิ่มจำนวนกล้าไม้สักพันธุ์ดีให้ได้จำนวนมาก ๆ ในระยะเวลาสั้นเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนเมล็ดเพื่อการปลูกสร้างสวนป่าและเพื่อการปรับปรุงพันธุ์

ประโยชน์โดยทั่วไปของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (ประศาสตร์, 2538) ได้สรุปถึงประโยชน์ของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไว้ดังนี้

1. เพื่อการผลิตต้นพันธุ์พืชปริมาณมากในระยะเวลาอันรวดเร็ว โดยอาศัยสูตรอาหารที่สามารถเพิ่มจำนวนต้นเป็นทวีคูณจากการเพาะเลี้ยงต้นพืชเพียง 1 ต้นและทำการย้ายเนื้อเยื่อเดือนละครั้ง แต่ละเดือนต้นพืชสามารถเพิ่มจำนวนได้ 10 ต้นเมื่อเวลาผ่านไปเพียง 6 เดือนสามารถผลิตต้นพืชในหลอดได้ถึง 1 ล้านต้น ซึ่งไม่มีวิธีอื่นใดที่จะผลิตต้นกล้าพืชให้ได้ปริมาณมากรวดเร็วเช่นนี้
2. เพื่อการผลิตพืชที่ปราศจากโรค
3. เพื่อการปรับปรุงพันธุ์
4. เพื่อการผลิตพันธุ์ต้านทานโรคและแมลง
5. เพื่อการผลิตพันธุ์ทนทาน
6. เพื่อการผลิตยาหรือสารเคมีจากพืช
7. เพื่อการศึกษาทางชีวเคมีและสรีรวิทยาของพืช
8. เพื่อการเก็บรักษาพันธุ์พืช

3.1 การเลือกเนื้อเยื่อไม้สักสำหรับการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ

ชิ้นส่วนของไม้สักที่นำเข้ามาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและประสบความสำเร็จนั้น พบว่า เป็นได้ทั้งชิ้นส่วนของยอดอ่อนและส่วนของเมล็ด ทั้งเมล็ดอ่อนและเมล็ดแก่ การที่จะใช้เนื้อเยื่อชนิดใดมาทำการเพาะเลี้ยงนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการเพาะเลี้ยง การเลือกชิ้นส่วนที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์จะให้ประโยชน์สูงสุดในการเพาะเลี้ยง ซึ่งมีหลักการเลือกพิจารณาเลือกเนื้อเยื่อดังนี้

3.1.1 เนื้อเยื่อที่เป็นยอดอ่อน การใช้เนื้อเยื่อที่เป็นยอดอ่อนมาเพาะเลี้ยง สามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ในการขยายพันธุ์แม่ไม้พันธุ์ดีที่ผ่านการคัดเลือกหรือผ่านการทดสอบแล้วว่ามีลักษณะดีตามต้องการ เพื่อเพิ่มจำนวนไม้สักพันธุ์ดีเหล่านี้ไปปลูกสร้างสวนป่าขนาดใหญ่ได้มากและรวดเร็ว แม่ไม้เหล่านี้จะเป็นต้นไม้ที่มีอายุมากซึ่งแสดงลักษณะรูปทรงให้เห็นแล้วและมีประวัติการเจริญเติบโตแล้ว ต้องทำความเข้าใจในที่นี้ก่อนว่า ต้องใช้ยอดอ่อนจากต้นพันธุ์ที่ดีเท่านั้นเพราะการขยายพันธุ์วิธีนี้จะได้ต้นที่มีลักษณะทางพันธุ์เหมือนเดิมทุกประการไม่ได้เป็นการปรับปรุงพันธุ์ให้ดีขึ้น พันธุ์ที่เลือกเข้าไปมีลักษณะอย่างไร ต้นที่ได้ออกมาก็มีลักษณะอย่างนั้น มักมีผู้เข้าใจผิดคิดว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะได้ต้นไม้ที่มีลักษณะดีขึ้น

3.1.2 เนื้อเยื่อที่เป็นเมล็ดจากผลอ่อน วัตถุประสงค์สำคัญในการใช้เมล็ดจากผลอ่อนเป็นเนื้อเยื่อในการเพาะเลี้ยงก็เพื่อช่วยเหลือเมล็ดให้มีชีวิตรอดเป็นต้นได้ก่อนที่จะถูกทำลายเสียหายด้วยแมลงหรือลมพายุ ซึ่งเมล็ดเหล่านี้จะต้องมีความสำคัญและมีราคาแพงจึงจะคุ้มค่าต่อการนำเพาะเลี้ยง เมล็ดที่จะมีความสำคัญและราคาแพงขนาดนี้ก็คือ เมล็ดที่ได้จากการผสมเกสรแบบควบคุม

ที่จะนำไปใช้ในการปลูกทดสอบสายพันธุ์หรือเมล็ดที่เกิดจากการผสมของต้นพ่อต้นแม่ที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าให้ลูกไม้ที่มีลักษณะเป็นเลิศและเป็นที่ต้องการสูงแต่มีผลผลิตเมล็ดเพียงเล็กน้อย การเลี้ยงผลอ่อนที่มีอายุยิ่งน้อยจะยิ่งช่วยแก้ปัญหาเรื่องแมลงกินผลอ่อนได้ดีกว่า อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนี้ยังทำได้เฉพาะผลที่เริ่มแข็งเท่านั้น การศึกษาเกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการที่จะเพาะเลี้ยงผลอ่อนกว่านี้ยังต้องการศึกษาเพิ่มอีก เนื้อเยื่อเมล็ดอ่อนที่นำมาเลี้ยงได้ในปัจจุบันนี้คือผลอ่อนอายุ 2 เดือนครึ่งหลังการผสมเกสรหรือผลอ่อนที่เปลือกแข็งแล้วที่เก็บราวเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน การเลี้ยงเนื้อเยื่อเมล็ดอ่อนที่อายุขนาดนี้จะมีประโยชน์ในการช่วยเหลือเมล็ดอ่อนที่ยังพัฒนาไม่เต็มที่ ก่อนที่จะร่วงหล่นเสียหายเนื่องจากลมพายุ หรือเสียหายจากสาเหตุอื่น ๆ

3.1.3 เนื้อเยื่อที่เป็นเมล็ดจากผลแก่ วัตถุประสงค์ของการใช้เมล็ดแก่มาเพาะเลี้ยงก็เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณต้นกล้าของไม้สักพันธุ์ดีที่มีเมล็ดจำนวนจำกัดให้มีปริมาณมากขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่การเพาะจากเมล็ดที่เก็บจากแหล่งทั่วไปและเมล็ดมีปริมาณมากควรพิจารณาเลือกใช้วิธีขยายพันธุ์ให้รอบคอบ เพราะการขยายพันธุ์ด้วยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อนี้ไม่ได้ปรับปรุงพันธุ์ให้ดีขึ้นเพียงแต่เพิ่มปริมาณให้มากขึ้นเท่านั้น ดังนั้นหากเมล็ดพันธุ์ที่ได้มาไม่ใช่พันธุ์ดีแต่มีปริมาณมากพอควรเลือกเพาะเมล็ดด้วยวิธีปกติจะคุ้มค่ากว่า การเลือกลักษณะเมล็ดที่จะนำมาเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อนั้นไม่มีเทคนิคพิเศษอะไรนอกจากเลือกผลที่ไม่มีร่องรอยของแมลงทำลาย ไม่มีร่องรอยเชื้อราบนเมล็ดและเลือกเมล็ดที่ใหม่กว่าน่าจะตอบสนองและพัฒนาได้ดีกว่าเมล็ดที่เก็บค้างไว้หลายปี

3.2 เทคนิคการฟอกฆ่าเชื้อ

หลังจากเลือกเนื้อเยื่อที่จะเพาะเลี้ยงได้แล้วขั้นตอนต่อไปก็คือการฟอกฆ่าเชื้อเพื่อให้ได้ชิ้นส่วนสะอาดไปเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ ขั้นตอนนี้นับว่าเป็นก้าวแรกของการเพาะเลี้ยง หากขั้นตอนนี้ไม่สามารถทำได้การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อก็จะไม่เกิดขึ้นได้ สำหรับการฟอกเนื้อเยื่อไม้สักนั้นแบ่งตามลักษณะเนื้อเยื่อที่นำเข้าเป็นสามลักษณะคือ

- การฟอกเนื้อเยื่อที่เป็นยอดอ่อน
- การฟอกเนื้อเยื่อที่เป็นเมล็ดอ่อน
- การฟอกเนื้อเยื่อที่เป็นเมล็ดจากผลแก่

เนื้อเยื่อทั้งสามลักษณะมีเทคนิคการฟอกที่ได้ผลดีแตกต่างกันออกไปดังนี้

3.2.1 เทคนิคการฟอกฆ่าเชื้อยอดอ่อน การฟอกชิ้นส่วนพืชก่อนนำเข้าเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อนั้นมีหลายวิธี ส่วนใหญ่จะใช้สารเคมีต่าง ๆ ฟอกฆ่าเชื้อบริเวณผิว (จินตนา, 2544; อภิชาติ และพิมพ์ใจ, 2535) อย่างไรก็ตาม หากพบว่าวิธีดังกล่าวไม่ได้ผลสาเหตุสำคัญน่าจะมาจากลักษณะของผิวชั้นนอกของยอดไม้สักที่มีขนละเอียดเล็ก ๆ ปกคลุมอยู่เป็นจำนวนมากเป็นการยากที่สารเคมีจะสัมผัสกับผิวและฆ่าเชื้อได้อย่างทั่วถึง ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของมูลนิธิแม่ฟ้าหลวง พระตำหนักดอยตุง อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย ได้พัฒนาเทคนิคการฟอกฆ่าเชื้อ เรียกว่า

“การฟอกสด” ทำโดยการฉีดพ่นยอดอ่อนไม้สักด้วยแอลกอฮอล์ 70% ให้ทั่วแล้วใช้มีดผ่าตัดปอกผิวบริเวณปลายยอดออกหลายครั้ง จนเหลือปลายยอดเล็ก ๆ มีขนาดประมาณ 0.1 – 0.2 เซนติเมตร ยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ยอดที่ปราศจากเชื้อสูงมาก แต่อย่างไรก็ตามพบว่ายอดพัฒนาต่อไปได้น้อย เนื่องจากชิ้นส่วนที่นำมาเลี้ยงมีขนาดเล็กมากโดยเฉพาะส่วนปลายยอด ผู้เขียนจึงได้ประยุกต์เทคนิคการฟอกดังกล่าวโดยหาวิธีตัดแต่งให้ได้ชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเพียงพอที่ยอดจะพัฒนาต่อไปได้ พบว่าเทคนิคที่ปรับปรุงใหม่นี้ได้ชิ้นส่วนที่มีความสะอาดปราศจากเชื้อสูงเช่นเดียวกัน ชิ้นส่วนพัฒนาต่อไปได้ดีมาก ทำได้รวดเร็วเพราะลงมีดปอกเพียง 4 ครั้ง ก่อนที่จะตัดอีก 1 ครั้ง ก็เสร็จสิ้นขบวนการฟอก

3.2.2 การฟอกเนื้อเยื่อที่เป็นเมล็ดอ่อน ลักษณะของผลอ่อนของไม้สักอายุ 2 เดือน – 2 เดือนครึ่ง จะมีเปลือกนอก (Exocarp) เป็นแผ่นสีเขียวบาง ๆ หุ้มอยู่ ตรงปลายจะมีรูเปิดเล็กน้อย ภายในจะมีผลอ่อนสีเขียวมีขนละเอียดหุ้มคล้ายกำมะหยี่และเนื้อผลที่หุ้มอีกชั้นหนึ่ง ชั้นในสุดจะมีลักษณะแข็งห่อหุ้มเมล็ดอ่อนที่ถูกแบ่งให้อยู่เป็นห้อง ๆ (chamber) 4 ห้อง แต่ละห้องเรียงตัวอยู่โดยรอบแกนกลางในแนวตั้ง แต่ละห้องบรรจุเมล็ดอยู่ 1 เมล็ด แต่ละห้องจะถูกครอบด้วยฝาประกบครอบเมล็ดไว้กับแกนกลาง ระหว่างฝากับแกนกลางจะมีรอยต่ออยู่ ฝาครอบนี้ในกรณีที่เป็นเมล็ดแก่เมื่อเพาะเมล็ดจะหลุดออกมาลักษณะคล้ายฝาเวลาเมล็ดงอกและดันตัวออกมา ในขณะที่ผลยังอ่อนเนื้อเยื่อส่วนนี้ก็พัฒนาขึ้นมาแล้วเช่นกัน เมื่อทราบถึงลักษณะโครงสร้างของผลที่หุ้มเมล็ดอยู่และตำแหน่งของเมล็ดที่เรียงตัวอยู่ในผลแล้วก็จะเป็นการง่ายที่จะแกะเมล็ดอ่อนออกจากผลมาอย่างปลอดภัยและสะอาด วิธีการฟอกเนื้อเยื่อที่เป็นเมล็ดอ่อนทำโดยนำผลอ่อนที่ได้มาใหม่ ๆ หรือค้างคืนได้ไม่ควรเกิน 1 คืน ซึ่งการเก็บผลที่จะฟอกเข้าแต่ละครั้งต้องคำนึงถึงความสามารถในการแกะเมล็ดด้วยว่าได้วันละเท่าไรขึ้นอยู่กับความชำนาญของแต่ละบุคคล ฉีดผลด้วยแอลกอฮอล์ 70% ก่อนเข้าตู้ฉีดทีละผล ฟอกเสร็จแล้วค่อยฉีดเข้าไปใหม่ใช้ปากคีบคีบผลที่จะฟอกจุ่มลงในแอลกอฮอล์ 95% แล้วลนด้วยเปลวไฟให้ลุกท่วมซักพักสะบัดให้ไฟดับ ใช้มือซ้ายจับผลมือขวาใช้มีดผ่าตัดปอกเอาเนื้อผลอ่อนภายนอกออกให้หมดเหลือเฉพาะเปลือกแข็งด้านใน พลิกหารอยแตกของผลซึ่งอยู่ใกล้กับแกนกลาง จับผลให้แน่นใช้มือขวาจรดปลายมีดผ่าตัดที่สะอาดตามรอยแยกแล้วกดแรง ๆ เปลือกจะกะเทาะออกเป็นแผ่นหรือใช้กรรไกรตัดกิ่งที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วค่อย ๆ ตัดตามรอยต่อก่อนงัดเปลือกออกเป็นแผ่นก็ได้เช่นกันแล้วแต่ความถนัดของแต่ละคน เมื่อเห็นเมล็ดอ่อนที่อยู่ข้างในใช้ปากคีบปลายแหลมคีบเมล็ดออกมาใส่ในจานตัด จุดนี้ระวังอย่าให้มือหรืออุปกรณ์ที่ยังไม่ได้เผาสัมผัสกับเมล็ดเป็นอันขาด ทั้งสองมือใช้ปากคีบปลายแหลมข้างละ 1 อัน กดเมล็ดและดึงเยื่อหุ้มเมล็ดออกจะเห็นใบเลี้ยง 2 ใบประกบกันอยู่ภายในจึงคีบใส่อาหารที่เตรียมไว้ ปิดฝาแล้วก็แกะเมล็ดที่เหลือไปจนหมด เมล็ด 1 เมล็ด เลี้ยงในอาหาร 1 ขวด หรือ 1 หลอดเท่านั้น

3.2.3 เทคนิคการฟอกเมล็ดแก่

3.2.3.1 เทคนิคการกะเทาะเมล็ดออกจากผล เมื่อกล่าวถึงเมล็ดสักโดยทั่วไปจะหมายถึงผลสักซึ่งมีเปลือกแข็ง (stone) และมีเมล็ดจริงอยู่ภายใน แต่เมล็ดในที่นี้หมายถึงเมล็ดที่กะเทาะเปลือกแข็งของผลที่หุ้มอยู่ออกไปแล้ว เมล็ดที่กะเทาะเปลือกออกแล้วจะถูกนำมาฟอกด้วยสารเคมีเช่น คลอรอกซ์ ขั้นตอนการฟอกด้วยสารเคมีไม่ค่อยทำให้เกิดความเสียหายแก่เมล็ดมากนักหากใช้ความเข้มข้นและเวลาที่พอเหมาะ แต่การกะเทาะเมล็ดออกจากผลกลับทำให้เกิดความเสียหายมากกว่า หากไม่รู้วิธีที่ถูกต้อง วิธีกะเทาะเมล็ดที่ใช้กันอยู่มี 3 วิธี *1) ใช้ค้อนทุบ* หากมีเมล็ดจำนวนมากและไม่มีอุปกรณ์อื่น การใช้วิธีนี้ก็จะทำให้ได้เมล็ดจำนวนหนึ่ง แต่จะเกิดความเสียหายต่อเมล็ดได้มากเพราะจะควบคุมความแรงของการทุบให้พอดีได้ยาก *2) ใช้แม่แรง* แม่แรงที่ใช้ในการประกบไม้ในงานช่างไม้จะมีเกลียวเป็นตัวควบคุมระยะและแรงบีบได้ การกะเทาะเมล็ดวิธีนี้จะปลอดภัยต่อเมล็ดกว่าวิธีแรกเพราะควบคุมแรงกระทบได้ดีกว่า วิธีการก็ทำโดยใช้มือจับเมล็ดให้ขั้วผลหันเข้าหาแผ่น แม่แรง จากนั้นหมุนเกลียวให้บีบเมล็ดไว้ เอามือออก ค่อย ๆ หมุนเกลียวต่อไป จนผลแตกแล้วหมุนต่ออีกเล็กน้อยค่อยคลายเกลียวจะพบว่าเปลือกผลจะแตกออกอย่างง่ายดายและเมล็ดจะมีความเสียหายน้อยมาก *3) การกะเทาะตามโครงสร้างของเมล็ด* วิธีนี้คล้าย ๆ กับการกะเทาะผลอ่อน แต่ไม่ต้องทำในสภาพปลอดเชื้อเพราะเมล็ดที่ได้จะนำไปฟอกด้วยสารเคมีอีกครั้งหนึ่ง ในการกะเทาะเมล็ดออกจากผลนั้น หากรู้โครงสร้างของผลและการเรียงตัวของเมล็ดภายในผลก็จะช่วยให้การกะเทาะเมล็ดปลอดภัยยิ่งขึ้น โครงสร้างของผลสักหลังจากขยี้เปลือกหุ้มบาง ๆ ชั้นนอกออกแล้ว ภายนอกจะมีเปลือกหุ้มเป็นขนอ่อน ๆ คล้ายกำมะหยี่หนาแน่น รูปทรงผลคล้าย ๆ ลูกมะยมถ้าสังเกตให้ดีจะเห็นมีพูอยู่ 4 ด้าน หากผลเบี้ยวอาจมี 1 พู หรือ 2 - 3 พูก็แล้วแต่ แต่ละพูที่สังเกตเห็นจะมีเมล็ดซ่อนอยู่ข้างใน เมื่อผลสักได้รับน้ำและแสงแดดสลับกันในเวลาเพาะเมล็ด เมล็ดงอกและดันตัวออกส่วนที่เป็นพูจะหลุดออกมาเป็นแผ่นรูปโล่ แสดงว่าด้านข้างของพูนี้จะมีรอยต่อระหว่างแผ่นรูปโล่กับแกนกลางอยู่ ในการกะเทาะเมล็ดสักเราก็ใช้การสังเกตหารอยต่อนี้แล้วใช้ปลายมีดผ่าตัดกรีดตามรอยแล้วกดให้แรงจะสามารถแกะแผ่นรูปโล่นี้ออกได้โดยง่าย หรือใช้กรรไกรตัดกิ่งแทนมีดก็ได้ เมล็ดก็จะหลุดออกมาอย่างปลอดภัย การกะเทาะเมล็ดจะทำได้ง่ายขึ้นถ้านำผลไปแช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืน วิธีนี้ได้เมล็ดที่ปลอดภัยสูงแต่คงต้องใช้การฝึกหัดให้มีความชำนาญเสียก่อนจากเมล็ดทั่วไป ก่อนเริ่มปฏิบัติกับเมล็ดจริง

3.2.3.2 เทคนิคการฟอกเมล็ด ไม่ว่าจะใช้เทคนิคการกะเทาะเมล็ดด้วยวิธีใดก็ตาม เมื่อได้เมล็ดมากเพียงพอ ก็คัดเฉพาะเมล็ดที่สมบูรณ์ไม่มีร่องรอยการเกิดเชื้อรามาทำการฟอกโดยใช้สารเคมี ดังนี้ 1) นำเมล็ดที่ได้แช่ในน้ำยาโซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์ 6% (ไฮเตอร์) ที่นำมาเจือจางลงโดยการผสมน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อที่ความเข้มข้น 30% ใส่น้ำยาล้างจาน 2 – 3 หยด เขย่าเป็นเวลา 10 นาที 2) ล้างน้ำยาออกให้หมดโดยการล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 2 – 3 ครั้ง 3) ฟอกซ้ำอีกครั้งด้วยไฮเตอร์ที่เจือจางลงเหลือ 10% ใส่น้ำยาล้างจาน 2 – 3 หยด เขย่าเป็นเวลา 10 นาที 4) ล้างน้ำยา

ออกให้หมด โดยการล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 2 – 3 ครั้งแต่ละครั้งประมาณ 5 นาที ย้ายเมล็ดลงบนอาหารเพาะเลี้ยง 1 เมล็ดต่อ 1 ขวด หรือ 1 หลอด ขั้นตอนทั้งหมดนี้ทำในสภาพปลอดเชื้อ

3.3 การดำเนินการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไม้สัก

เมื่อผ่านขั้นตอนการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วน และได้ชิ้นส่วนพืชมาอยู่ในหลอดทดลองหรือขวดเพาะเลี้ยง ระยะพัฒนาการของเนื้อเยื่อจะแบ่งเป็น 3 ระยะอย่างชัดเจน คือ ระยะเริ่มต้น ระยะขยายหรือเพิ่มจำนวนและระยะสุดท้ายที่เป็นการชักนำให้เกิดรากเพื่อเตรียมพร้อมออกสู่สภาพภายนอกต่อไป แต่ละระยะจะมีลักษณะของเนื้อเยื่อ สูตรอาหารและเป้าหมายในการเพาะเลี้ยงแตกต่างกัน การดำเนินการจึงมีความแตกต่างกันเพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายขึ้น จึงแยกหัวข้อการดำเนินการตามระยะพัฒนาการของเนื้อเยื่อเป็น 3 ระยะคือ คือ ระยะเริ่มต้น ระยะขยายหรือเพิ่มจำนวนและระยะชักนำให้เกิดราก

3.3.1 การดำเนินการในระยะเริ่มต้น ระยะเริ่มต้นเป็นระยะที่เนื้อเยื่อถูกนำจากสภาพแวดล้อมภายนอกมาเพาะเลี้ยงภายในขวดเพาะเลี้ยง เนื้อเยื่อจะต้องมีการปรับตัวให้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมทั้งธาตุอาหาร อากาศ อุณหภูมิ แสง หรือแม้แต่พื้นที่ในการเจริญเติบโตซึ่งมีขนาดแคบมากเมื่อเทียบกับสภาพภายนอกที่มีอยู่ตามธรรมชาติ การปรับตัวนี้จะต้องใช้เวลาและมีวิธีในการจัดการ เป้าหมายของการเพาะเลี้ยงในระยะเริ่มต้นนี้ก็เพื่อชักนำเนื้อเยื่อเข้าสู่ระยะขยายหรือเพิ่มจำนวนและให้มีชีวิตอยู่ได้ในสภาพของการเพาะเลี้ยง

3.3.2 การดำเนินการในระยะขยายหรือเพิ่มจำนวน ระยะขยายหรือเพิ่มจำนวนหมายถึง ระยะที่จะตัดแบ่งชิ้นส่วนแล้วนำไปเลี้ยงในอาหารต่าง ๆ ให้การเพิ่มจำนวนต้นมีปริมาณมากขึ้นเป็นทวีคูณ โดยทำให้ต้นพืชแตกหน่อหรือแตกตาเพิ่มมากขึ้นจากชิ้นส่วนเริ่มต้นที่อยู่ในขวดเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยการเปลี่ยนสูตรอาหารสำหรับการเพิ่มปริมาณต้น (ไม้บางชนิดใช้สูตรเดียวกันตลอดการเพาะเลี้ยง) เมื่อต้นที่ย้ายมาเพาะเลี้ยงแตกหน่อใหม่หรือมีจำนวนข้อมากขึ้นก็ทำการแบ่งหน่อหรือตัดข้อจากขวดเลี้ยงเนื้อเยื่อเดิมไปเลี้ยงเพิ่มจำนวนอีกในขวดใหม่ ทุกขั้นตอนของการเพิ่มจำนวนจะทำในสภาพปลอดเชื้อ ระยะขยายนี้เองที่ทำให้การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีข้อดีเหนือกว่าการขยายพันธุ์วิธีอื่น ๆ เพราะทำให้สามารถผลิตต้นที่ต้องการได้จำนวนมากในเวลาอันสั้น เมื่อได้จำนวนมากพอก็จะนำไปชักนำให้เกิดรากและย้ายออกปลูกในภายหลัง

3.3.3 การดำเนินการในระยะชักนำให้เกิดราก เมื่อทำการขยายเพิ่มจำนวนต้นได้มากเพียงพอแล้ว ขั้นตอนในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออีกขั้นตอนหนึ่งที่จะได้ต้นจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่สมบูรณ์ คือ การชักนำให้เกิดราก การชักนำให้เกิดรากในสภาพการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อก่อนการย้ายออกปลูกจะทำให้มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงกว่าการชักนำรากในเรือนเพาะชำเพราะต้นพืชมีอวัยวะครบถ้วนสมบูรณ์ การชักนำให้เกิดรากนอกขวด หรือในเรือนเพาะชำก็ทำได้เช่นเดียวกันแต่มีความเสี่ยงสูงกว่ามาก เพราะต้นมีความอ่อน บอบบาง หากมีความชื้นหรืออุณหภูมิไม่เหมาะสมเพียง

เล็กน้อยก็จะตายได้ง่าย แต่ถ้าทำได้จะลดขั้นตอนการทำงานและลดค่าใช้จ่ายลงได้มาก การทดลองทำควรเริ่มที่ฤดูฝนก่อนเพราะเป็นฤดูที่ความชื้นและอุณหภูมิเหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืชแม้จะมีเชื้อราบ้างการใช้ยาฆ่าเชื้อราจะช่วยได้ วัตถุประสงค์หลักของการชักนำให้เนื้อเยื่อออกรากก็คือ เตรียมความพร้อมของเนื้อเยื่อเพื่อนำออกปลูกในสภาพเรือนเพาะชำ ต้นที่จะนำออกสู่เรือนเพาะชำได้ดีควรมีลักษณะสมบูรณ์แข็งแรง การจะได้ต้นลักษณะดังกล่าวขึ้นอยู่กับลักษณะเนื้อเยื่อที่จะชักนำให้เกิดรากถึงแม้ว่าเนื้อเยื่อเกือบทุกรูปแบบจะชักนำให้ออกรากได้ด้วยอาหารที่มีฮอร์โมนเร่งราก แต่ต้นที่มีลักษณะอ่อนแอมักจะไม่รอดตายเมื่อนำออกปลูก เทคนิคการเลือกต้นที่มีลักษณะแข็งแรงเพื่อนำมาออกรากมีส่วนสำคัญและมีผลต่อการรอดตายเมื่อย้ายออก ต้นที่มีลักษณะสมบูรณ์ปกติและเป็นต้นเด่นภายในขวด ประมาณ 2 – 3 ต้น เท่านั้นที่จะเหมาะสมต่อการเกิดราก ต้นขนาดเล็กที่เหลือและส่วนโคนควรเลี้ยงต่อไปในอาหารขยายปกติ การตัดเนื้อเยื่อให้เกิดรากควรตัดยาวกว่าที่จะนำไปขยายคือตัดให้มีส่วนปลายยอดติดอยู่และมีข้อต่ำลงมาสัก 2 – 3 ข้อ (จำนรรจ์, 2550)

การปักชำ (Cutting)

การปักชำ คือการตัดกิ่ง ตัดรากหรือตัดใบมาจากต้นแม่แล้วชักนำให้เกิดรากและต้นโดยใช้สารเคมีและให้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมช่วยโดยต้นใหม่ที่ได้จะเป็นสายต้นที่มีลักษณะเหมือนต้นแม่ทุกประการ

ข้อดีของการปักชำ การปักชำมีข้อดีหลายประการคือสามารถขยายพันธุ์พืชได้จำนวนมากเริ่มต้นจากต้นแม่เพียงไม่กี่ต้นในพื้นที่จำกัด และทำได้เร็ว ง่าย ใช้ต้นทุนต่ำ ไม่ต้องการเทคนิคพิเศษเหมือนการตอนกิ่ง การติดตา หรือการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ไม่มีปัญหาเรื่องการเข้ากันไม่ได้ของกิ่งพันธุ์กับต้นตอหรือรอยต่อระหว่างกิ่งพันธุ์กับต้นตอไม่แข็งแรง ไม่มีปัญหาเรื่องการผิดพลาดระหว่างยอดที่เกิดจากต้นตอกับยอดจากกิ่งพันธุ์

การปักชำไม้สัก สำหรับการปักชำไม้สักนั้นสามารถทำได้ง่าย ทั้งการปักชำกิ่งที่มาจากต้นกล้าอ่อน และกิ่งที่มาจากแม่ไม้ การปักชำทั้งสองอย่างสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน การปักชำต้นอ่อนจะใช้ประโยชน์ในแง่ของการเพิ่มจำนวนกล้าจากจำนวนเมล็ดที่มีอยู่อย่างจำกัดให้ได้จำนวนกล้ามากขึ้นเป็นทวีคูณ ตัวอย่างเช่น กล้าจากเมล็ดพันธุ์ดีหายาก หรือกล้าของลูกผสมที่ต้องการเพิ่มจำนวน หรือในปีที่เมล็ดขาดแคลน การตัดปักชำกล้าจะช่วยเพิ่มจำนวนกล้าจากเมล็ดที่มีอยู่จำกัดได้ ส่วนการปักชำกิ่งแก่จะมีประโยชน์ในขั้นตอนของการปรับปรุงพันธุ์เพราะจะช่วยแก้ปัญหาอันเกิดจากการติดตาที่ใช้อยู่เดิม นอกจากนี้ในการปลูกสร้างสวนป่าเศรษฐกิจที่ต้องการให้ต้นไม้สักที่ได้มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนต้นแม่ทุกประการ ก็สามารถนำกิ่งจากต้นแม่มาปักชำแล้วนำไปปลูกสร้างสวนป่าได้โดยตรง

การปักชำต้นอ่อน กล้าไม้สักอายุ 1 - 2 ปี ปักชำได้ง่ายกว่ากิ่งแก่มาก เพราะเนื้อเยื่อที่ใช้ปักชำยังอ่อนอยู่สามารถถูกชักนำให้เกิดรากได้ง่ายโดยไม่ต้องทำให้เนื้อเยื่ออ่อนลงก่อน เพียงแต่อาศัยสิ่งแวดล้อมและฤดูกาลที่เหมาะสมเท่านั้น จากการศึกษาของประสิทธิ์ และจำนรรจ์ (2543) พบว่าช่วงฤดูที่เหมาะสมต่อการปักชำกล้าไม้สักคือตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนสิงหาคม โดยมีเปอร์เซ็นต์การแตกรากสูงมากระยะเวลาดังกล่าวตรงกับช่วงฤดูการเจริญเติบโตของไม้สักพอดี แต่จากการทดลองปักชำกล้าไม้สักที่มีอายุประมาณ 3 เดือน ที่สถานีบำรุงพันธุ์ไม้สัก อำเภองาว จังหวัดลำปาง ในเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2540 โดยใช้วัสดุเพาะชำกล้าไม้ทั่วไปคือดินผสมขี้เถ้าแกลบและปุ๋ยหมักอัตราส่วน 1 : 1 : 1 บรรจุในถุงขนาด 4 x 6 นิ้ว เรียงในถาด ถาดละ 10 ถุง จำนวน 4 ถาด จัดเรียงในกระโจมปักชำที่เตรียมไว้ (การเตรียมกระโจมจะกล่าวต่อไป) พบว่าเพียง 2 สัปดาห์หลังจากนั้นมีรากยาวออกมานอกถุง เมื่อตรวจสอบการแตกรากพบว่าอัตราการแตกรากสูงถึง 100% (ไพบูลย์, 2548) แสดงว่าการปักชำกิ่งอ่อนไม้สักสามารถปักชำในวัสดุเพาะได้โดยตรง ไม่ต้องเสียเวลาย้ายชำหลังการแตกราก

การดูแลหลังการปักชำ การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสมเป็นเรื่องที่สำคัญ แต่กิ่งอ่อนจะทนทานและเหี่ยวยากกว่ากิ่งแก่ ต้องการความพิถีพิถันน้อยกว่า ถ้าปักชำในช่วงฤดูกาลที่เหมาะสมดังกล่าวข้างต้นแล้ว เพียงแต่คอยตรวจสอบอุณหภูมิภายในกระโจมในช่วงบ่ายของวันที่อากาศร้อนจัดไม่ให้สูงเกินไปเท่านั้น ถ้าสูงเกินให้ลดอุณหภูมิลงโดยการเปิดพลาสติกทางด้านล่างขึ้นครึ่งหนึ่ง สักครึ่งชั่วโมงและต้องให้วัสดุปักชำชุ่มชื้นอยู่เสมอเพียง 10 วัน กิ่งปักชำก็ออกรากได้ หลังการเลี้ยงกล้าปักชำในแปลงเพาะระยะหนึ่งระบบรากของกล้าปักชำจะสร้างรากสะสมอาหารมีลักษณะคล้ายเหง้าเช่นเดียวกับกล้าไม้จากเมล็ดโดยทั่วไป ดังนั้นจึงไม่ต้องกังวลถึงระบบรากของกล้าปักชำ

การปักชำกิ่งแก่จากแม่ไม้ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันในขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ไม้สักนั้นหลังจากทำการคัดเลือกแม่ไม้แล้วจะต้องทำการเก็บกิ่งตาของต้นแม่ไม้มาทำการขยายพันธุ์โดยการติดตา แล้วจัดสร้างสวนรวมพันธุ์ หลังจากนั้นวิธีการติดตาก็ยังใช้สำหรับการสร้างสวนผลิตเมล็ดพันธุ์ แปลงทดสอบสายพันธุ์และสวนผสมพันธุ์อีกด้วย แต่ดังได้กล่าวแล้วข้างต้นถึงปัญหาของการติดตา ดังนั้นจึงต้องหาวิธีการขยายพันธุ์แบบอื่นเข้ามาแทนเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว วิธีการที่ง่ายและประหยัดก็คือการปักชำ อย่างไรก็ตามการปักชำกิ่งแก่ไม่สามารถทำได้ง่ายเหมือนกับกิ่งการปักชำกล้าอ่อน เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของอายุของกิ่ง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Nautiyal et al. (1992) ซึ่งพบว่าการปักชำไม้สักจากกิ่งแก่ให้เปอร์เซ็นต์การแตกรากต่ำ แต่ Padmanabha และ Padmanabha and Vijayalakshmi (1994) พบว่าถ้าทำให้ต้นไม้สักกลับเป็นหนุ่ม (rejuvenation) ด้วยการตัดต้นให้ถึงโคน ยอดที่แตกขึ้นใหม่จะให้เปอร์เซ็นต์การแตกรากสูงขึ้น อย่างไรก็ตามการการตัดต้นแม่ไม้ไม่ใช่เรื่องที่จะทำได้ง่าย นอกจากผิดกฎหมายแล้วการกลับเข้าไปเก็บหน่อหลังจากนั้นก็เป็นการเสียเวลาเนื่องจากแม่ไม้ส่วนใหญ่จะอยู่ห่างไกล และจำนวนหน่อที่แตกก็มีจำนวนจำกัดหรืออาจไม่แตกหน่อเลยก็ได้ (Pianhanuruk et al., 1996) ได้ศึกษาเบื้องต้นพบว่าถ้าลดอายุกิ่งของต้นแก่ลงโดยการติดตา

ก่อนแล้วนำกิ่งที่แตกใหม่มาทดลองปักชำปรากฏว่ามีเปอร์เซ็นต์การแตกรากถึง 52% (ประสิทธิ์ และจำนรรจ์, 2543) จึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงปัจจัยสำคัญบางประการและเทคนิคในการควบคุมสภาพแวดล้อมของแปลงปักชำเพื่อให้กิ่งแก่ที่ปักชำมีเปอร์เซ็นต์การแตกรากสูงขึ้น โดยไม่ต้องใช้แปลงระบบพ่นหมอกและจากผลการทดลองนับว่าประสบความสำเร็จอย่างสูง วิธีการที่ใช้ก็ง่ายสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้โดยทั่วไป จึงนำขั้นตอนและวิธีการต่าง ๆ มาสรุปไว้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปักชำกิ่งแก่ไม้สักให้ประสบผลสำเร็จต่อไปดังนี้

1. การดูแลกิ่งปักชำ

1.1 การดูแลวัสดุปักชำ พบว่าสาเหตุหลักที่วัสดุปักชำจะทำให้กิ่งปักชำเกิดอาการผิดปกติคือความชื้นในวัสดุปักชำซึ่งต้องไม่สูงเกินไปจนแฉะและไม่แห้งเกินไปที่สำคัญคือต้องโปร่งและระบายน้ำดี โดยปกติการใช้ทรายหยาบเป็นวัสดุปักชำจะทำให้การระบายน้ำดีอยู่แล้ว ความชื้นในวัสดุปักชำจึงขึ้นอยู่กับการรดน้ำเท่านั้น เมื่อสังเกตพบว่า กิ่งปักชำเหี่ยวเฉา หากตรวจสอบพบว่าเกิดจากวัสดุปักชำแห้งเกินไป ถ้าพบในช่วงวันแรกของการปักชำสาเหตุจะเกิดจากการรดน้ำลงวัสดุปักชำไม่ชุ่มถึงด้านล่างของถุงปักชำ วิธีการป้องกัน คือ ก่อนการปักชำจะต้องรดน้ำก่อนล่วงหน้า 1 วัน และรุ่งเช้ารดอีกหลาย ๆ รอบและตรวจสอบบางถุงเพื่อให้แน่ใจว่ารดน้ำเปียกทั่ววัสดุปักชำ การแก้ไขก็รดน้ำซ้ำโดยเร็วที่สุดและอีกสาเหตุหนึ่งก็คือ ใบที่เหลือไว้กว้างมากจนคลุมวัสดุปักชำหมด เวลารดน้ำจึงไม่เปียกถึงวัสดุปักชำ วิธีการป้องกันก็คือ ขณะปักชำให้สังเกตว่ามีช่องว่างระหว่างใบพอที่จะให้น้ำที่รดเปียกวัสดุปักชำได้หรือไม่ หากไม่ก็ทำการตัดแต่งใบออกอีก ส่วนการแก้ไขก็โดยการตัดแต่งใบของกิ่งที่เหลือใบออกแต่ถ้าตรวจสอบ พบว่าอาการเหี่ยวเฉาของกิ่งปักชำเกิดจากวัสดุปักชำที่เปียกเกินไป อาการที่พบร่วมกันคือโคนกิ่งเน่า สาเหตุเกิดจากการระบายน้ำของวัสดุปักชำไม่ดี รดน้ำมากเกินไปจะเกิดได้เมื่อในระบบพ่นหมอกหรือการเตรียมกระโจมไม่ได้ยกพื้นตะแกรงสูงจากพื้นทำให้ไม่มีที่ระบายน้ำออกจากวัสดุปักชำ การรดน้ำในวัสดุปักชำไม่จำเป็นต้องรดทุกวัน แต่การรดน้ำในกระโจมเพื่อเพิ่มความชื้นในอากาศต้องทำทุกวัน โดยฉีดใต้ตะแกรง หลีกเลี่ยงการฉีดลงวัสดุปักชำเพราะกิ่งปักชำที่ยังไม่มีรากต้องให้มีความชื้นในอากาศสูงมากตลอดเวลา แต่มันจะไม่ออกรากถ้าทำให้วัสดุปักชำเปียกเกินไป การตรวจสอบโดยทั่วไปถ้าไม่พบอาการผิดปกติของกิ่งปักชำก็คือตรวจดูให้วัสดุชื้นแต่อย่าให้แฉะ ถ้าแห้งไปก็ให้รดน้ำ ถ้าชื้นดีแล้วก็ไม่ต้องรด

1.2 การดูแลความชื้นของอากาศในกระโจม ความชื้นของอากาศในกระโจมหรือบรรยากาศในแปลงปักชำมีผลต่ออาการเหี่ยวเฉา เมื่อบรรยากาศแห้งเกินไป เนื่องจากแสงแดด ความร้อน ความแห้งแล้งในอากาศ ลมแรง เกิดจากเปิดกระโจมนานเกินไปหรือวัสดุพรางแสงไม่พอ กระโจมมีรอยรั่วทำให้เก็บความชื้นในอากาศไม่ได้ สาเหตุของความแห้งแล้งในอากาศอีกอย่างหนึ่งที่อาจคิดไม่ถึงก็คือ จำนวนกิ่งปักชำไม่สมดุลกับขนาดของกระโจม คือกระโจมขนาดใหญ่มาก แต่กิ่งปัก

ชำมีจำนวนน้อยหรือกระโจมแบบทำงานภายในได้ (Walk in) การรดน้ำเฉพาะบริเวณกิ่งปักชำจะทำให้ความชื้นแพร่กระจายไปยังที่ว่างเปล่าจะทำให้ความชื้นในอากาศรอบๆ กิ่งต่ำ กิ่งจะเหี่ยวได้ ถ้าหากจำเป็นจะต้องทำกระโจมใหญ่และจะปักชำกิ่งเพิ่มเรื่อย ๆ จนเต็มกระโจมจะต้องรดน้ำให้ชุ่มทั้งกระโจมจึงจะแก้ไขปัญหานี้ได้ ความชื้นในกระโจมเป็นสิ่งที่ต้องตรวจสอบวันละ 1 - 2 ครั้ง ในตอนเช้าตรู่และบ่ายแก่ ๆ โดยปกติความชื้นมากจะไม่มีปัญหาจะมีปัญหาเฉพาะความชื้นต่ำเกินไปนั้นทุก ๆ วันให้ฉีกน้ำด้านล่างกระโจมหรือรดวัสดุปักชำบ้างถ้าจำเป็นโดยเฉพาะในวันที่อากาศร้อนและแห้ง ยกเว้นว่าจะมีหยดน้ำเกาะบนใบแล้วในวันที่อากาศชื้นและเย็น และกระโจมปักชำปิดสนิทดี ให้พ่นฝอยเฉพาะเมื่อใบแสดงอาการเหี่ยว

1.3 การดูแลเกี่ยวกับอุณหภูมิ อุณหภูมิมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลงของกิ่งปักชำ โดยเฉพาะอุณหภูมิที่สูงเกินไปคือมากกว่า 30 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้กิ่งเหี่ยวเฉาและแห้งตาย เนื่องจากอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การดูแลในเรื่องอุณหภูมิจำเป็นต้องทำทุกวันในช่วงที่กิ่งปักชำยังไม่แตกราก ในฤดูกาลปักชำที่เป็นช่วงฤดูฝน อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปไม่เป็นสิ่งที่ต้องกังวลมากนักแต่อุณหภูมิที่สูงเกินเป็นเรื่องที่จะต้องให้ความสำคัญ ในแต่ละวันอุณหภูมิในอากาศจะเริ่มสูงมากเวลาประมาณตั้งแต่ 11 นาฬิกา ไปจนถึง 15 นาฬิกา โดยเฉพาะอุณหภูมิในกระโจมจะยิ่งสูงมากกว่าอุณหภูมิภายนอกเสียอีก เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่าปฏิกิริยาเรือนกระจก การลดอุณหภูมิลงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง หากพบว่ามีอาการร้อนจัดหรืออุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส ต้องทำการฉีดน้ำทั้งภายในและภายนอกกระโจมให้ทั่วทั้งโรงเรือนวันละ 2 ครั้ง จะทำให้อุณหภูมิลดลงและความชื้นในอากาศสูงขึ้น การเกิดกระจายเพื่อระบายความร้อนจะลดอุณหภูมิได้รวดเร็ว แต่ในขณะเดียวกันจะลดความชื้นในอากาศได้รวดเร็วเช่นเดียวกันซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเหี่ยวของกิ่งปักชำ การกระทำดังกล่าวต้องทำด้วยความระมัดระวังหากหลีกเลี่ยงได้ควรหลีกเลี่ยงอุณหภูมิต่ำเกินไป โดยปกติแล้วอากาศที่เย็นจนมีผลกระทบต่อกล้าปักชำจะเป็นช่วงฤดูหนาวซึ่งเป็นระยะที่กล้าไม้ส่วนใหญ่จะอยู่นอกแปลงปักชำและอยู่ระยะเลี้ยงดูให้เจริญเติบโต ผลกระทบของอากาศเย็นจัด คือจะทำให้ใบแห้งและร่วงหล่นแต่ต้นจะยังไม่ตาย เมื่ออากาศอบอุ่นขึ้นจะแตกยอดใหม่ได้ การป้องกันหากทราบล่วงหน้าว่าอากาศจะเย็นจัดควรทำกระโจมพลาสติกครอบกล้าไม้

1.4 การดูแลเกี่ยวกับแสงแดด ในช่วงเริ่มต้นของการปักชำหากได้ดำเนินการสร้างเรือนปักชำตามที่ได้บรรยายไว้ในบทที่เกี่ยวกับการสร้างโรงเรือนและแปลงปักชำจะไม่พบปัญหาที่เกี่ยวกับเรื่องแสงแดดแต่อย่างใด แสงแดดจะมีผลต่อกิ่งปักชำมากที่สุดในช่วงของการปรับสภาพกล้าปักชำสู่สภาพอากาศภายนอก การย้ายจากกระโจมสู่ที่มีแสงแดดทันทีทันใด ต้นกล้าปรับตัวไม่ทันจะแสดงอาการเหี่ยวได้ จำเป็นต้องค่อย ๆ ปรับแบบค่อยเป็นค่อยไป

1.5 การดูแลเรื่องโรคและแมลง การดูแลเรื่องโรคและแมลงเป็นสิ่งที่ไม่ต้องตรวจสอบทุกวัน เพียงดูว่ามีกิ่งปักชำเน่าหรือไม่หรือว่ามีใบร่วง มีร่องรอยการทำลายของแมลงหรือไม่ ถ้าพบกิ่งปัก

ชำเน่าก็ให้เก็บทิ้ง ถ้าพบกระจายเป็นวงกว้างอาจพิจารณาราดยาฆ่าเชื้อราซ้ำ สัตว์และแมลงที่พบจะเป็นหอยทากและหนอนผีเสื้อกินใบสัก แต่ถ้าปิดกระโจมแน่นหนาดีจะไม่ค่อยพบ ถ้าพบหอยทากอาจใช้เหยื่อล่อที่ผสมยาฆ่าหอยวางไว้รอบเรือนเพาะชำ (สถานีวนวัฒนวิจัยงาว, 2550)

การศึกษามวลชีวภาพ

การศึกษามวลชีวภาพในป่าธรรมชาติ การศึกษามวลชีวภาพของต้นไม้ในป่าธรรมชาติเพื่อการหาสมการแอลโลเมตริกที่เหมาะสมเพื่อใช้ประมาณผลผลิตของป่าแต่ละชนิดนับว่าเป็นงานที่ค่อนข้างหนัก มีความยุ่งยากและสลับซับซ้อน เพราะต้องใช้ทั้งเวลา กำลังคน อุปกรณ์และงบประมาณค่อนข้างสูง เนื่องจากในการคัดเลือกไม้ตัวอย่างจำเป็นต้องใช้ต้นไม้เป็นจำนวนมากเพื่อให้ครอบคลุมขนาดชั้นความโตและชนิดของต้นไม้ในป่าแต่ละชนิด ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าป่าไม้ของประเทศไทยมีหลายประเภท แต่ละประเภทมีสังคมพืชหลักแต่ละชนิดต่างกันและกลุ่มสังคมย่อยยังมีชนิดพันธุ์ไม้ที่แตกต่างกันออกไป การศึกษาด้านมวลชีวภาพในป่าธรรมชาติของไทยขาดความต่อเนื่อง ในปัจจุบันจึงเน้นหนักไปด้านการศึกษาความเจริญเติบโตของหมู่ไม้ เช่น ขนาดความโต ความสูง พื้นที่หน้าตัด (basal area) และการวางกระบะเพื่อเก็บรวบรวมซากพืช เพื่อคำนวณหาผลผลิตปฐมภูมิสุทธิ (net primary production, NPP) โดยที่นำเอาซากพืชที่เก็บได้ทั้งปีไปรวมกับมวลชีวภาพของต้นไม้ที่คำนวณจากสมการแอลโลเมตริกที่เคยศึกษามาก่อน โดยคัดเลือกสมการที่มีชนิดป่าที่ใกล้เคียงกันเป็นตัวคำนวณ ซึ่งความถูกต้องแม่นยำยังไม่เป็นที่ทราบแน่นอนว่ามีค่าคลาดเคลื่อนประมาณเท่าไหร่จากการศึกษาในครั้งนั้น ๆ เพราะตรวจวัดโดยตัดต้นไม้เปรียบเทียบไม่ได้

การศึกษามวลชีวภาพในป่าปลูก การศึกษามวลชีวภาพในป่าปลูกสามารถทำได้ง่ายกว่าในป่าธรรมชาติเพราะกฎระเบียบเอื้ออำนวยกว่าการศึกษาในป่าธรรมชาติ อีกทั้งขนาดและชนิดของต้นไม้ไม่หลากหลายเหมือนในป่าธรรมชาติจึงใช้ไม้ตัวอย่างจำนวนไม่มากจึงสามารถศึกษาสมการมวลชีวภาพของไม้แต่ละชนิดได้ โดยขั้นแรกจะดำเนินการกำหนดแปลงตัวอย่าง สำหรับใช้เป็นตัวแทนหมู่ไม้แล้วทำการรวบรวมข้อมูลทั่วไปของหมู่ไม้ จากนั้นทำการวัดความเจริญเติบโตของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างซึ่งในไม้โตช้า เช่น ไม้สัก ส่วนใหญ่จะปลูกในระยะ 4 x 4 เมตร ขนาดแปลงจึงนิยมวางแปลงขนาด 40 x 40 เมตร คือจำนวน 10 x 10 แถว เท่ากับ 100 ต้น ส่วนความสูงจะวัด 3 แถวกลาง คือ แถวที่ 4 5 และ 6 แปลงตัวอย่างที่วางจะอยู่ห่างจากขอบแปลงปลูกที่ลึกเข้าไปไม่น้อยกว่า 2 - 3 แถว เพื่อเป็นแนวกันชน (Buffer zone) และเนื่องจากต้นไม้ที่อยู่ริมขอบนอกสุดจะมีขนาดโตกว่าปกติเพราะได้รับปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมมากกว่าจึงไม่ควรนำมาเป็นค่าตัวแทนในการวัดการเจริญเติบโตของต้นไม้

ในกรณีของไม้โตเร็วส่วนมากมักนิยมปลูกในระยะปลูกที่แคบลง คือ 2 x 4 หรือ 2 x 3 เมตร เป็นต้น ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการเก็บข้อมูล ขนาดแปลงอาจจะเป็น 20 x 40 เมตร ก็ได้ โดยแปลงที่วางจะต้องให้ต้นไม้ภายในมีความสม่ำเสมอ หลีกเลี่ยงช่องว่างของเรือนยอดที่กว้างกว่าปกติซึ่งอาจแสดงว่าต้นไม้เพิ่งตายไปไม่นานและต้นไม้ด้านข้างเจริญเติบโตขึ้นทดแทนไม่ทัน และต้นไม้ที่ยืนต้นตายจ้องบันทึกแบกไว้อย่างชัดเจน เนื่องจากเป็นส่วนหนึ่งของการคำนวณธาตุคาร์บอนในป่าปลูก ส่วนไม้พื้นล่างมักมีไม่มากในแปลงปลูกป่าที่มีการจัดการที่ดีและถางวัชพืชอย่างสม่ำเสมอ หรือในพื้นที่ที่มีไฟไหม้ประจำ เช่น สวนป่าสัก เป็นต้น (ชิงชัย, 2546)

1. การประมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในสวนป่า

การปลูกสร้างสวนป่าเพื่อเศรษฐกิจเป็นการปลูกป่าเพื่อหวังผลตอบแทนจากการปลูกในลักษณะของการนำผลผลิตจากสวนป่าออกมาจำหน่ายเป็นรายได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ไม้ซุง ไม้แปรรูป เสาเข็มหรือการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อขายคาร์บอนเครดิต เป็นต้น การประเมินกำลังผลิตของสวนป่าจึงเป็นข้อมูลที่จะช่วยในการตัดสินใจลงทุนปลูกสร้างสวนป่า ผลผลิตของสวนป่าสามารถประเมินได้ 2 รูปแบบ ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ประโยชน์ หากต้องการนำไปใช้ในรูปไม้ซุงหรือไม้แปรรูปจะประมาณผลผลิตเป็นปริมาตรเนื้อไม้ ส่วนการประมาณผลผลิตส่วนป่าในรูปมวลชีวภาพหรือน้ำหนักแห้งจะใช้ในกรณีเป็นการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อขายคาร์บอนเครดิต ซึ่งเป็นโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด หรือ CDM (Clean Development Mechanism) นำมาใช้เป็นกลไกสำหรับประเทศที่พัฒนาแล้วและประสบปัญหาในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกสามารถซื้อโควตาคาร์บอนจากผู้ประกอบการในประเทศกำลังพัฒนาที่มีโครงการพัฒนาที่สะอาด

การประมาณปริมาตรลำต้นและมวลชีวภาพของสวนป่า ใช้วิธี Stratified clip technique (พงษ์ศักดิ์, 2538) ซึ่งดำเนินการโดยสุ่มตัดตัวแทนต้นไม้ที่มีขนาดต่าง ๆ กัน ทั้งขนาดเล็ก กลางและใหญ่ วัดมิติ (Dimension) ต่าง ๆ ของตัวแทนต้นไม้และทำการตัดทอนลำต้นออกเป็นท่อน ๆ ไปตลอดความยาวของลำต้น เพื่อนำไปศึกษาปริมาณการกระจายของมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่งและใบของต้นไม้ รวมทั้งการขุดรากเพื่อศึกษามวลชีวภาพของราก ข้อมูลตัวแทนต้นไม้ที่ได้สามารถนำไปจัดสร้างสมการปริมาตรลำต้นและมวลชีวภาพของต้นไม้โดยการประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์แบบ allometric equation ในรูปแบบของสมการยกกำลัง ซึ่งสมการที่ได้สามารถนำไปประเมินผลผลิตของสวนป่าและประมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของสวนป่า (อำไพ และคณะ, 2557)

2. การประมาณปริมาตรลำต้นและมวลชีวภาพในสวนป่า

การสร้างสมการปริมาตรลำต้นและมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ลำต้น กิ่ง และใบ สามารถดำเนินการตามวิธี Stratified clip technique ตาม (พงษ์ศักดิ์, 2538) โดยใช้ตัวแทนของ

ต้นไม้ในพื้นที่เพื่อไปจัดสร้างสมการปริมาตรลำต้นและมวลชีวภาพของต้นไม้ โดยการประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์แบบ allometric equation ในรูปของสมการยกกำลัง (power equation: $Y = aX^b$) การดำเนินการมีหลายขั้นตอน ดังนี้

2.1 เตรียมอุปกรณ์เก็บข้อมูลในสวนป่า

2.2 การเก็บข้อมูลเบื้องต้น

2.3 การบันทึกข้อมูล

2.4 การจัดชั้นความสูงและความโตของต้นไม้ในสวนป่า

2.5 การเก็บข้อมูลในสวนป่าโดยวิธี Stratified clip technique

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

2.7 การสร้างสมการปริมาตรลำต้นและมวลชีวภาพ

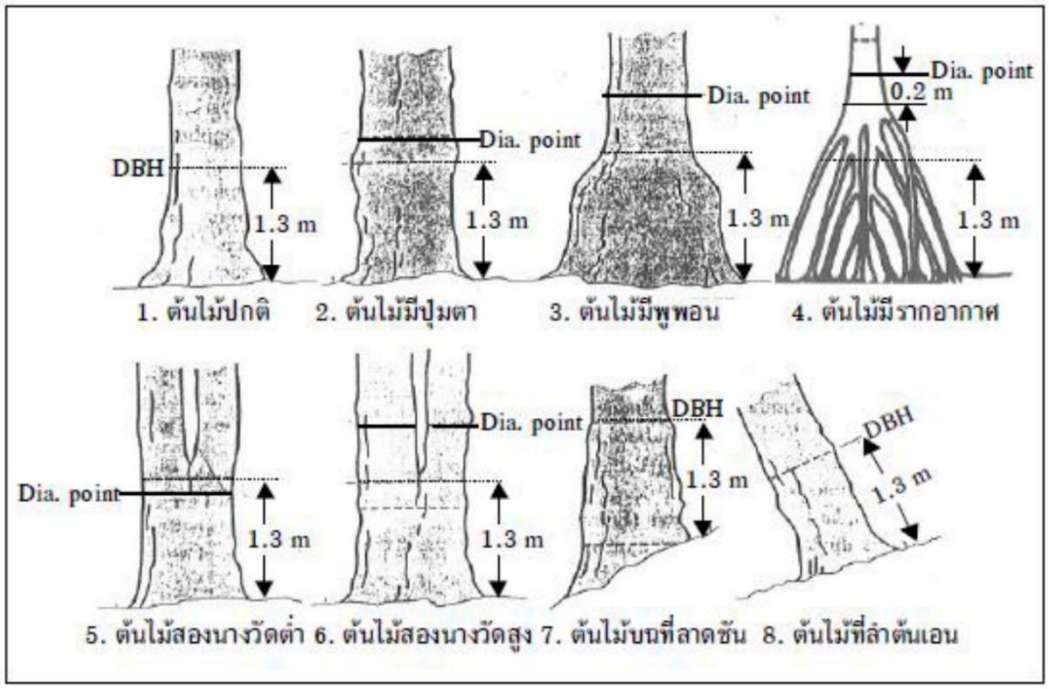
2.8 การปรับแก้สมการ

2.9 การประมาณปริมาตรลำต้นและมวลชีวภาพสวนป่า

2.10 การประมาณการกักเก็บคาร์บอนและธาตุอาหารในมวลชีวภาพ

3. การวัดเติบการโตของต้นไม้

การวัดการเติบโตของต้นไม้ มิติที่ใช้วัดส่วนใหญ่จะวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at breast height, DBH) และความสูงของต้นไม้ ซึ่งการวัดขนาด DBH ในป่าธรรมชาติถ้าเป็นพื้นที่ค่อนข้างเรียบหรือมีความลาดชันไม่มาก ต้นไม้มีลักษณะเป็นลำต้นเดี่ยว (Single stem) และไม่มีพูพอน ก็จะทำการวัด DBH ได้ง่าย แต่ในทางปฏิบัติไม่ได้เป็นเช่นนั้น เนื่องจากต้นไม้อาจมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างกันออกไปและลักษณะพื้นที่ก็มีความลาดชันเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการกำหนดการวัด DBH หรือที่ตำแหน่ง 1.30 เมตร จึงอาจมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้เหมาะสมและเป็นมาตรฐานเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงตำแหน่งวัดความโตที่ระดับต่าง ๆ ของต้นไม้ที่มีลักษณะพิเศษ และในพื้นที่ที่มีความลาดชัน

ที่มา: ดัดแปลงจาก Forest Measurement (Avery and Burkhart, 1994)

3.1 การวัดขนาด DBH ของต้นไม้ที่มีลักษณะพิเศษ สามารถจำแนกได้ 8 ชนิด คือ

3.1.1 ต้นไม้ที่มีลักษณะลำต้นปกติและขึ้นอยู่ในพื้นที่ราบ ตำแหน่งที่วัดจะตรงกับ 1.30 เมตร หรือ DBH

3.1.2 ต้นไม้ที่มีลักษณะลำต้นมีปุ่มตรงกับ 1.30 เมตร การวัดอาจจะเลื่อนขึ้นหรือลง เพื่อหลบปุ่มปมของต้นไม้ โดยให้ใกล้กับตำแหน่ง 1.30 เมตร มากที่สุด

3.1.3 ต้นไม้ที่มีพูพอนมาก จำเป็นต้องหลีกเลี่ยงตำแหน่งวัดสูงขึ้นเป็นพิเศษจะพบมาก ในป่าที่มีต้นไม้ขนาดใหญ่ บางกรณีอาจจะต้องวัดตรงตำแหน่งที่สูงกว่า 3.00 เมตร

3.1.4 ต้นไม้ที่มีรากอากาศ เช่น ไม้โกงกาง จะวัดเหนือคอราก 0.20 เมตร

3.1.5 ต้นไม้ที่แตกนางตรงตำแหน่ง 1.30 เมตร จะวัดต่ำลงมาที่ประมาณ 1.00 -1.20 เมตร เพื่อให้ได้ค่าลำต้นเพียงค่าเดียว

3.1.6 ต้นไม้ที่แตกนางตรงระดับต่ำ หรือแตกนางใกล้ 1.30 เมตร และไม่สามารถวัด ตรงตำแหน่งระดับต่ำได้ เนื่องจากมีการพอกของเนื้อไม้โตกว่าปกติ ก็จะวัดค่าเป็น 2 ลำต้นหรืออาจ

มากกว่า 2 ลำต้น ก็ได้ ถ้าต้นไม้มีการแตกนางเป็นพุ่มเหมือนต้นไม้ในป่าพรุที่มีลักษณะลำต้นเป็น 3 - 4 นางซึ่งเป็นการพัฒนาลำต้นเพื่อช่วยพยุงลำต้นไม่ให้ล้ม เป็นต้น

3.1.7 ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่บนที่ลาดชันสูง จะวัดตำแหน่ง 1.30 เมตร ด้านบนของความลาดชัน

3.1.8 ต้นไม้ที่มีลักษณะลำต้นที่เอน ให้วัดตำแหน่ง 1.30 เมตร ด้านเอนออกไป

การวัดขนาด DBH ปกติจะใช้เทปวัดที่ทำจากพลาสติกที่เรียกว่า Diameter tape ซึ่งค่าที่อ่านได้จะเป็นค่าเส้นผ่านศูนย์กลาง ถ้าต้นไม้มีขนาดเล็กก็จะใช้ Caliper ในการวัด แต่เนื่องจาก Diameter tape นี้ ไม่มีขายในเมืองไทยจึงอาจใช้สายวัดตัวของช่างตัดเสื้อก็ได้ แต่ค่าที่วัดนี้จะเป็นค่าขนาดของเส้นรอบวงที่ระดับอก (Girth at Breast Height, GBH) จึงจำเป็นต้องแปลงค่าเป็น DBH ก่อนที่จะนำไปคำนวณข้อมูลในด้านอื่น ๆ โดยนำ GBH ที่ได้มาหารด้วยค่า π หรือ 3.1416

ส่วนการวัดความสูงของต้นไม้มักจะทำได้ยากกว่าการวัด DBH เพราะต้องใช้เครื่องมือและอาศัยความชำนาญมากกว่าจึงจะได้ค่าที่มีความถูกต้อง เครื่องมือที่ใช้วัดความสูงของต้นไม้มักจะใช้ไม้วัดความสูง (Measuring Pole) ที่ทำจากพลาสติกหรืออลูมิเนียมสามารถชักขึ้นทีละท่อนต่อๆ กันไปวัดความสูงได้ไม่เกิน 15 เมตร ถ้าสูงมากกว่านี้จำเป็นต้องใช้ Haga hypsometer หรือ Suunto clinometer การวัดความสูงต้นไม้ในป่าธรรมชาติที่มีเรือนยอดซ้อนทับกันมักจะมีความแม่นยำน้อย เนื่องจากจะไม่เห็นยอดของต้นไม้ชัดเจนดังนั้นในการเก็บข้อมูลจากแปลงตัวอย่างเราจะสุ่มวัดความสูงประมาณ 25% จากจำนวนต้นไม้ที่มีอยู่โดยวัดให้ครอบคลุมทุกขนาดความสูง ในขณะที่ DBH วัด 100% จากคู่ข้อมูลความสูงกับ DBH ที่ได้จะนำมาหาความสัมพันธ์ในรูปสมการ D-H Relation เพื่อใช้คำนวณหาความสูงของต้นไม้ทุกต้นในแปลงต่อไป

3.2 แบบบันทึกข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์การเติบโต

การบันทึกข้อมูลในสนามควรเตรียมแบบฟอร์มที่จะใช้บันทึกให้พร้อม มีรายละเอียดครบถ้วน ได้แก่ สถานที่ ชนิดแปลง ชนิดไม้ วันเดือนปีที่ปลูก ระยะปลูก วันเดือนปีที่เก็บข้อมูล ผู้บันทึกข้อมูล ไว้ที่หัวกระดาษทุกครั้ง แบบฟอร์มการเก็บข้อมูลต้นไม้ในแปลงทดลองมีหลายประเภท ดังนี้

3.2.1 แบบฟอร์มการเติบโตของต้นไม้ รายละเอียดประกอบด้วย หมายเลขแปลง หมายเลขแม่ไม้ ความสูง (Height, H) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at breast height, DBH) หรือ ขนาดของเส้นรอบวงเพียงอก (Girth at Breast Height, GBH) ความกว้างเรือนยอด (Crown width, CW) เป็นต้น (แบบฟอร์มที่ 1)

3.2.2 แบบฟอร์มวัดมิติต่าง ๆ ของต้นไม้ เพื่อหาสมการปริมาตรลำต้นและมวลชีวภาพ รายละเอียดประกอบด้วย หมายเลขแปลง หมายเลขแม่ไม้ ความสูง (Height, H) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter, D) หรือ ขนาดของเส้นรอบวง (Girth, G) ที่ระดับต่าง ๆ ความหนาเปลือก

น้ำหนักสดของลำต้น กิ่ง และใบที่ระดับต่าง ๆ เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการเก็บข้อมูลในสนามจะใช้แบบฟอร์มที่ 2 และแบบฟอร์มที่ 3 ควบคู่กัน

การบันทึกข้อมูลในคอมพิวเตอร์ให้ใช้โปรแกรม Excel ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้คำนวณได้ง่าย การบันทึกข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ควรใช้แบบฟอร์มเดียวกับแบบฟอร์มเก็บข้อมูลในสนาม การกรอกข้อมูลเป็นตัวเลขจำนวนมาก ๆ ย่อมมีความผิดพลาด ดังนั้นการกรอกข้อมูลให้กรอก 2 ครั้ง หลังจากนั้นให้ตรวจสอบโดยนำข้อมูลทั้งสองครั้งลบกัน ถ้าข้อมูลช่องไหนไม่เป็น 0 แสดงว่ามีการกรอกข้อมูลผิดให้ตรวจสอบและแก้ไขให้ถูกต้อง การบันทึกข้อมูลลงคอมพิวเตอร์นี้มีความสำคัญมากเพราะหากนำเข้าข้อมูลผิด ผลวิเคราะห์ย่อมผิดพลาดทำให้ข้อมูลไม่น่าเชื่อถือ

3.3 การเก็บข้อมูลในสวนป่าโดยใช้วิธี Stratified clip technique

เมื่อเลือกตัวแทนต้นไม้และหมายตัวแทนต้นไม้ที่ต้องการตัดฟันในสวนป่าแล้ว ตัวแทนต้นไม้แต่ละต้นให้ดำเนินการดังนี้

3.3.1 วัดมิติต่าง ๆ ของต้นไม้ก่อนตัด ได้แก่

3.3.1.1 ความสูง (Height, H)

3.3.1.2 ความโตเป็นขนาดเส้นรอบวง (Girth, G) ที่ระดับต่าง ๆ คือ

- G_0 ขนาดเส้นรอบวงที่ระดับชิดดิน
- $G_{0.30}$ ขนาดเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 30 เซนติเมตรจากพื้นดิน
- $G_{1.30}$ ขนาดเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30 เมตร จากพื้นดิน

3.3.1.3 ความกว้างของเรือนยอด (Crown width, CW) วัดได้ 2 แบบ คือ

- วัดแนวเหนือ – ใต้ และ ตะวันออก – ตะวันตก
- วัดจากจุดศูนย์กลางลำต้นออกไป 4 ทิศ คือ เหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตก

3.3.2 ตัดต้นไม้ให้ชิดดิน

3.3.3 วัดมิติต่าง ๆ ของต้นไม้หลังตัด ดังนี้

3.3.3.1 ความสูงและขนาดเส้นรอบวงของต้นไม้

- ความสูงทั้งหมด (H) จากโคนถึงปลายยอด (ไม่ใช่ปลายกิ่งยอด)
- ความสูงถึงกิ่งสดกิ่งแรก (H_B)
- ขนาดเส้นรอบวงที่ระดับกิ่งสดกิ่งแรก (G_B)

3.3.3.2 หมายแนวความสูงของต้นไม้ที่ระดับต่าง ๆ ตั้งแต่ 0.30, 1.30, 2.30, 3.30, 4.30, ...n ตลอดความยาวของลำต้นถึงปลายยอด โดยให้เขียนหมายเลขท่อนกำกับทุกท่อน บริเวณกลางท่อน ตั้งแต่

- ท่อน 0 ความยาว 0 - 30 เซนติเมตร
- ท่อน 1 ความยาว 0.30 – 1.30 เมตร
- ท่อน 2 ความยาว 1.30 – 2.30 เมตร
- ท่อน 3 ความยาว 2.30 – 3.30 เมตร
- ท่อน 4 ความยาว 3.30 – 4.30 เมตร

.....

n (ท่อนปลายสุด)

3.3.3.3 วัดขนาดเส้นรอบวงของต้นไม้ทุกท่อน ตั้งแต่ 2.30, 3.30, 4.30, ...n ตลอดความยาวลำต้นจนถึงท่อนปลายสุด

3.3.3.4 เขียนหมายเลขท่อนที่โคนกิ่งทุกกิ่งในแต่ละท่อนให้ตรงกับหมายเลขท่อน

3.3.3.5 ตัดแยกกิ่งออกจากลำต้นในแต่ละท่อน เพื่อนำไปแยกชิ้นส่วนของกิ่งและใบออกจากกัน นำไปชั่งหาน้ำหนักสดของกิ่งและใบในแต่ละท่อน

3.3.3.6 ให้ตัดลำต้นท่อนปลายยอดออกก่อนแล้วนำมาคัดแยกกิ่งและใบออกจากกัน นำไปชั่งหาน้ำหนักสดของลำต้น กิ่งและใบ (ควรใช้ตาชั่งขนาด 500 กรัมหรือ 1 กิโลกรัม)

3.3.3.7 ตัดลำต้นออกเป็นท่อน ๆ ที่ระดับ 0.30, 1.30, 2.3, 3.30, 4.30, ...n จนถึงท่อนปลายสุด

3.3.3.8 ชั่งน้ำหนักสดของลำต้นแต่ละท่อนตั้งแต่ท่อนที่ 0, 1, 2, 3,...n จนถึงท่อนปลาย

3.3.3.9 วัดความหนาเปลือกของส่วนลำต้นแต่ละท่อน ตั้งแต่โคนถึงปลายยอด โดยวัด 4 จุด ในแนวตั้งฉากกัน

3.3.3.10 เก็บตัวอย่างลำต้น กิ่ง และใบ จากทุกท่อน ประมาณ 500 – 1,000 กรัมต่อตัวอย่าง ใส่ถุงพลาสติก เขียนหมายเลขต้นและชิ้นส่วนของต้น เช่น ลำต้น กิ่ง ใบ กำกับทุกครั้ง

3.3.3.11 เลือกตัวแทนต้นไม้ที่ตัดฟันแล้ว จำนวน 3 - 5 ต้น โดยเลือกต้นที่มีความโตเล็กสุด 1 ต้น ใหญ่สุด 1 ต้น และอยู่ระหว่างกลาง 1 - 3 ต้น ทำการขุดรากเพื่อศึกษาระบบรากและชั่งน้ำหนักสดของราก เก็บตัวอย่าง เพื่อนำไปอบหาน้ำหนักแห้งและคำนวณหามวลชีวภาพของราก

3.3.4 การเก็บตัวอย่างชิ้นส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ในห้องปฏิบัติการ

3.3.4.1 การเก็บตัวอย่างชิ้นส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้เพื่อหาน้ำหนักแห้ง (มวลชีวภาพ) ตัวอย่างที่เก็บจากแปลงในข้อ 3.10 และ 3.11 ของทุกวัน ให้สุ่มมาชั่งน้ำหนักสดอีกครั้ง ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 1 ตำแหน่ง น้ำหนักประมาณ 500 กรัมต่อตัวอย่าง ควรตัดทอนชิ้นส่วนของกิ่งหรือต้นให้มีขนาดเล็กก่อนนำไปชั่งจะทำให้อบแห้งได้เร็วขึ้น นำตัวอย่างใส่ถุงกระดาษ เขียนหมายเลขต้นและชิ้นส่วนของต้น เช่น ลำต้น กิ่ง ใบ กำกับทุกครั้ง (ควรเขียนให้ชัดเจน ระวังความชื้นจากตัวอย่างจะซึมออกมา ทำให้รายละเอียดที่เขียนไว้บนถุงเลือนไปหรือถุงขาด ให้ตรวจเช็คและเขียนรายละเอียดอย่างชัดเจน หรือเปลี่ยนถุงใหม่หากถุงเดิมขาด) นำไปผึ่งไว้ในที่โล่งเพื่อให้ตัวอย่างแห้งก่อนนำไปอบด้วยเตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 85 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักแห้ง

3.3.4.2 เก็บตัวอย่างชิ้นส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ทุกต้นรวมกัน โดยแยกชิ้นส่วนเป็นลำต้น กิ่ง ใบ และราก ตัวอย่างละประมาณ 200 กรัม บดหรือสับให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อส่งไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ หาความเข้มข้นของคาร์บอนและธาตุอาหารต่าง ๆ ที่สะสมในมวลชีวภาพ (อำไพ และคณะ, 2557)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรวิชช์ และกิตติ (2558) ได้ศึกษาเรื่องการประเมินค่าความเพิ่มพูนทางพันธุ์ (genetic gain) ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร เพื่อคัดเลือกสายต้นที่มีความเหมาะสมในแต่ละลักษณะพื้นที่ โดยใช้ปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ พบว่า สายต้นที่ดีที่สุด 10 อันดับแรกในพื้นที่อ.ทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ได้แก่หมายเลข 336, 335, 265, 324, 273, 160, 271, 267, 89 และ 333 ในจังหวัดกำแพงเพชร ได้แก่หมายเลข 120, 245, 282, 116, 327, 83, 129, 290, 146 และ 158 จากการประมวลผลข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถแบ่งพื้นที่ตามสมรรถนะที่ดินในการปลูกไม้สักได้เป็น 5 ระดับ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีพื้นที่ 89.66 ล้านไร่ และปานกลางพื้นที่ 25 ล้านไร่ รวมพื้นที่ที่สามารถปลูกสวนป่าไม้สักเพื่อเศรษฐกิจของประเทศไทยทั้งหมด 117.88 ล้านไร่ (พรเทพ และคณะ, 2560) โดยการปลูกสวนป่าไม้สักควรเลือกพื้นที่และสายต้นที่มีความเหมาะสมเท่านั้น เพื่อให้สวนป่ามีการเติบโตและผลผลิตสูงสุด

การเกิดเอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกายเป็นหนึ่งในจุดเปลี่ยนที่สำคัญในเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพราะปรากฏการณ์นี้จะให้เอ็มบริโอแบบไม่อาศัยเพศ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในรูปแบบต่าง ๆ ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการพัฒนาป่าไม้ ไม้ต้นหลายชนิดที่ได้จากการเพาะลี้ยงเนื้อเยื่อเกิดขึ้น โดยผ่ายวิถีการเกิดอวัยวะ อย่างไรก็ตาม ไม้ป่าที่ได้จากการเกิดอวัยวะหลังจาก

การย้ายออกปลูกแล้ว จะมีความอ่อนแอต่อภัยธรรมชาติ เนื่องจากไม่มีรากแก้ว ในแง่นี้เอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกายจึงเป็นทางเลือกหนึ่ง ซึ่งให้โอกาสที่ดีกว่าสำหรับการฟื้นฟูป่า ปัจจุบันไม้สักเป็นไม้ที่มีราคาสูงมากในประเทศไทย และที่ผ่านมาการผลิตกล้าไม้ของพืชชนิดนี้ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมักอาศัยการเกิดอวัยวะ ได้แก่ ชิ้นส่วนตายอด ตาข้าง ใบเลี้ยง แกนเอ็มบริโอ และใบอ่อน มีความต้องการภาวะที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยง เพื่อชักนำให้เกิดเอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกายไม่เหมือนกัน และทุกการทดลองจะเกิดเอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกายรูปหัวใจได้เท่านั้น ดังนั้น เพื่อช่วยให้เอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกายมีการเจริญต่อไปเป็นเอ็มบริโอรูปตอร์ปิโด และระยะมีใบเลี้ยงจึงควรใช้วิธีดังต่อไปนี้ 1) เลือกใช้ชิ้นส่วนพืชแบบอื่น ๆ ซึ่งอาจทำให้มีประสิทธิภาพในการเกิดเอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกายของสักได้ดีกว่านี้ 2) ปรับปรุงภาวะของการเพาะเลี้ยงให้เหมาะสมกว่าเดิม ไม่ว่าจะเป็นสูตรอาหารสำหรับการเจริญเต็มวัย (maturation medium) หรือภาวะทางกายภาพที่ช่วยส่งเสริมการเกิดเอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกาย 3) คัดเลือกจีโนไทป์เด่นมาศึกษาซึ่งเป็นการคัดเลือกแม่ไม้สัก (teak plus tree selection) เพื่อไว้ใช้ในการขยายพันธ์ที่ดีต่อไป การเกิดเอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกาย นอกจากจะช่วยให้การขยายพันธุ์สักเกิดขึ้นอย่างยั่งยืนแล้ว ยังเป็นการอนุรักษ์และฟื้นฟูสภาพป่าสัก ซึ่งมีคุณค่ายิ่งได้อีกด้วย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

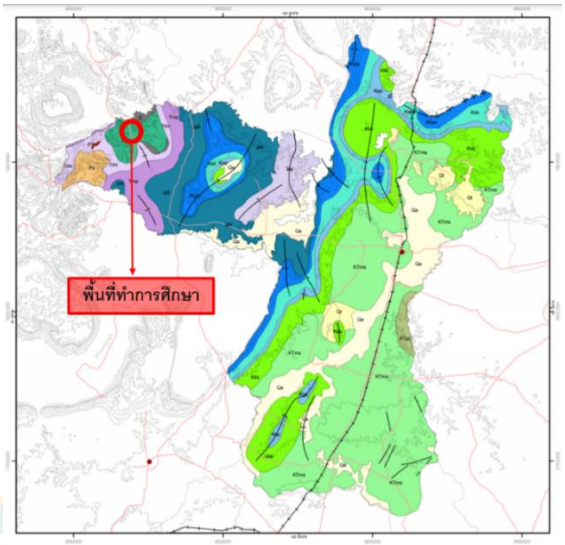
วัสดุและอุปกรณ์

1. แบบบันทึกข้อมูลภาคสนาม
2. สายวัดตัวหรือเทปวัดเส้นผ่าศูนย์กลาง (Diameter Tape)
3. ไม้วัดความสูง
4. แผนผังแปลงปลูก
5. เครื่องคอมพิวเตอร์
6. โปรแกรมประมวลผลทางด้านสถิติสำเร็จรูป
7. อุปกรณ์เครื่องเขียน
8. เครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System: GPS)

ขั้นตอนและวิธีการศึกษา

1. การเลือกพื้นที่ศึกษา

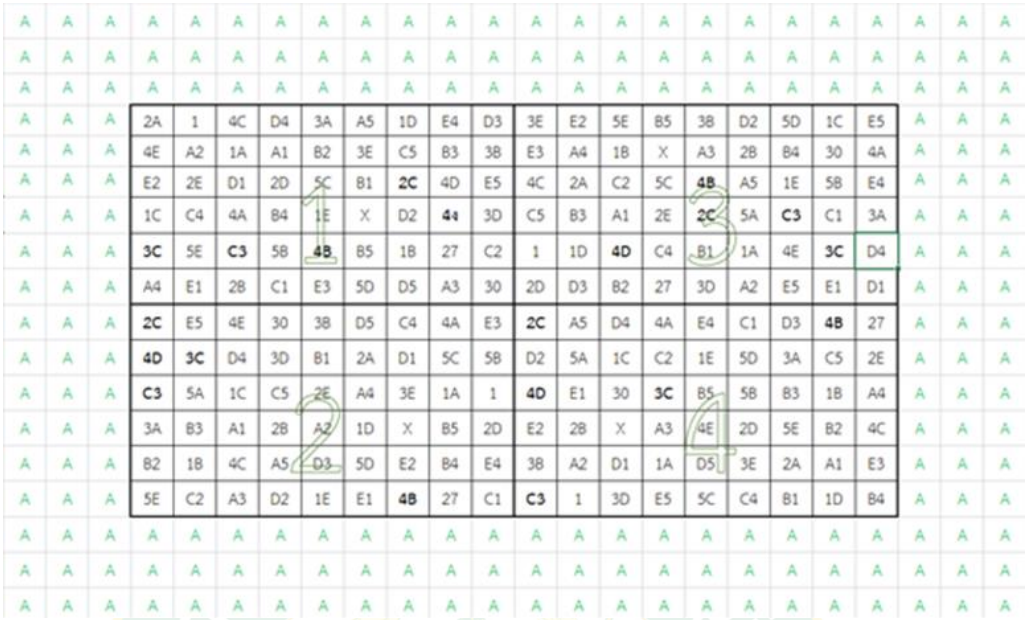
พื้นที่ศึกษาอำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น เป็นชนิด P1 หินปูนสีเทา แสดงชั้นมวลหนาหรือเป็นปื้นชั้นหนา หินเชิร์ตสีดำ เป็นก้อนหรือชั้นบาง แทรกสลับด้วยชั้นบาง ๆ ของหินดินดานสีเทาบ้าง (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดขอนแก่น

ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี (2552)

การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการในแปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก ปี พ.ศ. 2550 ที่สถานีวนวัฒนวิจัยดงลาน อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น อุณหภูมิเฉลี่ย 28.99 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.25% ปริมาณน้ำฝน 1,068.6 มิลลิเมตรต่อปี จำนวนวันฝนตก 96 วันต่อปี ลักษณะดินเป็นดินลึก ดินบนเป็นดินร่วนเหนียว ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวหรือดินเหนียว พื้นที่เป็นแอ่งและที่ลุ่มต่าง ๆ สภาพพื้นที่มีภูเขาและป่าไม้ (สำนักสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน, 2557) ชั้นความเหมาะสมของดินสำหรับปลูกสักเป็นพื้นที่มีความเหมาะสมดีถึงเหมาะสมมากที่สุดสลับกับพื้นที่ภูเขา (โครงการความร่วมมือการวิจัยระหว่างกรมป่าไม้และศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น (JIRCAS), 2558)



A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
A	A	A	2A	1	4C	D4	3A	A5	1D	E4	D3	3E	E2	5E	B5	3B	D2	5D	1C	E5	A	A	A
A	A	A	4E	A2	1A	A1	B2	3E	C5	B3	3B	E3	A4	1B	X	A3	2B	B4	30	4A	A	A	A
A	A	A	E2	2E	D1	2D	5C	B1	**2C**	4D	E5	4C	2A	C2	5C	**4B**	A5	1E	5B	E4	A	A	A
A	A	A	1C	C4	4A	B4	1E	X	D2	**4A**	3D	C5	B3	A1	2E	**2C**	5A	**C3**	C1	3A	A	A	A
A	A	A	**3C**	5E	**C3**	5B	**4B**	B5	1B	27	C2	1	1D	**4D**	C4	B1	1A	4E	**3C**	D4	A	A	A
A	A	A	A4	E1	2B	C1	E3	5D	D5	A3	30	2D	D3	B2	27	3D	A2	E5	E1	D1	A	A	A
A	A	A	**2C**	E5	4E	30	3B	D5	C4	4A	E3	**2C**	A5	D4	4A	E4	C1	D3	**4B**	27	A	A	A
A	A	A	**4D**	**3C**	D4	3D	B1	2A	D1	5C	5B	D2	5A	1C	C2	1E	5D	3A	C5	2E	A	A	A
A	A	A	**C3**	5A	1C	C5	2E	A4	3E	1A	1	**4D**	E1	30	**3C**	B5	5B	B3	1B	A4	A	A	A
A	A	A	3A	B3	A1	2B	A2	1D	X	B5	2D	E2	2B	X	A3	4E	2D	5E	B2	4C	A	A	A
A	A	A	B2	1B	4C	A5	D3	5D	E2	B4	E4	3B	A2	D1	1A	D5	3E	2A	A1	E3	A	A	A
A	A	A	5E	C2	A3	D2	1E	E1	**4B**	27	C1	**C3**	1	3D	E5	5C	C4	B1	1D	B4	A	A	A
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

ภาพที่ 4 ผังแปลงทดสอบลูกหลานไม้สักปี พ.ศ. 2550 สถานีวนวัฒนวิจัยดงลาน

แปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก ปี พ.ศ. 2550 มีเนื้อที่ประมาณ 20 ไร่ วางผังการทดลองแบบ Randomized complete block design จำนวน 4 ซ้ำ เบอร์ละ 9 ต้น ระยะปลูก 4 x 4 เมตร (ภาพที่ 3) โดยในแปลงทดสอบลูกหลานไม้สักมี 54 ปัจจัยการทดลอง (ตารางที่ 1) โดยแบ่งกล้าไม้ได้เป็น 3 กลุ่มคือ 1.1) กล้าไม้จากการควบคุมผสมเกสร 50 คู่ 1.2) กล้าไม้จากแม่ไม้ 3 แม่ไม้ คือ เบอร์ 01, 027 และ 030 และ 1.3) กล้าไม้จากต้นสักทั่วไป 1 ต้น คือ เบอร์ X

ตารางที่ 1 รายละเอียดคู่ผสมไม้สักในแปลงทดสอบลูกหลานไม้สักปี พ.ศ. 2550

Family No.	Dame	Sire	Family No.	Dame	Sire	Family No.	Dame	Sire
1A	V146	V211	4D	V263	V230	C2	V229	V130
1B	V146	V183	4E	V263	V194	C3	V229	V290
1C	V146	V229	5A	V137	V211	C4	V229	V263
1D	V146	V230	5B	V137	V183	C5	V229	V137
1E	V146	V194	5C	V137	V229	D1	V230	V146
2A	V130	V211	5D	V137	V230	D2	V230	V130
2B	V130	V183	5E	V137	V194	D3	V230	V290
2C	V130	V229	A1	V211	V146	D4	V230	V263
2D	V130	V230	A2	V211	V130	D5	V230	V137
2E	V130	V194	A3	V211	V290	E1	V194	V146
3A	V290	V211	A4	V211	V263	E2	V194	V130
3B	V290	V183	A5	V211	V137	E3	V194	V290
3C	V290	V229	B1	V183	V146	E4	V194	V263
3D	V290	V230	B2	V183	V130	E5	V194	V137
3E	V290	V194	B3	V183	V290	01	-	-
4A	V263	V211	B4	V183	V263	027	-	-
4B	V263	V183	B5	V183	V137	030	-	-
4C	V263	V229	C1	V229	V146	X	-	-

หมายเหตุ V183, V194, V211, V229 และ V230 เป็นแม่ไม้ในพื้นที่จังหวัดลำปาง
V130 เป็นแม่ไม้จากพื้นที่จังหวัดแพร่
V137 และ V146 เป็นแม่ไม้จากพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน
V263 และ V290 เป็นแม่ไม้จากพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่

2. การเก็บและรวบรวมข้อมูล

2.1 การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต

เก็บข้อมูลการเติบโตของต้นไม้ โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูง (H) ของต้นไม้ทุกต้น

2.2 เก็บข้อมูลรูปทรงลำต้น เป็นลักษณะทางคุณภาพโดยใช้ระบบการให้คะแนน (scoring system) ออกเป็นชั้นระดับ (classes) โดยลักษณะที่ดีที่สุดจะมีคะแนนสูงสุด (Pinyopusarerk and Keiding, 1981) ดังนี้

2.2.1 ความตรงของลำต้น (stem straightness) คะแนน 1 - 4

2.2.2 การแตกง่ามของลำต้น(axis persistence) คะแนน 1 - 6

2.2.3 ขนาดของกิ่ง (branch size) คะแนน 1 - 4

2.2.4 มุมของกิ่ง (branch angle) คะแนน 1 - 4

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การเติบโตและรูปทรงลำต้น

การเติบโตทางความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ความตรงของลำต้น การแตกง่ามของลำต้น ขนาดของกิ่ง และมุมของกิ่ง นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: SD) และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance: ANOVA) เพื่อหาความแตกต่าง และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.2 การประมาณปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอน และคาร์บอนไดออกไซด์

3.2.1 การประมาณปริมาตรไม้ ใช้สมการไม้สัก อายุ 10 ปี พื้นที่ผานกเค้า จังหวัดขอนแก่น ระยะปลูก 4 x 4 เมตร, สูง 14.91 ± 1.69 m, DBH 12.86 ± 2.94 cm จากสูตร (อำไพ และคณะ, 2562)

$V_{over\ bark}$ = $0.00009\ (D^2H)^{0.8925}$ $R^2 = 0.9845$ ค่าปรับแก้ 1.0246

$V_{over\ bark}$ = $0.0003\ (DBH)^{2.2223}$ $R^2 = 0.9879$ ค่าปรับแก้ 1.1269

เมื่อ $V_{over\ bark}$ = ปริมาตรลำตนเหนือเปลือก (ลูกบาศกเมตร)

H = ความสูงเฉลี่ย (เมตร)

D, DBH = ขนาดเสนผานศูนยกลางเพียงอก (เซนติเมตร)

3.2.2 คำนวณมวลชีวภาพ ใช้สมการไม้สัก อายุ 10 ปี พื้นที่ผานกเค้า จังหวัดขอนแก่น ระยะปลูก4 x 4 เมตร, สูง 14.91 ± 1.69 m, DBH 12.86 ± 2.94 cm จากสูตร (อำไพ และคณะ, 2562)

W_S = $0.0999\ (DBH)^{2.3923}$ $R^2 = 0.9856$ ค่าปรับแก้ 1.0025

เมื่อ W_S = มวลชีวภาพของลำตน (กิโลกรัม)

DBH = ขนาดเสนผานศูนยกลางเพียงอก (เซนติเมตร)

3.2.3 คำนวณการกักเก็บคาร์บอนในเนื้อเยื่อส่วนลำต้นของไม้สัก จากสูตร (อำไพ และคณะ, 2562)

การกักเก็บคาร์บอนในไม้สัก = มวลชีวภาพ x 48/100

3.3 การวิเคราะห์ต้นทุน (cost analysis)

ต้นทุนรวม (total cost: TC) เป็นต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการใช้ปัจจัยการผลิตชนิดต่าง ๆ ในการผลิตสินค้าและบริการจำนวนหนึ่ง ประกอบด้วยต้นทุนคงที่รวมและต้นทุนผันแปรรวม สามารถคำนวณได้จากสมการ

TC = TFC + TVC

โดยต้นทุนการผลิตกล้าไม้ประกอบด้วย

ต้นทุนผันแปร (Total Variable Cost: TVC) คือ ค่ากิ่งพันธุ์ ค่าเตรียมโรงเรือนพรางแสง ต้นทุนค่าจัดทำกระโจมควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ ต้นทุนค่าจัดทำกล้าไม้ ค่าบรรจุกล้าไม้ใส่ถุง ค่าดิน วัสดุปลูก ค่าแรงเปลี่ยนถุง ค่าถุงและปุ๋ยละลายช้า ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าจ้างดูแลแม่พันธุ์ และค่าอุปกรณ์อื่น ๆ

ต้นทุนคงที่ (Total Fixed Cost: TFC) คือ ค่าเช่าสถานที่

การวิเคราะห์การประเมินมูลค่าไม้

การคำนวณโดยใช้ราคาเฉลี่ยของไม้คูณด้วยปริมาตรไม้ จะได้มูลค่าเนื้อไม้ตามที่ตลาดต้องการ และคำนวณได้ดังสมการ

มูลค่าเนื้อไม้ (บาท/ลบ.ม.) = ราคาเฉลี่ย (บาท/ลบ.ม.) x ปริมาตรไม้ (ลบ.ม.)

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

การศึกษาเรื่องการประเมินผลการทดสอบลูกหลาน และการประมาณปริมาตรไม้ มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของไม้สักอายุ 12 ปี จังหวัดขอนแก่น จะนำเสนอผลการศึกษาโดยเรียงลำดับตามวัตถุประสงค์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ดังนี้

ส่วนที่ 1 เพื่อวิเคราะห์ ลูกหลานของไม้สัก ที่ได้จากการผสมเกสรที่รู้พ่อและแม่ (Full-SIP Control pollenation) และทำฐานประชากรในการปรับปรุงพันธุ์ของไม้สัก

ส่วนที่ 2 เพื่อคำนวณปริมาตรไม้ มวลชีวภาพและกักเก็บคาร์บอน ของสวนป่าสักอายุ 12 ปี

ส่วนที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนการผลิต และมูลค่าทางเศรษฐกิจของเนื้อไม้ระหว่างกล้าไม้สักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำคู่ผสมปิดกับกล้าไม้ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการปรับปรุงพันธุ์

ส่วนที่ 1 เพื่อวิเคราะห์ ลูกหลานของไม้สัก ที่ได้จากการผสมเกสรที่รู้พ่อและแม่ (Full-SIP Control pollenation) และทำฐานประชากร ในการปรับปรุงพันธุ์ของไม้สัก

1. การวิเคราะห์ดิน

ในพื้นที่แปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก พ.ศ. 2550 สถานีวนวัฒนวิจัยดงลาน อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น แบ่งพื้นที่การเก็บดินเป็น 4 บล็อก ผลวิเคราะห์ของดินพบว่าค่าอินทรียวัตถุ (OM) คารบอนอินทรีย (OC) และไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ของดินชั้นบนมีค่ามากกว่าดินชั้นล่างในทุกบล็อก โดยที่บล็อก 1 และบล็อก 2 และมีค่ามากกว่าบล็อก 3 และบล็อก 4 อาจเป็นผลเนื่องจากเป็นพื้นที่ลาดลุ่มลงมา ส่งผลให้เกิดสะสมของเศษซากพืชที่ร่วงหล่นและสลายตัวสะสมในชั้นดินบล็อก 1 และ บล็อก 2 ได้ ฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (Extr.P) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K) แมงกานีสที่สกัดได้ (Extr. Mn) และสังกะสีที่สกัดได้ (Extr. Zn) จากบล็อก 1 และบล็อก 2 มีค่ามากกว่าบล็อก 3 และบล็อก 4 ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.Ca, Exch.Mg) บล็อก 1 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือบล็อก 2 บล็อก 3 และบล็อก 4 ตามลำดับ

อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) บล็อก 2 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือบล็อก 3 บล็อก 2 และบล็อก 1 ตามลำดับ ปริมาณเหล็กและทองแดงที่สกัดได้ (Extr. Fe, Extr.Cu) ระหว่างดินชั้นบนและดินชั้นล่างไม่ต่างกันมากนัก โดยที่บล็อก 3 และบล็อก 4 และมีค่ามากกว่าบล็อก 1 และบล็อก 2 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ดินแปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก พ.ศ. 2550

สมบัติดิน	Block 1		Block 2		Block 3		Block4	
	ดินชั้นบน	ดินชั้นล่าง	ดินชั้นบน	ดินชั้นล่าง	ดินชั้นบน	ดินชั้นล่าง	ดินชั้นบน	ดินชั้นล่าง
OM (%)	3.28	1.74	2.85	1.32	1.97	1.08	1.39	1.00
OC (%)	1.90	1.01	1.65	0.77	1.14	0.63	0.80	0.58
Total N (%)	0.24	0.14	0.18	0.11	0.14	0.10	0.10	0.09
C:N	8.00	7.28	9.17	7.30	8.39	6.64	7.71	6.65
Extr.P (ppm)	10	4	7	3	6	6	6	3
Exch.K (ppm)	109	44	90	35	71	32	72	34
Exch.Ca (ppm)	1672	1361	1304	887	933	861	714	686
Exch.Mg (ppm)	148	138	126	97	121	93	88	89
Extr.Fe (ppm)	15	15	18	13	24	18	22	24
Extr.Mn (ppm)	90	67	82	57	65	58	48	76
Extr.Cu (ppm)	0.48	0.44	0.39	0.40	0.52	0.52	0.46	0.67
Extr.Zn (ppm)	3.12	1.61	2.65	1.09	2.08	0.89	1.48	0.85

หมายเหตุ วิเคราะห์ที่งานบริการทดสอบดิน สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และสิ่งแวดล้อม
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2. ข้อมูลลักษณะภูมิอากาศ

ภูมิอากาศจังหวัดขอนแก่น ในปีพ.ศ. 2562 พบว่าช่วงเดือนกันยายนมีฝนตกมากที่สุด มีปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 308.4 มิลลิเมตร และช่วงเดือนมกราคม ธันวาคมไม่มีฝนตก มีปริมาณน้ำฝนรวม 1,068.6 มิลลิเมตรต่อปี มีอุณหภูมิสูงสุด 38.7 องศาเซลเซียสในเดือนเมษายน และอุณหภูมิต่ำสุด 18.1 องศาเซลเซียสในเดือนธันวาคม และอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี 28.99 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มากที่สุดในช่วงเดือนกันยายน เท่ากับ 88 เปอร์เซ็นต์ โดยในเดือนกันยายนมีฝนตกปริมาณมาก ส่งผลให้อากาศมีความชื้นและส่งผลให้มีความชื้นสัมพัทธ์สูงตาม (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิ (°C)			ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	
มกราคม	-	31.5	19.7	25.6	62
กุมภาพันธ์	13.9	35.4	22.9	29.2	56
มีนาคม	44.9	36.5	24.8	30.7	53
เมษายน	57.6	38.7	26.8	32.8	60
พฤษภาคม	216.4	35.9	25.8	30.9	72
มิถุนายน	63.9	35.5	26.0	30.8	69
กรกฎาคม	110.5	34.3	25.3	29.8	71
สิงหาคม	212.4	33.2	25.1	29.1	78
กันยายน	308.4	32.6	24.3	28.5	80
ตุลาคม	22.8	34.2	23.8	29.0	72
พฤศจิกายน	17.8	32.5	21.4	26.9	68
ธันวาคม	-	31.1	18.1	24.6	64
รวม	1,068.60				
เฉลี่ย	106.86	34.28	23.67	28.99	67.08
สูงสุด	308.4	38.7	26.8	32.8	80
ต่ำสุด	-	31.1	18.1	24.6	53

ที่มา: ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

Kaosa-ard (no date) รายงานว่าไม้สักสามารถเติบโตได้ดีในดินตะกอนลุ่มน้ำจากที่ได้จากหินปูน หินเชิร์ต หินไนล์ หินดินดาน ที่ลึกแต่มีการระบายน้ำได้ดี แต่จะเติบโตได้ไม่ดีในดินทรายแห้ง ดินตื้น ดินเปรี้ยว (pH < 6.0) ซึ่งเป็นดินจากหินศิลาแลงหรือพรุ และดินอัดแน่น น้ำขัง

ดินที่เหมาะสำหรับไม้สักเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ มีแคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) ไนโตรเจน (N) และอินทรียวัตถุ (OM) ในปริมาณที่สูง มีงานวิจัยหลายชิ้นรายงานว่าไม้สักต้องการแคลเซียมในปริมาณค่อนข้างมากเพื่อใช้ในการเติบโตและพัฒนา โดยที่ปริมาณ

แคลเซียมในดินสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของไม้สักได้ กล่าวคือหากมีสัดส่วนไม้สักต่อไม้ชนิดอื่นในพื้นที่มาก ปริมาณแคลเซียมในดินบริเวณนั้นก็จะมากด้วย

3. การเติบโตและรูปทรงลำต้น

การเติบโตของสักในแปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก อายุ 12 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยดงลาน จังหวัดขอนแก่น มีอัตราการรอดตาย 58.13% ความหนาแน่นของต้นไม้เฉลี่ย 56 ต้น/ไร่ เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 19.81 ± 1.096 เซนติเมตร เบอร์ที่มีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกสูงสุดคือ C1 มีค่าเท่ากับ 22.89 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 15.28 ± 0.646 เมตร เบอร์ที่มีค่าความสูงสูงสุดคือ 030 มีค่าเท่ากับ 17.67 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูง (H) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 4)

การศึกษาในแปลงทดสอบไม้สักจากกล้าปักชำอายุ 12 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร พบว่ามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 16.78 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 12.01 เมตร (ประพาย และอโณทัย, 2557) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่าการเติบโตของสักในแปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก จังหวัดขอนแก่น มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย และความสูงเฉลี่ย มีค่าสูงกว่าสักในแปลงทดสอบไม้สักจากกล้าปักชำ จังหวัดกำแพงเพชร

คุณภาพรูปทรงของลำต้นโดยระบบ scoring system พบว่าคะแนนความตรงของลำต้นเฉลี่ย 1.26 ± 0.24 คะแนน การแตกง่ามของลำต้นเฉลี่ย 0.54 ± 0.18 คะแนน ขนาดของกิ่งเฉลี่ย 1.56 ± 0.21 คะแนน มุมของกิ่งเฉลี่ย 1.53 ± 0.22 คะแนน คะแนนความตรงของลำต้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนคะแนนการแตกง่ามของลำต้น ขนาดของกิ่ง มุมของกิ่ง แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4) เนื่องจากลักษณะเหล่านี้ผ่านการคัดเลือกจากการคัดเลือกแม่ไม้มาแล้วในระดับหนึ่ง ซึ่งต่างจากการศึกษาในแปลงทดสอบสายต้น/สายพันธุ์ของไม้สัก อายุ 10 ปี จังหวัดเชียงใหม่ คือลักษณะความตรงของลำต้น การแตกง่ามของลำต้น ขนาดของกิ่ง มุมของกิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (อำไพ และคณะ, 2562)

ลูกหลานไม้สักซึ่งมีคะแนนคุณสมบัติแม่ไม้ใน 10 อันดับแรกคือ A1, E3, E1, B3, C2, 3C, 027, E2, E5 และ A2 มีคะแนนคุณสมบัติแม่ไม้ (Sum Index) คือ 5.58, 5.52, 5.51, 5.50, 5.39, 5.36, 5.35, 5.35, 5.32 และ 5.29 ตามลำดับ โดย 4 family คือ E3, E1, E2 และ E5 เป็นลูกหลานจากแม่ไม้เบอร์ V194 และ 2 family คือ A1 และ A2 เป็นลูกหลานจากแม่ไม้เบอร์ V211 ซึ่งทั้ง 2 เบอร์ ซึ่งเป็นแหล่งแม่ไม้ที่ได้จากจังหวัดลำปาง และ 3 family คือ C2, E2 และ A2 เป็นลูกหลานจากพ่อไม้เบอร์ V130 ซึ่งเป็นแหล่งแม่ไม้ที่ได้จากจังหวัดแพร่ รองลงมาคือ 2 family คือ E3 และ B3 เป็นลูกหลานจากพ่อไม้เบอร์ V290 ซึ่งเป็นแหล่งแม่ไม้ที่ได้จากจังหวัดเชียงใหม่ และ 2 family คือ A1 และ E1 เป็นลูกหลานจากพ่อไม้เบอร์ V146 ซึ่งเป็นแหล่งแม่ไม้ที่ได้จากจังหวัดแม่ฮ่องสอน ทั้งนี้พบว่า

เบอร์ลูกหลานคู่ผสมแบบปิดที่เป็นได้ทั้งพ่อและแม่มีจำนวน 1 เบอร์ คือ เบอร์ V290 จำนวน 3 family คือ E3, B3 และ 3C ซึ่งเป็นแหล่งแม่ไม้ที่ได้จากจังหวัดเชียงใหม่ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยการเติบโตและคะแนนรูปทรงลำต้นของไม้สักในแปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก

Family No.	DBH (cm)	H (m)	Stem Straightness	Axis persistence	Branch size	Branch angle	Sum Index	Family Rank
A1	20.24	16.01	1.57	0.73	1.57	1.57	5.58	1
E3	18.12	15.06	1.57	0.87	1.57	1.47	5.52	2
E1	20.54	16.37	1.42	0.72	1.57	1.57	5.51	3
B3	20.88	14.74	1.18	0.94	1.57	1.57	5.50	4
C2	19.56	14.68	1.57	0.66	1.57	1.57	5.39	5
3C	19.99	16.24	1.30	0.68	1.57	1.57	5.36	6
027	17.73	14.81	1.42	0.77	1.57	1.57	5.35	7
E2	18.16	15.28	1.31	0.79	1.57	1.57	5.35	8
E5	17.62	14.81	1.35	0.85	1.57	1.47	5.32	9
A2	19.90	15.36	1.37	0.63	1.57	1.57	5.29	10
2E	19.56	15.35	1.36	0.51	1.47	1.57	5.28	11
3A	19.53	15.50	1.25	0.70	1.57	1.57	5.28	12
5C	19.84	14.91	1.27	0.68	1.57	1.57	5.25	13
1C	19.69	14.96	1.40	0.63	1.57	1.47	5.21	14
C5	19.36	15.19	1.15	0.85	1.45	1.45	5.21	15
B2	19.58	15.17	1.18	0.68	1.57	1.57	5.20	16
D2	20.20	15.55	1.57	0.37	1.57	1.57	5.17	17
C1	22.89	16.36	1.35	0.35	1.57	1.57	5.16	18
1D	18.92	15.71	1.13	0.65	1.57	1.57	5.14	19
D4	19.50	15.08	1.31	0.55	1.57	1.57	5.13	20
D1	21.72	15.61	1.27	0.51	1.47	1.57	5.12	21
C3	20.40	15.86	1.35	0.41	1.57	1.57	5.10	22
1B	19.45	15.25	1.35	0.47	1.57	1.57	5.09	23

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Family No.	DBH (cm)	H (m)	Stem Straightness	Axis persistence	Branch size	Branch angle	Sum Index	Family Rank
A3	20.09	15.87	1.36	0.39	1.57	1.57	5.07	24
4B	20.40	15.14	1.16	0.54	1.57	1.57	5.07	25
5B	19.18	14.57	1.45	0.56	1.47	1.47	5.06	26
4D	18.97	15.39	1.40	0.43	1.57	1.57	5.06	27
D3	20.26	14.75	1.35	0.44	1.57	1.57	5.06	28
A4	20.60	15.03	1.26	0.52	1.57	1.47	5.05	29
3B	20.26	14.87	1.26	0.63	1.47	1.42	5.05	30
5E	19.05	15.74	1.19	0.51	1.57	1.57	5.04	31
B4	21.54	15.49	1.04	0.52	1.57	1.57	5.04	32
3D	20.55	15.13	1.06	0.56	1.57	1.57	5.04	33
2C	20.76	15.08	1.57	0.35	1.57	1.37	5.02	34
D5	19.05	14.63	1.27	0.50	1.57	1.57	5.01	35
C4	18.37	14.12	1.25	0.56	1.57	1.57	5.00	36
4A	19.84	14.04	1.47	0.37	1.57	1.57	5.00	37
5D	19.73	15.31	1.27	0.41	1.57	1.57	4.99	38
E4	20.26	15.51	1.02	0.59	1.57	1.47	4.99	39
1A	21.93	15.49	1.36	0.26	1.57	1.57	4.98	40
B1	20.95	15.83	1.09	0.41	1.57	1.57	4.95	41
2B	20.28	15.78	1.07	0.44	1.57	1.57	4.94	42
B5	18.33	14.32	1.18	0.60	1.57	1.45	4.94	43
X	22.01	15.59	1.12	0.34	1.57	1.57	4.93	44
5A	19.61	15.35	1.26	0.41	1.57	1.45	4.90	45
1E	19.26	15.85	1.14	0.37	1.57	1.57	4.87	46
3E	19.02	14.28	1.02	0.49	1.57	1.57	4.82	47
4E	19.97	15.49	1.19	0.38	1.57	1.42	4.82	48
2A	17.95	13.95	1.42	0.39	1.57	1.35	4.76	49

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Family No.	DBH (cm)	H (m)	Stem Straightness	Axis persistence	Branch size	Branch angle	Sum Index	Family Rank
2D	19.86	15.04	1.06	0.32	1.57	1.57	4.74	50
030	19.53	14.06	1.08	0.42	1.57	1.45	4.71	51
01	19.08	15.76	1.06	0.51	1.37	1.31	4.67	52
4C	21.00	15.15	0.71	0.41	1.57	1.57	4.67	53
A5	18.41	14.75	1.00	0.31	1.45	1.57	4.54	54
Average	**19.81***	**15.28***	**1.26***	**0.54^{NS}**	**1.56 ^{NS}**	**1.53 ^{NS}**		
SD	**1.096**	**0.646**	**0.24**	**0.18**	**0.21**	**0.22**		

หมายเหตุ Family No. คือ รายละเอียดของคู่ผสมพ่อ - แม่ไม้สักหมายเลขต่าง ๆ

Sum Index คือ ผลรวมของคะแนนคุณสมบัติค่าเชิงปริมาณ (DBH, H) และคุณภาพ (Stem straightness, Axis persistence, Branch size, Branch angle)

Family rank คือ การจัดลำดับตามผลรวมของคะแนนคุณสมบัติ

* คือ แตกต่างอย่างทางสถิติ

^{NS} คือ ไม่แตกต่างทางสถิติ

ส่วนที่ 2 เพื่อคำนวณปริมาตรไม้ มวลชีวภาพและกักเก็บคาร์บอน ของสวนป่าสักอายุ 12 ปี

1. การประมาณปริมาตรไม้

จากการวิเคราะห์ลูกหลานคู่ผสมแบบปิด (Full Sib Control Pollination) เพื่อประมาณปริมาตรไม้โดยใช้ข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับอก (DBH) ความสูง (H) มาคำนวณปริมาตรไม้ตามสมการ พบว่ามีปริมาตรไม้เหนือเปลือกเฉลี่ย 14.616 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ เบอร์ที่มีค่าปริมาตรไม้เหนือเปลือกสูงสุดคือ C1 มีค่าเท่ากับ 0.366 ลูกบาศก์เมตรต่อต่อไร่ ซึ่งปริมาตรไม้สักระหว่างลูกหลานไม้สัก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ซึ่งใน 5 ลำดับแรกที่มีปริมาตรสูงสุด เป็นเบอร์คู่ผสม 4 เบอร์ และเป็นกล้าจากสักทั่วไป 1 เบอร์ คือ C1, 1A, X, B4 และ D1 มีค่าการประมาณปริมาตรไม้เหนือเปลือกคือ 0.366, 0.328, 0.326, 0.317 และ 0.317 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ตามลำดับ และ 5 ลำดับสุดท้ายที่มีปริมาตรไม้ต่ำสุดเป็นเบอร์คู่ผสม 4 เบอร์ และเป็นกล้าจากแม่ไม้ 1 เบอร์ คือ E3, E2, 2A, 027 และ E5 มีค่าการประมาณปริมาตรไม้เหนือเปลือกคือ 0.215, 0.215, 0.210, 0.203 และ 0.199 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ตามลำดับ และเบอร์ C1 ซึ่งมีการประมาณปริมาตรไม้สูงสุดคิดเป็น 1.8 เท่าของเบอร์ E5 ซึ่งมีการประมาณปริมาตรไม้ต่ำสุด (ตารางที่ 5)

เบอร์ X คือกล้าไม้จากต้นสักทั่วไปในพื้นที่ มีค่าการประมาณปริมาตรไม้สูงเป็นลำดับที่ 3 อาจเป็นลูกไม้ที่มีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในพื้นที่ได้ดีแล้ว จึงมีผลให้มีการเติบโตในพื้นที่ได้ดี

การศึกษาในแปลงทดสอบไม้สักจากกล้าปักชำอายุ 12 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร พบว่ามีปริมาตรไม้เหนือเปลือกเท่ากับ 13.73 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และปริมาตรไม้ใต้เปลือกเท่ากับ 10.84 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ (ประพาย และอโณทัย, 2557) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่าปริมาตรไม้เฉลี่ยต่อต้นในแปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก จังหวัดขอนแก่น มีค่าสูงกว่าสักในแปลงทดสอบไม้สักจากกล้าปักชำ จังหวัดกำแพงเพชร

2. มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน และคาร์บอนไดออกไซด์

จากการศึกษาเพื่อประมาณมวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน และคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่ามีมวลชีวภาพ 7,198.744 กิโลกรัมต่อไร่ การกักเก็บคาร์บอน 3,455.368 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ และคาร์บอนไดออกไซด์ 12,669.766 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ เบอร์ C1 คือเบอร์ที่มีค่ามวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน และคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด ซึ่งมวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน และคาร์บอนไดออกไซด์ของลูกหลานไม้สัก แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5)

การประมาณมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของสักในแปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก อายุ 12 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร พบว่ามีมวลชีวภาพลำต้น 6,879 กิโลกรัมต่อไร่ และการกักเก็บคาร์บอน 4,834 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ (ประพาย และอโณทัย, 2557) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่าการประมาณมวลชีวภาพในแปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก จังหวัดขอนแก่น มีค่าสูงกว่าสักในแปลงทดสอบไม้สักจากกล้าปักชำ จังหวัดกำแพงเพชร แต่การกักเก็บคาร์บอน และคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าต่ำกว่า อาจเป็นผลจากความหนาแน่นต้นสักเฉลี่ยของแปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก จังหวัดขอนแก่น มีค่าน้อยกว่าสักในแปลงทดสอบไม้สักจากกล้าปักชำ จังหวัดกำแพงเพชร

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน และคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้สัก

No.	Family No.	DBH (cm.)	H (m)	Volume / Biomass/ Carbon Storage/ CO_2 per tree			
				Volume (m^3)	Biomass (Kg)	Carbon Storage (KgC)	CO_2 ($KgCO_2$)
1	C1	22.89^{a}	16.36^{ab}	0.366^{a}	179.15	85.99	315.30
2	1A	21.93^{ab}	15.49^{bcdef}	0.328ab	164.52	78.97	289.55
3	X	22.01^{ab}	15.59^{bcdef}	0.326^{abc}	163.38	78.42	287.55
4	B4	21.54^{abc}	15.49^{bcdef}	0.317^{abc}	159.24	76.44	280.26
5	D1	21.72^{ab}	15.61^{bcdef}	0.317^{abc}	158.65	76.15	279.22
6	B3	20.88^{abcde}	14.74^{bcdef}	0.296^{abcd}	147.72	70.91	259.99
7	4C	21.00^{abcd}	15.15^{bcdef}	0.294^{abcd}	146.35	70.25	257.58
8	B1	20.95^{abcde}	15.83^{bcde}	0.294^{abcd}	146.38	70.26	257.63
9	2C	20.76^{abcdef}	15.44^{bcdef}	0.29^{abcd}	144.09	69.16	253.60
10	A4	20.60^{abcdef}	15.03^{bcdef}	0.284^{abcd}	140.83	67.60	247.86
11	3D	20.55^{abcdef}	15.13^{bcdef}	0.28^{abcd}	138.72	66.58	244.14
12	C3	20.40^{abcdef}	15.86^{bcde}	0.279^{abcd}	138.75	66.60	244.20
13	E1	20.54^{abcdef}	16.37^{ab}	0.279^{abcd}	138.39	66.43	243.57
14	E4	20.26^{abcdef}	15.51^{bcdef}	0.277^{abcd}	137.49	65.99	241.97
15	2B	20.28^{abcdef}	15.78^{bcdef}	0.276^{abcd}	136.75	65.64	240.67
16	4B	20.40^{abcdef}	15.14^{bcdef}	0.275^{abcd}	136.31	65.43	239.90
17	D2	20.20^{abcdef}	15.55^{bcdef}	0.274^{abcd}	135.99	65.27	239.34
18	3B	20.26^{abcdef}	14.87^{bcdef}	0.273^{abcd}	135.09	64.84	237.76
19	A1	20.24^{abcdef}	16.01^{bc}	0.272^{abcd}	134.57	64.59	236.84
20	D3	20.26^{abcdef}	14.75^{bcdef}	0.272^{abcd}	134.39	64.51	236.53

ตารางที่ 5 (ต่อ)

No.	Family No.	DBH (cm.)	H (m)	Volume / Biomass/ Carbon Storage/ CO_2 per tree			
				Volume (m^3)	Biomass (Kg)	Carbon Storage (KgC)	CO_2 ($KgCO_2$)
21	A3	20.09^{abcdef}	15.87^{bcd}	0.267^{bcd}	131.92	63.32	232.18
22	3C	19.99^{abcdef}	16.24^{ab}	0.266^{bcd}	131.34	63.05	231.17
23	4A	19.84^{abcdef}	14.04^{ef}	0.264^{bcd}	130.55	62.66	229.76
24	4E	19.97^{abcdef}	15.49^{bcdef}	0.263^{bcd}	129.54	62.18	228.00
25	A2	19.90^{abcdef}	15.36^{bcdef}	0.262^{bcd}	129.45	62.14	227.83
26	5C	19.84^{abcdef}	14.91^{bcdef}	0.260^{bcd}	128.43	61.64	226.03
27	2D	19.86^{abcdef}	15.04^{bcdef}	0.260^{bcd}	128.01	61.44	225.29
28	5D	19.73^{abcdef}	15.31^{bcdef}	0.256^{bcd}	125.87	60.42	221.54
29	1C	19.69^{bcdef}	14.96^{bcdef}	0.255^{bcd}	125.37	60.18	220.65
30	030	19.53^{bcdef}	17.67^{a}	0.254^{bcd}	125.25	60.12	220.44
31	5A	19.61^{bcdef}	15.35^{bcdef}	0.253^{bcd}	124.45	59.74	219.03
32	C2	19.56^{bcdef}	14.68^{bcdef}	0.252^{bcd}	123.92	59.48	218.09
33	B2	19.58^{bcdef}	15.17^{bcdef}	0.251^{bcd}	123.29	59.18	216.98
34	2E	19.56^{bcdef}	15.35^{bcdef}	0.251^{bcd}	123.06	59.07	216.59
35	3A	19.53^{bcdef}	15.50^{bcdef}	0.250^{bcd}	122.64	58.87	215.85
36	D4	19.50^{bcdef}	15.08^{bcdef}	0.250^{bcd}	122.70	58.90	215.95
37	1B	$19.45b^{bcdef}$	15.25^{bcdef}	0.248^{bcd}	121.51	58.32	213.86
38	C5	19.36^{bcdef}	15.19^{bcdef}	0.246^{bcd}	120.45	57.81	211.98
39	1E	19.26^{bcdef}	15.85^{bcde}	0.243^{bcd}	119.13	57.18	209.67
40	5B	19.18^{bcdef}	14.57^{bcdef}	0.242^{bcd}	118.99	57.12	209.42
41	01	19.08^{bcdef}	15.76^{bcdef}	0.238^{bcd}	116.56	55.95	205.14
42	5E	19.05^{bcdef}	15.74^{bcdef}	0.237^{bcd}	116.14	55.75	204.41
43	D5	19.05^{bcdef}	14.63^{bcdef}	0.237^{bcd}	116.09	55.72	204.32
44	4D	18.97^{bcdef}	15.39^{bcdef}	0.237^{bcd}	115.83	55.60	203.86
45	3E	19.02^{bcdef}	14.28^{cdef}	0.236^{bcd}	115.65	55.51	203.55
46	1D	18.92^{bcdef}	15.71^{bcdef}	0.234^{bdc}	114.24	54.83	201.06
47	A5	18.41^{cdef}	14.75^{bcdef}	0.221^{dc}	107.43	51.57	189.07
48	C4	18.37^{cdef}	14.12^{def}	0.219^{dc}	106.28	51.01	187.04
49	B5	18.33^{cdef}	14.32^{cdef}	0.217^{d}	105.53	50.65	185.73
50	E3	18.12^{def}	15.06^{bcdef}	0.215^{d}	104.69	50.25	184.25

ตารางที่ 5 (ต่อ)

No.	Family No.	DBH (cm.)	H (m)	Volume / Biomass/ Carbon Storage/ CO_2 per tree			
				Volume (m^3)	Biomass (Kg)	Carbon Storage (KgC)	CO_2 ($KgCO_2$)
51	E2	18.16^{def}	15.28^{bcdef}	0.215^{d}	104.46	50.14	183.85
52	2A	17.95^{def}	13.95^{f}	0.210^{d}	102.03	48.97	179.57
53	027	17.73^{ef}	14.81^{bcdef}	0.203^{d}	97.95	47.02	172.40
54	E5	17.62^{f}	14.81^{bcdef}	0.199^{d}	96.14	46.15	169.21
	Avg	**19.81***	**15.28***	**0.261***	**128.549** ^{NS}	**61.703** ^{NS}	**226.246** ^{NS}
	SD	**1.096**	**0.646**	0.0298	10.598		

หมายเหตุ * คือ แตกต่างทางสถิติ

^{NS} คือ ไม่แตกต่างทางสถิติ

$^{1/}$ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

ส่วนที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนการผลิต และมูลค่าทางเศรษฐกิจของเนื้อไม้ระหว่างกล้าไม้สักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำคู่ผสมปิดกับกล้าไม้ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการปรับปรุงพันธุ์

1. ต้นทุนการดูแลแปลงแม่พันธุ์

การคำนวณการผลิตกล้าพันธุ์ดีประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ การคำนวณด้านต้นทุนการดูแลแปลงแม่พันธุ์ และต้นทุนการผลิตกิ่งปักชำในเรือนเพาะชำ มีรายละเอียดดังนี้

ต้นทุนการดูแลแปลงแม่พันธุ์ ประกอบด้วย ต้นทุนผันแปร (ตารางที่ 6) มีรายละเอียดดังนี้

1.1 ต้นพันธุ์ 1 ต้น มีต้นทุน 15 บาท/ต้น สามารถใช้งานได้ 2 ปี คิดเป็นต้นทุน 7.5 บาท/ต้น/ปี

1.2 ค่าวัสดุปลูก ประกอบด้วย ดิน แกลบดิบ แกลบดำ ปุ๋ยคอก ถุงขนาด 3*8 นิ้ว มีค่าใช้จ่ายรวม 2 บาท/ต้น/2ปี คิดเป็นต้นทุน 1บาท/ต้น/ปี

1.3 ค่าแรงเปลี่ยนถุง 2 บาท สามารถใช้งานได้ 2 ปี คิดเป็นต้นทุน 1 บาท/ต้น/ปี

1.4 ค่าถุง ขนาด 3*8 นิ้ว จำนวน 120 ถุง/กก. ราคา 55 บาท/กก. คิดเป็น 0.5 บาท/ถุง ค่าปุ๋ยละลายช้า คิดเป็นต้นทุน 0.1 บาท/ต้น/ปี

1.5 ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า มีค่าใช้จ่าย 0.1 บาท/ต้น/เดือน คิดเป็นต้นทุน 1.2 บาท/ต้น/ปี

1.6 ค่าจ้างดูแลแม่พันธุ์ ได้แก่ รดน้ำ ดายหญ้า ตัดแต่งกิ่ง ใส่ปุ๋ย ดูแลป้องกันโรคและแมลง มีค่าใช้จ่าย 0.30 บาท/ต้น/เดือน คิดเป็นต้นทุน 3.6 บาท/ต้น/ปี

1.7 ค่าเช่าสถานที่ 750 บาท/1งาน/ปี มีจำนวนต้น 5,000 ต้น คิดเป็นต้นทุน 0.15 บาท/ต้น/ปี

1.8 ค่าอุปกรณ์อื่น ๆ คิดเป็นต้นทุน 2 บาท/ต้น/ปี

ตารางที่ 6 ต้นทุนผันแปรในการดูแลแปลงแม่พันธุ์

รายการ	**จำนวน (บาท/ต้น/ปี)**
ต้นทุนผันแปร	
ค่าต้นพันธุ์	7.50
ค่าดิน วัสดุปลูก	1.00
ค่าแรงเปลี่ยนถุง	1.00
ค่าถุงและปุ๋ยละลายช้า	0.60
ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า	1.20
ค่าจ้างดูแลแม่พันธุ์	3.60
ค่าอุปกรณ์อื่น ๆ	2.00
ต้นทุนคงที่	
ค่าเช่าที่	0.15
ต้นทุนรวม	**17.05**

2. ต้นทุนการผลิตกิ่งปักชำในเรือนเพาะชำ

ต้นทุนการผลิตกิ่งปักชำในเรือนเพาะชำ ประกอบด้วย ค่ากิ่งพันธุ์ ค่าเตรียมโรงเรือนพรางแสง ต้นทุนค่าจัดทำกระโจมควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ ต้นทุนค่าจัดทำกล้าไม้ ค่าบรรจุกล้าไม้ใส่ถุง และค่าเช่าสถานที่ (ตารางที่ 7) มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ค่ากิ่งพันธุ์

กิ่งพันธุ์ได้มาจากการคำนวณแปลงแม่พันธุ์ พบว่า ได้จำนวนกิ่งที่มีคุณภาพ 5 กิ่ง/ต้น/ปี ซึ่งกิ่งพันธุ์มีต้นทุน 17.05 บาท/ต้น/ปี ดังนั้น คิดเป็นต้นทุนต่อหน่วย เท่ากับ 3.41 บาท/กิ่ง/ปี

2.2 ค่าเตรียมโรงเรือนพรางแสงขนาดพื้นที่ 24*18 เมตร(4 ช่อง*3ช่อง) ช่องละ 6*6 เมตร

ประกอบด้วยต้นทุน

2.2.1 ตาข่ายพรางแสง 1,500 บาท x 3 ม้วน = 4,500 บาท

2.2.2 เสาไม้ 100 บาท x 20 ต้น = 2,000 บาท

2.2.3 ไม้ไผ่ 50 บาท x 20 ลำ = 1,000 บาท

2.2.4 ค่าลวด = 100 บาท

2.2.5 ค่าจ้าง 400 บาท x 3คน x 2วัน = 2,400 บาท

คิดเป็นต้นทุนรวม 10,000 บาท/พื้นที่ทั้งหมด คิดต้นทุนต่อหน่วยได้เท่ากับ 10,000 บาท/ 432 ตารางเมตร = 23.15 บาท/ตารางเมตร

ขนาดพื้นที่ 6*6 ตารางเมตร=36 ตารางเมตร คิดเป็นต้นทุนต่อหน่วย 23.15*36 = 833.33 บาท/ต้น วางกล้าไม้ได้ 4,800 ต้น

ดังนั้น ต้นทุนค่าโรงเรือน เท่ากับ 833.33 /4,800 = 0.17 บาท/ต้น

2.3 ต้นทุนค่าจัดทำกระโจมควบคุมความชื้นสัมพัทธ์

ต้นทุนพลาสติกคลุมแปลง 1 ม้วน = 4 กระโจม ราคา 1,050 บาท/ม้วน ซึ่ง 4 กระโจม มีขนาดพื้นที่ 6*6 ตารางเมตร

2.3.1 ค่าไม้ไผ่ 4 ลำ ได้ 4 กระโจม = 50 บาท/ลำ x 4 กระโจม = 200 บาท

2.3.2 ค่าจ้าง 4 กระโจม = 50 บาท/กระโจม x 4 กระโจม = 200

2.3.3 ค่า Saran 1/10 = 150 บาท/กระโจม x 4 กระโจม = 600

จำนวน 4,800 ต้น/4 กระโจม

ต้นทุนค่าจัดทำกระโจมควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ 2,050 บาท/4 กระโจม

ดังนั้น คิดเป็นต้นทุนต่อหน่วย 2,050/ 4,800 = 0.43 บาท/ต้น

2.4 ต้นทุนค่าจัดทำกล้าไม้

2.4.1 ค่าดินวัสดุปลูก 0.5 บาท/ต้น โดยค่าวัสดุปลูก ประกอบด้วย ดิน แกลบดิบ แกลบดำ ปุ๋ยคอก ถุงขนาด 2*6 นิ้ว มีค่าใช้จ่ายรวม 0.5 บาท/ต้น/ปี

2.4.2 ค่าจ้างกรอกดินใส่ถุง 0.15 บาท/ต้น/ถุง

2.4.3 ค่าถุงขนาด2*6 นิ้ว จำนวน 250 ถุง/กก. ราคา 55 บาท/กก. คิดเป็น 0.22 บาท/ถุง

2.4.4 ค่าปุ๋ยละลายช้า คิดเป็นต้นทุน 0.05 บาท/ต้น/ปี

2.4.5 ค่าน้ำค่าไฟฟ้ามีค่าใช้จ่าย 0.1 บาท/ต้น/เดือน คิดเป็นต้นทุน 1.2 บาท/ต้น/ปี

2.4.6 ค่าจ้างดูแลแม่พันธุ์ ได้แก่ รดน้ำ ดายหญ้า ตัดแต่งกิ่ง ใส่ปุ๋ย ดูแลป้องกันโรคและแมลง มีค่าใช้จ่าย 0.30 บาท/ต้น/เดือน คิดเป็นต้นทุน 3.6 บาท/ต้น/ปี

2.4.7 ค่าจัดเรียงคุณภาพกล้าไม้ คิดเป็น 0.2 บาท/ต้น/ครั้ง ทำ 2 ครั้ง/ปี ดังนั้น คิดเป็นต้นทุน 0.4 บาท/ตัน/ปี

ดังนั้น ต้นทุนค่าจัดทำกล้าไม้ เท่ากับ 6.12 บาท/ต้น/ปี

2.5 ค่าเช่าสถานที่

ค่าเช่าสถานที่ 2,250 บาท/3งาน/ปี มีจำนวนต้น 4,800 ต้น*12 บล็อก*2 ล็อค = 115,200 ต้น คิดเป็นต้นทุน 0.02 บาท/ต้น/ปี

2.6 ค่าบรรจุกล้าไม้ใส่ถุง

2.6.1 ค่าถุงหิ้ว ถุงละ 1 บาท ใส่ได้ 10 ต้น เท่ากับต้นทุน 0.1 บาท/ต้น

2.6.2 ค่าบรรจุถุงและขนขึ้นรถ เท่ากับ ถุงละ 0.4 บาท/ต้น

ดังนั้น คิดค่าบรรจุกล้าไม้ใส่ถุง เท่ากับ 0.5 บาท/ต้น

ตารางที่ 7 ต้นทุนการผลิตกิ่งปักชำในเรือนเพาะชำ

รายการ	**จำนวน (บาท/ต้น/ปี)**
ต้นทุนผันแปร	
ค่ากิ่งพันธุ์	3.41
ค่าเตรียมโรงเรือนพรางแสง	0.17
ต้นทุนค่าจัดทำกระโจมควบคุมความชื้นสัมพัทธ์	0.43
ต้นทุนค่าจัดทำกล้าไม้	6.12
ค่าบรรจุกล้าไม้ใส่ถุง	0.5
ต้นทุนคงที่	
ค่าเช่าสถานที่	0.02
ต้นทุนรวม	**10.65**

ผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตกล้าสักพันธุ์ดีกิ่งปักชำ พบว่า มีต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 10.65 บาท/ต้น แต่ในความสำนักงบประมาณ ได้กำหนดต้นทุนต่อหน่วยของกล้าไม้ขนาดใหญ่/กล้าของป่า ราคา 7.60 บาท/ต้น ซึ่งสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ ได้ใช้ต้นทุนต่อหน่วยกล้าสักพันธุ์ดีกิ่งปักชำอ้างอิงจากกล้าไม้ขนาดใหญ่/กล้าของป่า ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าต้นทุนการผลิตจริงต่อหน่วยสูงกว่าต้นทุนที่ได้รับการจัดสรรงบประมาณจากสำนักงบ ทำให้เกิดข้อจำกัดในการผลิตกล้าไม้คุณภาพดีสู่ประชาชน

3. การวิเคราะห์มูลค่าไม้

การวิเคราะห์มูลค่าไม้พบว่าสักที่อายุ 12 ปี กล้าไม้สักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำลูกผสมปิดคู่ผสมละอองเกสร (C1) ที่ได้จากผลการประเมินการทดสอบลูกหลานไม้สักแบบปิด (Progeny Test) ที่จ. ขอนแก่น มีการเติบโต (yield) ทั้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความโต ความสูง และปริมาตรไม้ มากกว่ากล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำสายต้น (Clonal Test) ทดสอบที่ จ.กำแพงเพชร ในทุกด้าน โดยพบว่าปริมาตรไม้กล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำลูกผสมปิดคู่ผสมละอองเกสร (C1) มีปริมาตร 0.324 ลบ.ม./ต้น และกล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำสายต้น (Clonal Test) มีปริมาตร 0.128 ลบ.ม./ต้น สามารถประเมินมูลค่ากล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำลูกผสมปิดคู่ผสมละอองเกสร (C1) มีมูลค่า 4,179.60 บาท/ต้น และกล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำสายต้น (Clonal Test) มีมูลค่า 972.80 บาท/ต้น (ตารางที่ 8) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากล้าไม้ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีควบคุมละอองเกสรแบบปิด (Full- sip progeny test) มีปริมาตรต่อต้นมากกว่ากล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำสายต้น (Clonal Test) ดังนั้น กล้าไม้ที่มีการปรับปรุงพันธุ์ให้มีคุณภาพ มีการเติบโตกว่ากล้าไม้ที่ยังไม่ได้เข้าสู่กระบวนการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถเป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจเลือกใช้กล้าไม้สักพันธุ์ดีที่ได้จากการวิจัยและพัฒนาปรับปรุงพันธุ์โดยกรมป่าไม้ ในการส่งเสริมให้กับเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจลูกในพื้นที่ในเชิงสวนป่าสัก (Monoculture) หรือสวนป่าแบบผสมผสาน (Agroforestry) ส่งผลให้เกษตรกรที่ใช้กล้าสักพันธุ์ดีที่ได้มีการปรับปรุงพันธุ์แล้ว เมื่อถึงรอบตัดฟันจะมีรายได้สูงกว่าการใช้กล้าสักที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ประมาณ 3 เท่าของรายได้ นอกจากนี้แล้วการดูแล จัดการ ตามหลักวนวัฒนวิธีจะทำให้ได้ผลผลิตที่สูง

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์มูลค่าไม้

รายการ	อายุ (ปี)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.)	ความโต (ซม.)[2]	ความสูง (ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)	ราคา (บาท/ลบ.ม.)[3]	มูลค่า (บาท/ลบ.ม.)
กล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำสายต้น (Clonal Test)	12	16.00	51.00	12.01	0.128	7,600.00	972.80
กล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำลูกผสมปิด (Progeny Test: C1)[1]	12	22.89	71.00	16.36	0.324	12900.00	4,179.60

หมายเหตุ [1]คัดเลือก C1 เพราะเป็นเบอร์คู่ผสมปิดที่มีปริมาตร (yield) สูงสุด

[2]ความโต 50-54 ซม. ราคา 7,600 บาท/ลบ.ม. ความยาว 4 ม. ต่ำกว่า 6 ม.
ความโต 70 - 74 ซม. ราคา 12,900 บาท/ลบ.ม. ความยาว 4 ม. ต่ำกว่า 6 ม.

[3]อ้างอิงตารางกำหนดราคาจำหน่ายไม้สักสวนป่าของ อ.อ.ป. ตั้งแต่วันที่ 1 ม.ค. 2560

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

การประเมินผลการทดสอบลูกหลาน และการประมาณปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอนและคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้สักอายุ 12 ปี จังหวัดขอนแก่น มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อวิเคราะห์ ลูกหลานของไม้สัก ที่ได้จากการผสมเกสรที่รู้พ่อและแม่ (Full-SIP Control pollination) และทำฐานประชากรในการปรับปรุงพันธุ์ของไม้สัก 2) เพื่อประเมินปริมาตรไม้ มวลชีวภาพและกักเก็บคาร์บอน คาร์บอนไดออกไซด์ ของสวนป่าสักอายุ 12 ปี 3) เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนการผลิต และมูลค่าทางเศรษฐกิจของเนื้อไม้ระหว่างกล้าไม้สักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำคู่ผสมปิดกับกล้าไม้ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ ผลจากการศึกษาสรุปได้ดังนี้

สรุปผลการศึกษา

การเติบโตและรูปทรงลำต้น

การเติบโตของสักในแปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก อายุ 12 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยดงลาน จังหวัดขอนแก่น มีอัตราการรอดตาย 58.13% ความหนาแน่นของต้นไม้เฉลี่ย 56 ต้น/ไร่ เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 19.92 ± 1.096 เซนติเมตร เบอร์ที่มีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกสูงสุดคือ 2E มีค่าเท่ากับ 26.1 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 15.26 ± 0.557 เมตร เบอร์ที่มีค่าความสูงสูงสุดคือ 30 มีค่าเท่ากับ 17.67 เมตร

คุณภาพรูปทรงของลำต้นโดยระบบ scoring system พบว่าคะแนนความตรงของลำต้นเฉลี่ย 1.26 ± 0.24 คะแนน การแตกง่ามของลำต้นเฉลี่ย 0.54 ± 0.18 คะแนน ขนาดของกิ่งเฉลี่ย 1.56 ± 0.21 คะแนน มุมของกิ่งเฉลี่ย 1.53 ± 0.22 คะแนน

การประมาณปริมาตรไม้

การประมาณปริมาตรไม้เหนือเปลือกเฉลี่ย 14.616 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ เบอร์ที่มีค่าปริมาตรไม้เหนือเปลือกสูงสุดคือ C1 มีค่าเท่ากับ 0.366 ลูกบาศก์เมตรต่อต่อไร่

มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน และคาร์บอนไดออกไซด์

จากการศึกษาเพื่อประมาณมวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน และคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่ามีมวลชีวภาพ 7,198.744 กิโลกรัมต่อไร่ การกักเก็บคาร์บอน 3,455.368 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ และ

คาร์บอนไดออกไซด์ 12,669.766 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ เบอร์ C1 คือเบอร์ที่มีค่ามวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน และคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด

การวิเคราะห์มูลค่าไม้

การวิเคราะห์มูลค่าไม้พบว่าสักที่อายุ 12 ปี กล้าไม้สักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำลูกผสมปิดคู่ผสมละอองเกสร (C1) ที่ได้จากผลการประเมินการทดสอบลูกหลานไม้สักแบบปิด (Progeny Test) ที่จ.ขอนแก่น มีการเติบโต (yield) ทั้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความโต ความสูง และปริมาตรไม้ มากกว่ากล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำสายต้น (Clonal Test) ทดสอบที่จ.กำแพงเพชรในทุกด้าน โดยพบว่าปริมาตรไม้กล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำลูกผสมปิดคู่ผสมละอองเกสร (C1) มีปริมาตร 0.324 ลบ.ม./ต้น และกล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำสายต้น (Clonal Test) มีปริมาตร 0.128 ลบ.ม./ต้น สามารถประเมินมูลค่ากล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำลูกผสมปิดคู่ผสมละอองเกสร (C1) มีมูลค่า 4,179.60 บาท/ต้น และกล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำสายต้น (Clonal Test) มีมูลค่า 972.80 บาท/ต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่ากล้าไม้ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีควบคุมละอองเกสรแบบปิด (Full- sip progeny test) มีปริมาตรต่อต้นมากกว่ากล้าสักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำสายต้น (Clonal Test) ดังนั้น กล้าไม้ที่มีการปรับปรุงพันธุ์ให้มีคุณภาพ มีการเติบโตกว่ากล้าไม้ที่ยังไม่ได้เข้าสู่กระบวนการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถเป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจเลือกใช้กล้าไม้สักพันธุ์ดีที่ได้จากการวิจัยและพัฒนาปรับปรุงพันธุ์โดยกรมป่าไม้ ในการส่งเสริมให้กับเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจลูกในพื้นที่ในเชิงสวนป่าสัก (Monoculture) หรือสวนป่าแบบผสมผสาน (Agroforestry) ส่งผลให้เกษตรกรที่ใช้กล้าสักพันธุ์ดีที่ได้มีการปรับปรุงพันธุ์แล้ว เมื่อถึงรอบตัดฟันจะมีรายได้สูงกว่าการใช้กล้าสักที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ประมาณ 3 เท่าของรายได้ นอกจากนี้แล้วการดูแล จัดการ ตามหลักวนวัฒนวิธีจะทำให้ได้ผลผลิตที่สูง

การถ่ายทอดองค์ความรู้

การจัดอบรม การขยายพันธุ์สักพันธุ์ดี โดยวิธีปักชำ ให้แก่เกษตรกร ผู้ประกอบการ หน่วยงานราชการ และนักศึกษา หลักสูตร “การสร้างเครือข่ายไม้สักรายย่อย ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ” จำนวน 2 รุ่น รุ่นละ 30 คน โดยรับการสนับสนุนจากคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ องค์การไม้เขตร้อนระหว่างประเทศ (ITTO) และกรมป่าไม้ และสร้างเครือข่ายผู้ผลิตและจำหน่ายกล้าไม้สักพันธุ์ดี โดยวิธีปักชำ

ข้อเสนอแนะ

1. การวิจัยและพัฒนา กรมป่าไม้ควรสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาไม้สัก ให้สอดคล้องกับความต้องการและเทคโนโลยีที่เหมาะสม เนื่องจากกรมป่าไม้มีฐานพันธุกรรมไม้สักที่รวบรวมทั่วประเทศ ตั้งแต่ 2508 จนถึงการพัฒนาลูกผสมปิดในปัจจุบัน จากเดิมที่มีการทดสอบและประเมินผลที่อายุ 12 15 ปี นั้น ควรวิจัยและพัฒนาร่วมมกับหน่วยงานที่มีองค์ความรู้ด้านพันธุวิศวกรรมในการจับคู่โครโมโซมตรงความต้องการกับวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงพันธุ์ เช่น การต้านทานโรคแมลง การทนแล้ง หรือคุณภาพไม้ เป็นต้น รวมถึงความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่และภูมิอากาศ (site matching) อาทิหน่วยงาน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์

2. การศึกษาการลดต้นทุนการผลิตกล้าไม้สักพันธุ์ดีจากกิ่งปักชำ เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต พบว่าต้นทุนการผลิตกล้าสักพันธุ์ดีในปัจจุบันมีราคาเฉลี่ย 10.65 บาท/ต้น ถ้าผู้ผลิตสามารถทำการลดต้นทุนการผลิตลงได้ เช่น การเพิ่มปริมาณกิ่งปักต่อต้น จาก 5 กิ่ง/ต้น/ปี เป็น 10 กิ่ง/ต้น/ปี หรือเพิ่มระยะเวลาในการดูแลแม่พันธุ์ จาก 2 ปีเป็น 3 ปี ทำให้เกิดการลดขนาดต้นทุนได้

3. กรมป่าไม้ควรทำหน้าที่ในการวางแผนส่งเสริมการผลิตกล้าสักพันธุ์ดี ให้สอดคล้องกับปริมาณความต้องการของเกษตรกร รวมถึงการควบคุมคุณภาพการผลิตทุกขั้นตอน เพื่อสร้างความมั่นใจว่ากล้าพันธุ์ที่ได้มาจากกิ่งปักชำกล้าสักพันธุ์ดี

4. การถ่ายทอดองค์ความรู้ กรมป่าไม้ร่วมกับภาคเอกชน รัฐวิสาหกิจ สถาบันการศึกษา ร่วมกันแลกเปลี่ยนถ่ายทอดองค์ความรู้ในการผลิตกล้าไม้ การจัดการสวนป่าแบบวนวัฒนวิธี แบบมีส่วนร่วม

5. การสนับสนุนจากภาครัฐ ในเรื่องการกำหนดอัตราภาษีการส่งออกไม้สักท่อน และไม้แปรรูป โดยเอกชน รวมทั้งการให้เงินสนับสนุนในรูปแบบนโยบายของรัฐ ที่ลงสู่ธกส. เช่น ถ้ามีการปลูกต้นไม้ จะทำให้มีการลดภาษีที่ดิน หรือการลดดอกเบี้ยเงินกู้

บรรณานุกรม

กรมการค้าต่างประเทศ. 2564. **แสดงรายละเอียด สินค้าที่มีมาตรการ นำเข้า-ส่งออก-นำผ่าน ไม้และไม้แปรรูป**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.dft.go.th-th/DFT-Service/Data-Service-Information/ProductMeasure-Import-Export/Detail/ProductMeasure-Import-Export/Articleld/1944/1547 (12 พฤษภาคม 2564).

กรมทรัพยากรธรณี. 2552. **การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีจังหวัดขอนแก่น**. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมป่าไม้. 2556. **การขยายพันธุ์สัก**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

_____. 2559. **ยุทธศาสตร์กรมป่าไม้ พ.ศ. 2559-2564**. กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรวิชช์ ณ ถลาง และ กิตติ โพธิปัทมะ. 2558. การฟื้นฟูป่าสักเมืองไทยด้วยเอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกาย. **วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์**, 14(2), 123-133.

โครงการความร่วมมือการวิจัยระหว่างกรมป่าไม้และศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น (JIRCAS). 2558. **แผนที่ความเหมาะสมของดินสำหรับปลูกไม้สักในจังหวัดชัยภูมิและจังหวัดขอนแก่น**. กรุงเทพฯ: ไทยปริ๊นท์ติ้ง เซ็นเตอร์.

จำนรรจ์ เพียรอนุรักษ์. 2550. **เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไม้สัก**. ใน เอกสารประกอบการสัมมนา. กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้.

จินตนา บุญเชิญ. 2544. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไม้สัก (Tectona grandis L.F.) จากแม่ไม้พันธุกรรมดี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชิงชัย วิริยะบัญชา. 2546. **คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหมู่ไม้ Handbook of Stand Biomass Estimation**. กรุงเทพฯ: ฝ่ายวนวัฒนวิจัยและพฤกษศาสตร์ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

นิรนาม. 2534. **การศึกษาความเป็นไปได้ของการปลูกสักเชิงเศรษฐกิจโดยเกษตรกร**. กรุงเทพฯ: กองนโยบายและแผน พัฒนาการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

บ้านเมือง. 2564. **"ส.ป.ก." หนุนปลูกป่าด้วยไม้เศรษฐกิจหลังปลดล็อค**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.banmuang.co.th/news/politic/218358 (12 พฤษภาคม 2564).

ประพาย แก่นนาค และ อโณทัย ไพยารมย์. 2557. **การประมาณปริมาตรไม้และมวลชีวภาพของสวนป่าไม้สัก**. กรุงเทพฯ: กลุ่มงานนววัฒนวิจัย สำนักงานวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้.

ประศาสตร์ เกื้อมณี. 2538. **เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ประสิทธิ์ เพียรอนุรักษ์ และ จำนรรจ์ เพียรอนุรักษ์. 2543. ปัจจัยสำคัญและเทคนิคบางประการต่อความสำเร็จของการปักชำกิ่งจากแม่ไม้สักในแปลงในพ่นหมอก. น. 177 – 189. ใน **รายงานวนวัฒนวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2543**. กรุงเทพฯ: ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.

ประสิทธิ์ เพียรอนุรักษ์, สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล, จำนรรจ์ เพียรอนุรักษ์, วิโรจน์ ครองกิจศิริ, จรัส ช่วยนะ และ สุทัศน์ เล้าสกุล. ม.ป.ป. **การสร้างสวนรวมพันธุ์ไม้สักใน 4 ภาค ของประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: กลุ่มงานนวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้.

พงษ์ศักดิ์ สหุนาพุ. 2538. **ผลผลิตและการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้**. กรุงเทพฯ: คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรเทพ เหมือนพงษ์, สาพิศ ดิลกสัมพันธ์, จงรัก วัชรินทร์รัตน์, สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล และ สุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ. 2560. การประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ต่อการปลูกสักสายต้นต่างๆ ในประเทศไทย. **วารสารวนศาสตร์**, 36(2), 24-34.

ไพบูลย์ แจ่มพงษ์. 2548. การประกันคุณภาพเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษา. **วารสารกองทุนสงเคราะห์การศึกษาเอกสาร**, 8(77), 37-40.

ไพรัช ปิยะพันธุ์. 2542. การทำไม้สักกิ่งแก่ให้อ่อนโดยการปักชำและติดตา. ใน **เอกสารวิชาการประกอบคำขอให้ประเมินบุคคลเพื่อดำรงตำแหน่งนักวิชการป่าไม้ 7ว**. กรุงเทพฯ: ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.

ไพรัช ปิยะพันธุ์ และ จำนรรจ์ เพียรอนุรักษ์. 2539. สายพันธุ์และวิธีการติดตากับการเกิด Incompatibility และเชื้อราของไม้สักในสวนผลิตเมล็ดพันธุ์ 4 ชั้นอายุ. ใน **เอกสารวิชาการประกอบคำขอให้ประเมินบุคคลเพื่อดำรงตำแหน่งนักวิชาการป่าไม้ 7ว**. กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้.

วิเชียร สุมันตกุล. 2542. หลักการปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่าเบื้องต้น. ใน **เอกสารส่งเสริมและเผยแพร่ทางวนวัฒนวิทยา**. กรุงเทพฯ: ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.

วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง. 2553. **การปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่า**. กรุงเทพฯ: งานวิจัยการปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่า กรมป่าไม้.

วิทยา สุจริตธนารักษ์. 2555. เศรษฐกิจไทยกับอาเซียน ความสัมพันธ์ทางเศรษฐกิจและการค้าอดีต-ปัจจุบัน. **วารสารร่มพฤกษ์ มหาวิทยาลัยเกริก**, 30(3), 149-174.

วิรัช ชื่นวาริน. 2535. สมบัติและการใช้ประโยชน์ของไม้สัก Properties and Utilization of Teak.

น. 279-291. ใน **50 ปี สวนสักห้วยทาก : สัมมนาเฉลิมพระเกียรติ 60 พรรษา มหาราชินี**. วันที่ 5-8 สิงหาคม 2535 ณ โรงแรมเวียงทอง จังหวัดลำปาง.

วีระพงษ์ สวงโท. 2544. **การพัฒนาพันธุ์ไม้สักโดยการปรับปรุงพันธุ์**. กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้.

สถานีวนวัฒนวิจัยงาว. 2550. **ส่งเสริมอาชีพเพาะชำกล้าไม้สัก แก้ไขความยากจนตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง**. ลำปาง: สถานีวนวัฒนวิจัยงาว จังหวัดลำปาง. (เอกสารการฝึกอบรม).

สมบูรณ์ บุญยืน, จตุพร มังคลารัตน์, ประพาย แก่นนาค, ประสิทธิ์ เพียรอนุรักษ์, สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล & จำนรรจ์ เพียรอนุรักษ์. 2550. การประเมินผลครั้งที่ 1 แปลงทดสอบแม่ไม้สักจากกล้าปักชำชุดที่ 1 ที่อายุ 5 ปี. น. 42-54. ใน **การสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 8 เทคโนโลยีวนวัฒน์เพื่อขจัดความยากจน**. วันที่ 6-8 มิถุนายน 2550 ณ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล. 2550. การพัฒนาสายพันธุ์ไม้สักเพื่อการปลูกสร้างสวนป่าเศรษฐกิจ. น. 8-17. ใน **การสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 8 เทคโนโลยีวนวัฒน์เพื่อขจัดความยากจน**. วันที่ 6-8 มิถุนายน 2550 ณ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

สำนักข่าวอินโฟเควสท์. 2564. **บอร์ดป่าไม้เตรียมเสนอทบทวนมติ ครม.ส่งออกไม้สักสวนป่า-วัตถุดิบผลิตไม้แปรรูป**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.infoquest.co.th/2021/84401 (12 พฤษภาคม 2564).

สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดเลย. 2556. **การจัดการความรู้ KM, พ.ร.บ. ป่าไม้ เอื้อประชาชนมีส่นร่วมปลูกไม้มีค่า**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.mnre.go.th/loei/th/news/detail/63548 (12 พฤษภาคม 2564).

สำนักสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน. 2557. **ชุดดิน..ภาคอีสาน ความรู้พื้นฐานเพื่อการเกษตร**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

อภิชาติ ขาวสอาด. 2528. **คู่มือการปรับปรุงพันธุ์ไม้สัก (ตอนที่6) การทดสอบแม่ไม้สัก**. กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้.

อภิชาติ ขาวสะอาด และ สมเกียรติ จันทร์ไพแสง. 2535. แนวทางการปรับปรุงพันธุ์ไม้สักในประเทศไทย Teak Breeding Strategy in Thailand. น. 83-99. ใน **50 ปี สวนสักห้วยทาก: สัมมนาเฉลิมพระเกียรติ 60 พรรษา มหาราชินี**. วันที่ 5-8 สิงหาคม 2535 ณ โรงแรมเวียงทอง จังหวัดลำปาง.

อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์, สมชาย นองเนือง, สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล, วรพจน์ คำใบ และ โศรยา ภูจีระ. 2562. **การประเมินผลการทดสอบสายต้น/สายพันธุ์ และการประมาณปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนไม้สักอายุ 10 ปี จังหวัดเชียงใหม่**. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒาการป่าไม้ กรมป่าไม้.

อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์, สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล, สมชาย นองเนือง, ประสิทธิ์ เพียรอนุรักษ์, จำนรรจ์ เพียรอนุรักษ์, พงษ์ศักดิ์ ฉัตรเตชะ และ วรพจน์ คำใบ. 2557. **การประมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในสวนป่า**. กรุงเทพฯ: ศูนย์วนวัฒนวิจัยภาคเหนือ กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้.

Avery, T. E. & Burkhart, H. E. 1994. **Forest Measurements**. Singapore: McGraw-Hill, Inc.

Bryndum, K. 1969. Budding of teak. **Indian Forester**, 95(3), 155-157.

Ciesla, W. M. 1995. **Climate Change, Forests andForest Management**. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Hedegart, T., Buitan, W. & Yingvanasiri, T. 1974. Budded/potted teak stock. **The Vanasarn**, 32(4), 337-341.

Kaosa-ard, A. no date. **Management of Teak Plantations**. [Online]. Available http://www.fao.org/3/ac773e/ac773e08.htm (1 September 2020).

Kjaer, E. D. & Foster, G. S. 1996. **The economics of tree improvement of teak (Tectona grandis L.)**. Humlebaek (Denmark): Danida Forest Seed Centre.

Nautiyal, S., Singh, U. & Gurumurti, K. 1992. Rooting response of branch cuttings of teak (Tectona grandis) as influenced by growth hormones and position of the cutting on the crown. **Indian Forester**, 118(2), 112-121.

Padmanabha, H. S. A. & Vijayalakshmi, G. (1994). Vegatative propagation of teak through branch cuttings and sprouts. In G. Vijayalakshmi & R. Finkeldey (Eds.), **Tree Breeding and Propagation News**, 3(2), 8-9.

Pianhanuruk, P., Piyaphan, P. & Pianhanuruk, C. 1996. A Preliminary Study of Rejuvenation of Teak by the Budding Technique. p. 7. In **ASEAN Forest Tree Seed Centre**. Saraburi, Thailand.

Sombun, K. 1980. **Progeny testing. Regional Training Course in Forest Tree Improvement, Thailand**. April 21 - May 31, 1980.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบบันทึกข้อมูลภาคสนาม

สถานี..... **วันที่บันทึก**.....

ชนิดพืช..... **แปลง**.....

Rep.	No.	Ht (m)	DBH (cm)	CW (cm)	

Rep.	No.	Ht (m)	DBH (cm)	CW (cm)	

ภาพผนวกที่ 1 แบบฟอร์มวัดการเจริญเติบโตของต้นไม้ในสวนป่า

หน่วยงาน _____ วันที่บันทึก _____

ชนิดไม้ _____ ต้นที่ _____

ความกว้างเรือนยอด _____ เมตร แปลง _____

Girth ใต้กิ่งสดกิ่งแรก _____ ซม. ผู้บันทึกข้อมูล _____

ความสูงทั้งหมด _____ เมตร ความสูงถึงกิ่งสดกิ่งแรก _____ เมตร

ลำดับ	ความสูง	เส้นรอบวง	น้ำหนักสด (กก.)	น้ำหนักสด (กก.)	ความหนาเปลือก (ซม.)			
	(ซม.)	(ซม.)	ลำต้น > 2 ซม.	ลำต้น < 2 ซม.	1	2	3	4
	0.0							
0	0.3							
1	1.3							
2	2.3							
3	3.3							
4	4.3							
5	5.3							
6	6.3							
7	7.3							
8	8.3							
9	9.3							
10	10.3							
11	11.3							
12	12.3							
13	13.3							
14	14.3							
15	15.3							
16	16.3							
17	17.3							
18	18.3							
19	19.3							
20	20.3							
21	21.3							
22	22.3							
23	23.3							
24	24.3							
25	25.3							
26	26.3							

ภาพผนวกที่ 2 แบบฟอร์มวัดมิติต่าง ๆ ของต้นไม้เพื่อหาสมการปริมาตรลำต้นและมวลชีวภาพ

หน่วยงาน _____

ชนิดไม้ _____

ความกว้างเรือนยอด _____ เมตร

Girth ใต้กิ่งสดกิ่งแรก _____ ซม.

ความสูงทั้งหมด _____ เมตร

ความสูงถึงกิ่งสดกิ่งแรก _____ เมตร

แปลง	วันที่เก็บข้อมูล
ต้นที่	ผู้บันทึกข้อมูล

น้ำหนักตัวอย่าง	ลำต้น > 2 ซม.	ลำต้น < 2 ซม.	กิ่ง > 2 ซม.	กิ่ง < 2 ซม.	ใบ
น้ำหนักสด (กรัม)					
น้ำหนักแห้ง (กรัม)					

ลำดับ	ความสูง (ม.)	ความโต	ลำต้น > 2 ซม.	ลำต้น < 2 ซม.	ใบ
	0.0				
0	0.3				
1	1.3				
2	2.3				
3	3.3				
4	4.3				
5	5.3				
6	6.3				
7	7.3				
8	8.3				
9	9.3				
10	10.3				
11	11.3				
12	12.3				

ลำดับ	ความสูง (ม.)	ความโต	ลำต้น > 2 ซม.	ลำต้น < 2 ซม.	ใบ
13	13.3				
14	14.3				
15	15.3				
16	16.3				
17	17.3				
18	18.3				
19	19.3				
20	20.3				
21	21.3				
22	22.3				
23	23.3				
24	24.3				
25	25.3				
26	26.3				

ภาพผนวกที่ 3 แบบฟอร์มวัดมิติต่าง ๆ ของต้นไม้เพื่อหาสมการปริมาตรลำต้น และมวลชีวภาพ

ภาคผนวก ข

รายละเอียดคู่ผสมไม้สัก แปลงทดสอบลูกหลานไม้สักปี พ.ศ.2550

(Teak Progeny Test 2007)

ทั้งหมด 50 คู่ผสม

ตารางผนวกที่ 1 รายละเอียดคู่ผสมไม้สัก แปลงทดสอบลูกหลานไม้สักปี พ.ศ.2550 (Teak Progeny Test 2007)

Family No.	Dame	Sire	Family No.	Dame	Sire
1A	V146	V211	A1	V211	V146
1B	V146	V183	A2	V211	V130
1C	V146	V229	A3	V211	V290
1D	V146	V230	A4	V211	V263
1E	V146	V194	A5	V211	V137
2A	V130	V211	B1	V183	V146
2B	V130	V183	B2	V183	V130
2C	V130	V229	B3	V183	V290
2D	V130	V230	B4	V183	V263
2E	V130	V194	B5	V183	V137
3A	V290	V211	C1	V229	V146
3B	V290	V183	C2	V229	V130
3C	V290	V229	C3	V229	V290
3D	V290	V230	C4	V229	V263
3E	V290	V194	C5	V229	V137
4A	V263	V211	D1	V230	V146
4B	V263	V183	D2	V230	V130
4C	V263	V229	D3	V230	V290
4D	V263	V230	D4	V230	V263
4E	V263	V194	D5	V230	V137
5A	V137	V211	E1	V194	V146
5B	V137	V183	E2	V194	V130
5C	V137	V229	E3	V194	V290
5D	V137	V230	E4	V194	V263
5E	V137	V194	E5	V194	V137

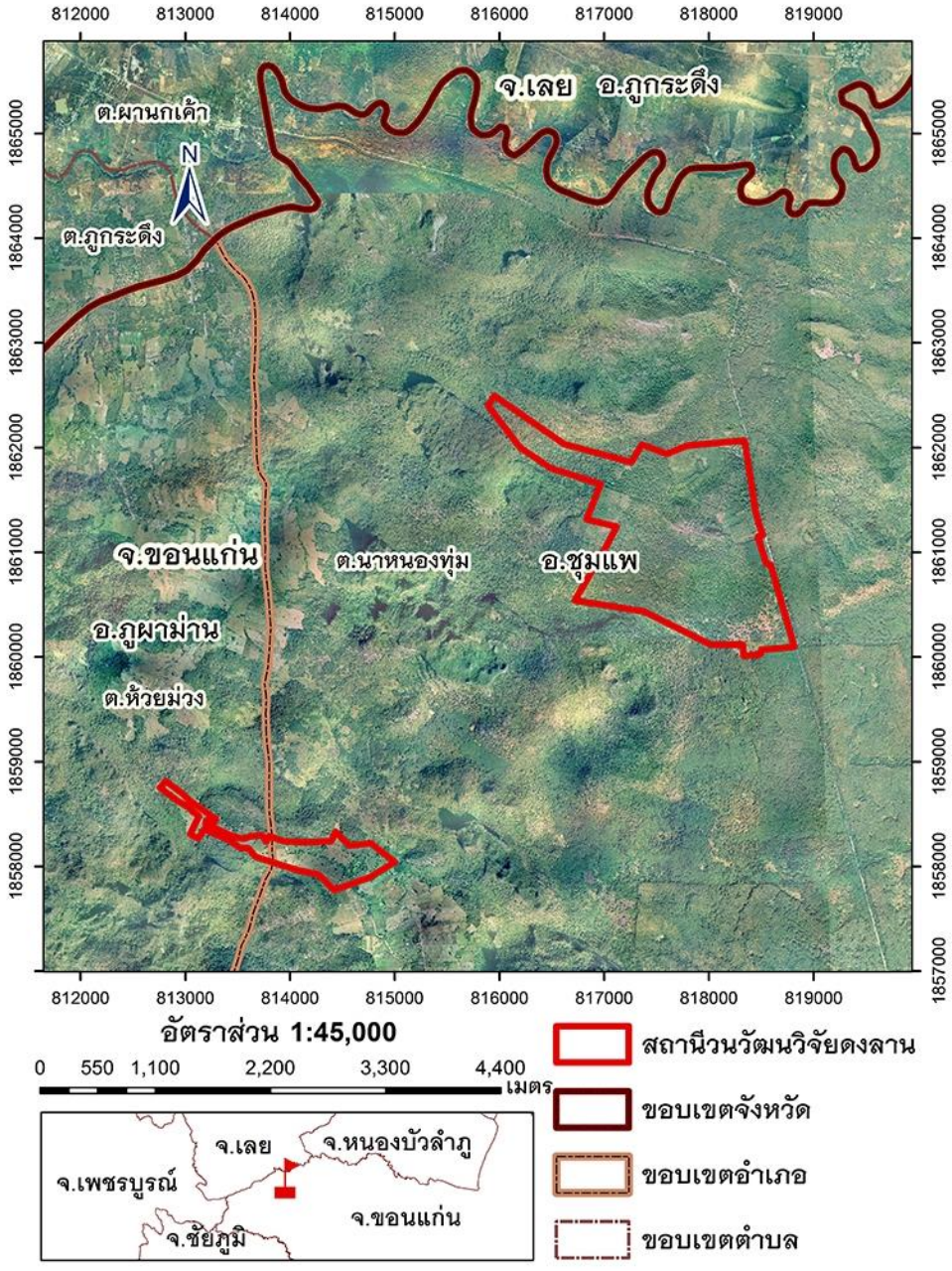
ตารางผนวกที่ 2 พิกัดที่อยู่แม่ไม้

Tree No.	Easting	Northing	Location
130	596952	2008866	แม่ต้า ลอง แพร่
137	394283	2018133	บ้านกาด แม่สะเรียง แม่ฮ่องสอน
146	394283	2018133	แม่สะลาบ แม่สะเรียง แม่ฮ่องสอน
183	605410	2073461	บ้านหวด งาว ลำปาง
194	605410	2073461	บ้านหวด งาว ลำปาง
211	605410	2073461	บ้านหวด งาว ลำปาง
229	605410	2073461	บ้านหวด งาว ลำปาง
230	605410	2073461	บ้านหวด งาว ลำปาง
263	495085	2136919	แม่นะ เชียงดาว เชียงใหม่
290	508422	2156974	ปิงโค้ง เชียงดาว เชียงใหม่

ภาคผนวก ค

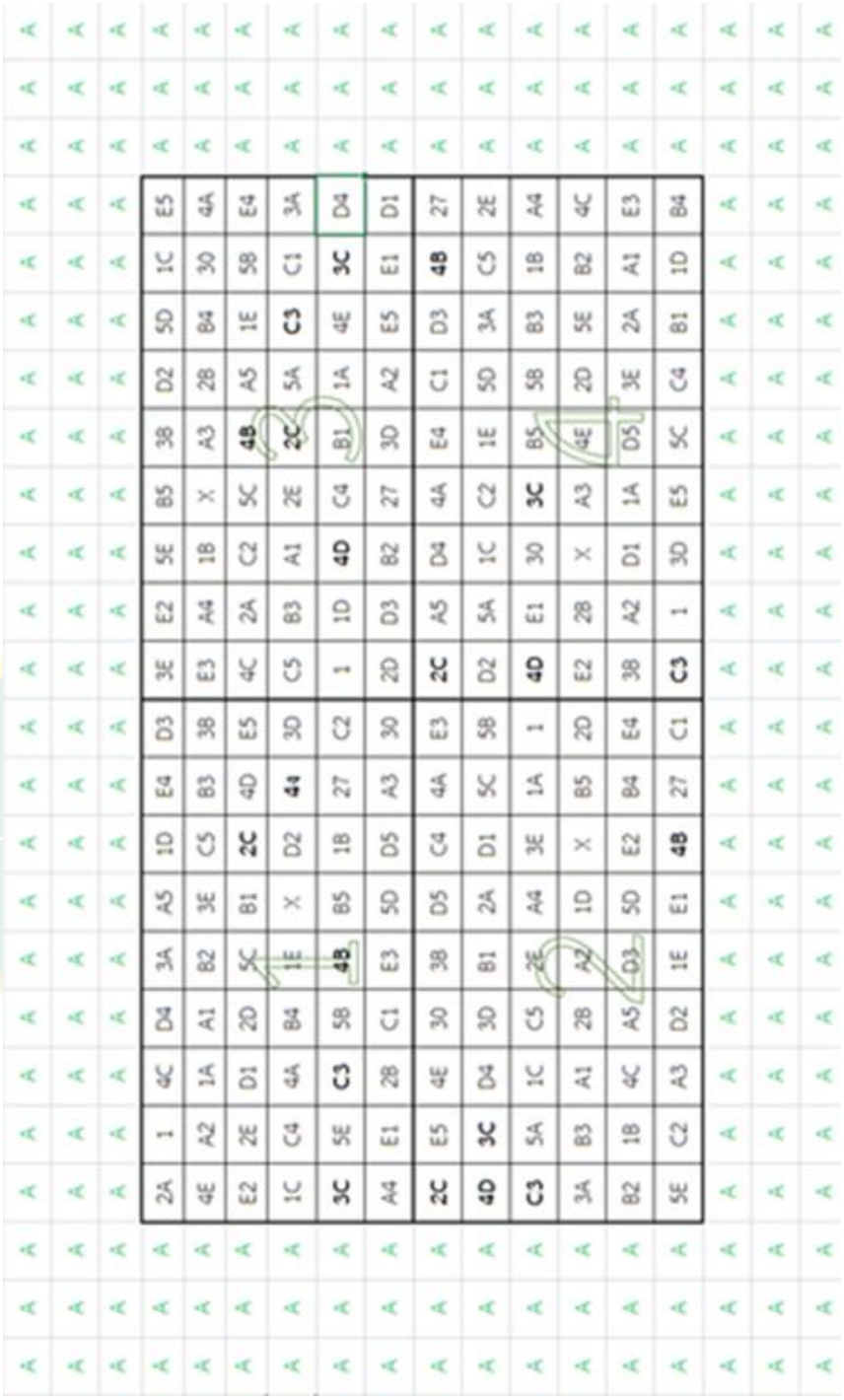
แผนผังแปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก ปี พ.ศ. 2550

(Teak Progeny Test 2007)



ภาพผนวกที่ 4 ภาพถ่ายดาวเทียมแปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก ปี พ.ศ. 2550

ที่มา: Teak Progeny Test (2007)



ภาพผนวกที่ 5 แผนผังแปลงทดสอบลูกหลานไม้สัก ปี พ.ศ. 2550

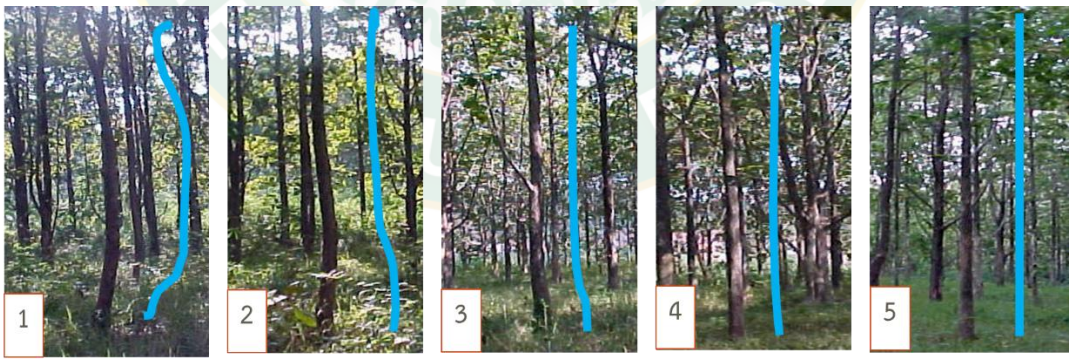
ที่มา: Teak Progeny Test (2007)

ภาคผนวก ง

วิธีการการเก็บข้อมูลการเติบโตของต้นไม้
และการเก็บข้อมูลรูปทรงลำต้น

ภาพผนวกที่ 6 การเก็บข้อมูลการเติบโตของต้นไม้ โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียง (DBH) และความสูง (H) ของต้นไม้

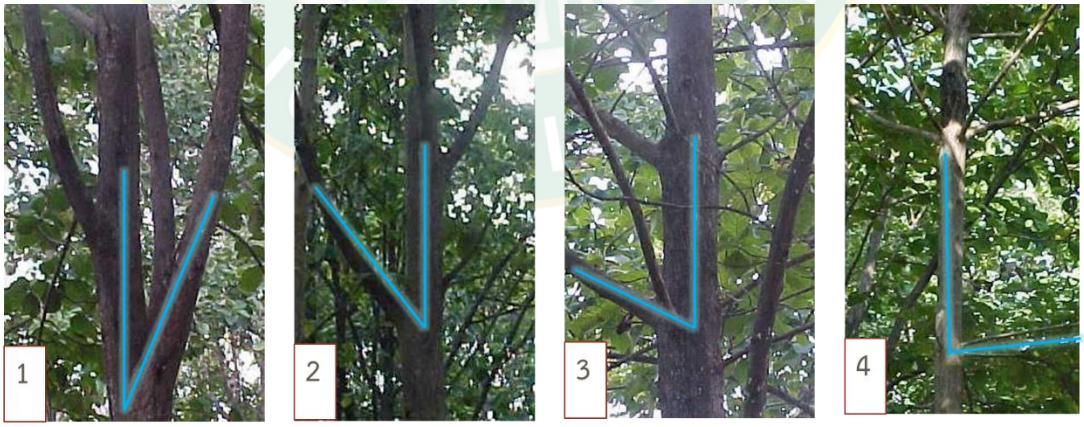
การเก็บข้อมูลรูปทรงลำต้น เป็นลักษณะทางคุณภาพโดยใช้ระบบการให้คะแนน (scoring system) ออกเป็นชั้นระดับ (classes)



ภาพผนวกที่ 7 การให้คะแนนความตรงของลำต้น (stem straightness) score 1 - 4 classes

ภาพผนวกที่ 8 การให้คะแนนการแตกง่ามของลำต้น (axis persistence) score 1 - 6 classes

ภาพผนวกที่ 9 การให้คะแนนขนาดของกิ่ง (branch size) score 1 - 4 classes



ภาพผนวกที่ 10 การให้คะแนนมุมของกิ่ง (branch angle) score 1 - 4 classes

ภาคผนวก จ

การเตรียมกล้าไม้ปักชำ

ภาพผนวกที่ 11 การดูแลและการจัดการแปลงแม่พันธุ์

ภาพผนวกที่ 12 การขยายพันธุ์โดยการปักชำกล้าไม้สัก

ภาพผนวกที่ 13 การการอนุบาลกิ่งปักชำในโรงเรือนพลาสติก

ภาพผนวกที่ 14 การอนุบาลกล้าไม้เพื่อเตรียมปลูกในโรงเรือนพรางแสง

ภาคผนวก ฉ

ผลการประเมินความพึงพอใจ/ความเข้าใจในการอบรมการสร้างเครือข่ายไม้สัก รายย่อยภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ตารางผนวกที่ 3 ความพึงพอใจ/ความเข้าใจ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ในการเข้ารับการฝึกอบรม การสร้างเครือข่ายไม้สัก รายย่อย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

หัวข้อ	ระดับความพึงพอใจ/ความเข้าใจ(ร้อยละ)				
	ดีมาก (5)	ดี (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยมาก (1)
1.การได้รับทราบข้อมูลก่อนการฝึกอบรม	26	18	42	14	-
2. เนื้อหาการฝึกอบรมโดยรวม	77	18	3	2	-
3. การคัดเลือกแม่ไม้สักและพันธุกรรมที่มีคุณภาพ	48	40	4	8	-
4. การฝึกปฏิบัติด้านการขยายพันธุ์โดยเทคนิคการติดตาและการตัดชำราก	64	24	8	4	-
5. ความพร้อมของสถานที่ ที่ประชุม ที่พัก	32	44	8	16	-
6. ได้รับความรู้เพิ่มเติมตามที่คาดหวังเพียงใด	67	17	12	4	-

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
1. อยากให้มีการอบรมเรื่องการจัดการป่าไม้ขึ้นอีก
2. อยากให้เพิ่มเวลาในการอบรม
3. ควรมีการศึกษาเรื่องหนอนเจาะต้นสัก
4. น่าจะมีการศึกษาดูงานต่างประเทศ

ตารางผนวกที่ 4 ความพึงพอใจ/ความเข้าใจ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ในการเข้ารับการฝึกอบรม การสร้างเครือข่ายไม้สัก รายย่อย ภาคเหนือ

หัวข้อ	ระดับความพึงพอใจ/ความเข้าใจ(ร้อยละ)				
	ดีมาก (5)	ดี (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยมาก (1)
1.การได้รับทราบข้อมูลก่อนการฝึกอบรม	30	15	41	14	-
2. เนื้อหาการฝึกอบรมโดยรวม	80	12	5	3	-
3. การคัดเลือกแม่ไม้สักและพันธุกรรมที่มีคุณภาพ	44	38	8	10	-
4. การฝึกปฏิบัติด้านการขยายพันธุ์โดยเทคนิคการติดตาและการตัดชำราก	64	24	8	4	-
5. ความพร้อมของสถานที่ ที่ประชุม ที่พัก	12	28	45	15	-
6. ได้รับความรู้เพิ่มเติมตามที่คาดหวังเพียงใด	76	17	4	3	-

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
1. อยากให้เพิ่มเวลาในการอบรมและการฝึกการปฏิบัติ
2. อยากให้มีการอบรมเรื่องการจัดการป่าไม้ขึ้นอีกเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง
3. ควรมีการศึกษาเรื่องโรคและแมลงอย่างละเอียด

ภาคผนวก ช

ภาพการอบรมการสร้างเครือข่ายไม้สักรายย่อยภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ภาพผนวกที่ 15 การศึกษาดูงาน การจัดการสวนสัก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง

ภาพผนวกที่ 16 ฟังบรรยายและฝึกปฏิบัติ ณ สถานีวนวัฒนวิจัยงาว จังหวัดลำปาง

ภาพผนวกที่ 17 ฟังบรรยายและฝึกปฏิบัติ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป่าไม้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดนครราชสีมา

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายกฤษชนะ นิสสะ

เกิดเมื่อ 21 เมษายน 2516

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2538 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วนศาสตร์)
สาขาวิชาการจัดการป่าไม้
คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2545 - 2546 นักวิชาการป่าไม้ 3 สำนักงานป่าไม้จังหวัดอ่างทอง

พ.ศ. 2547 นักวิชาการป่าไม้ 3 อุทยานแห่งชาติผาแต้ม จังหวัดอุบลราชธานี ประจำโครงการความร่วมมือไทย ลาว และกัมพูชา สามเหลี่ยมมรกต

พ.ศ. 2547 - 2548 หัวหน้าศูนย์พัฒนาวนศาสตร์ชุมชนที่ 4 จังหวัดศรีสะเกษ

พ.ศ. 2548 - 2560 หัวหน้าโครงการศูนย์พัฒนาการเกษตรภูสิงห์ จังหวัดศรีสะเกษ

พ.ศ. 2558 หัวหน้าสถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู จังหวัดสุรินทร์

พ.ศ. 2560 - 2561 หัวหน้าโครงการส่งเสริมการเรียนรู้เพื่อการอนุรักษ์และฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดตาก

พ.ศ. 2562 - ปัจจุบัน หัวหน้าสถานีวนวัฒนวิจัยงาว จังหวัดลำปาง
หัวหน้าศูนย์พัฒนาการใช้ประโยชน์ป่าไม้ภาคเหนือ จังหวัดลำปาง