นิพนธ์ต้นฉบับ

การเพิ่มการเติบโตของกล้าไม้ต้นวงศ์ถั่วบางชนิดโดยใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

Growth Promotion of Some Fabaceous Tree Seedlings With an Inoculated of Arbuscular Mycorrhizal Fungi

เพ็ญพิชชา ชูสง่า **Penpitcha Choosa-nga**
ธารรัตน์ แก้วกระจ่าง* **Tharnrat Kaewgrajang***
อุทัยวรรณ แสงวณิช **Uthaiwan Sangwanit**

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding Author, E-mail: ffortrk@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 29 พฤษภาคม 2560 รับลงพิมพ์ 29 มิถุนายน 2560

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on the growth of Fabaceous seedlings, including *Dalbergia cochinchinensis, Pterocarpus macrocarpus and Xylia xylocarpa. Acaulospora* sp.1 and Unknown sp.2 were isolated from soils, which were collected from plantations of those three Fabaceous tree species. For producing fungal inocula, spores of the two AMF were inoculated on maize seedlings for three months. After that, the seedlings of *D. cochinchinensis, P. macrocarpus* and *X. xylocarpa* were inoculated using one of four inoculation methods; (1) 50 spores of *Acaulospora* sp.1, (2) 50 spores of Unknown sp.2, (3) 25 spores of *Acaulospora* sp.1 and Unknown sp.2 or (4) non-inoculated control. The results revealed that AMF colonized in 7-month-old inoculated seedlings were 13-55%. Additionally, the inoculation method with *Acaulospora* sp.1 showed the highest colonization. The inoculated seedlings with significantly different inoculations had higher in relative growth rate (RGR) of height and total dry weight than the control seedlings ($P<0.05$). The inoculation method with either 50 spores of *Acaulospora* sp.1 or 25 spores of *Acaulospora* sp.1 + Unknown sp.2 could improve RGR of seedlings and can be applied to produce good quality of the seedlings.

Keywords: Arbuscular mycorrhiza, Inoculum, growth, *D. cochinchinensis, P. macrocarpus, X. xylocarpa*

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเติบโตของกล้าไม้ต้นวงศ์ถั่ว ได้แก่ พะยูง ประดู่ป่า และแดง โดยนำ *Acaulospora* sp.1 และ Unknown sp.2 ซึ่งแยกสปอร์มาจากดินแปลงปลูกไม้วงศ์ถั่วทั้ง 3 ชนิดดังกล่าว หลังจากนำสปอร์ของราทั้ง 2 ชนิดไปปลูกเชื้อ (inoculate) ในกล้าข้าวโพดเพื่อผลิตเป็นหัวเชื้อ เป็นเวลา 3 เดือน แล้วจึงนำหัวเชื้อไปปลูกเชื้อให้แก่กล้าไม้พะยูง ประดู่ป่า และแดง ด้วยวิธีการปลูกเชื้อ 4 วิธี ได้แก่ (1) ปลูกเชื้อ *Acaulospora* sp.1 50 สปอร์, (2) ปลูกเชื้อ Unknown sp.2 50 สปอร์ (3) ปลูกเชื้อ *Acaulospora* sp.1 + Unknown sp.2 ชนิดละ 25 สปอร์ และ (4) ไม่ปลูกเชื้อ (control) ผลการศึกษาพบว่าหลังจากปลูกเชื้อให้แก่กล้าไม้อายุ 7 เดือน กล้าไม้มีร้อยละการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ร้อยละ 13-55 ซึ่งการปลูกเชื้อด้วย *Acaulospora* sp.1 ทำให้กล้าไม้มีร้อยละการเข้าอยู่อาศัยของรามากที่สุด กล้าไม้ที่ปลูกเชื้อวิธีใดก็ตาม มีการเติบโตสัมพัทธ์ด้านความสูงและน้ำหนักแห้งมากกว่ากล้าไม้ที่ไม่ปลูกเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งการปลูกเชื้อด้วย *Acaulospora* sp.1 50 สปอร์ และ *Acaulospora* sp.1 + Unknown sp.2 ชนิดละ 25 สปอร์ สามารถทำให้กล้าไม้มีการเติบโตสัมพัทธ์ด้านความสูงและน้ำหนักแห้งมากกว่ากล้าไม้ที่ไม่ปลูกเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยทั้งสองวิธีนี้สามารถนำไปใช้ในการเพิ่มการเติบโตให้กับกล้าไม้ได้โดยให้ผลไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา หัวเชื้อ การเติบโต พะยูง ประดู่ป่าแดง

คำนำ

ไม้ต้นวงศ์ถั่ว (Fabaceous tree) หลายชนิดมีเนื้อไม้ที่มีลวดลายและสีสันสวยงาม อาทิ เช่น พะยูง ประดู่ แดง ชิงชัน เป็นต้น โดยทั่วไปไม้ต้นวงศ์ถั่วนิยมนำมาทำเฟอร์นิเจอร์ เครื่องกลึงแกะสลัก เครื่องดนตรี และเครื่องใช้ไม้สอยต่างๆ นับได้ว่าไม้ต้นวงศ์ถั่วนั้นเป็นพันธุ์ไม้ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ไม้ต้นวงศ์ถั่วมีจำนวนลดลงจากป่าธรรมชาติอย่างรวดเร็ว เนื่องจากถูกลักลอบตัดเพื่อส่งออกขายไปยังต่างประเทศ ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงส่งเสริมการผลิตกล้าไม้และปลูกสร้างสวนป่าเพื่ออนุรักษ์แหล่งพันธุกรรมไม้และนำไปปลูกทดแทนในพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม แต่พบปัญหากล้าไม้ดังกล่าวมีการเติบโตค่อนข้างช้า และมีอัตราการรอดตายต่ำ (สำนักส่งเสริมการปลูกป่า, 2557)

อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (arbuscular mycorrhiza) เป็นความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกัน (symbiotic association) ระหว่างรากับรากพืช โดยราช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้รากพืชมีการดูดซึมน้ำและแร่ธาตุอาหารได้ดีขึ้น ในขณะที่ราจะอาศัยในรากและได้รับอาหารจากพืชเพื่อใช้ในการเติบโตของราเอง (Brundrett *et al.,* 1996) ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถช่วยให้พืชมีความทนทานและเติบโตดีภายใต้สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น สภาวะแห้งแล้ง สภาพดินเค็ม นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันโรคพืชที่จะเข้าทำลายในระบบรากพืช (Smith and Read, 2008) ด้วยประโยชน์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเช่นนี้จึงถูกนำมาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ เพื่อใช้เพิ่มคุณภาพของกล้าไม้ให้มีการเติบโตและสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี

อย่างไรก็ตามการนำราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามาประยุกต์ใช้ในงานทางด้านไม้ป่าของประเทศไทยยังมีอยู่น้อยมาก มีไม้ป่าบางชนิดที่มีการศึกษาความหลากชนิดของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ได้แก่ กระถินณรงค์ เลี่ยน พะยูง ยูคาลิปตัส มะค่าโมง (ณัฐวรางคณ์, 2530) สัก (กิตติมา, 2541) กระถินเทพา (วีรวัตร, 2546) และกฤษณา (Chaiyasen *et al.,* 2014) แม้ว่าไม้ต้นวงศ์ถั่วหลายชนิดนั้นเคยมีรายงานความสัมพันธ์แบบอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาแล้ว แต่ยังไม่มีการนำมาประยุกต์ใช้อย่างจริงจัง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเติบโตของกล้าไม้วงศ์ถั่วบางชนิดในเรือนเพาะชำ โดยผลการศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์

กับการพัฒนาการผลิตกล้าไม้ต้นวงศ์ถั่วให้มีคุณภาพดี มีการเติบโตและทนแล้งได้เหมาะสมสำหรับนำไปปลูกในพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมต่อไป

อุปกรณ์ และวิธีการ

1. การเก็บตัวอย่างดินและแยกสปอร์ในดิน

สุ่มเก็บตัวอย่างดินบริเวณรอบๆ ราก (rhizosphere) บริเวณแปลงปลูกและดินถุงชำกล้าไม้ของไม้วงศ์ถั่ว 3 ชนิด ได้แก่ แปลงปลูกพะยูง (*Dalbergia cochinchinensis* Pierre) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) และแดง (Xylia xylocarpa Taub.) จากสถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา นำดินที่ได้มาแยกสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน ด้วยวิธี modified wet sieving method ตามหนังสือของ Brundrett *et al*. (1996) และ Sucrose centrifugation ของ Daniels and Skipper (1982) ทำโดยสุ่มตัวอย่างดินน้ำหนัก 4 กรัมในแต่ละตัวอย่าง นำมาล้างผ่านน้ำประปาบนตะแกรงที่มีรูขนาด 150, 75 และ 45 ไมโครเมตร วางซ้อนกันตามลำดับ ล้างดินจนสีของน้ำที่ไหลผ่านตะแกรงไม่เป็นสีของดิน จากนั้นนำดินที่ได้แต่ละตะแกรง ใส่ลงในหลอด centrifuge ปรับปริมาตรด้วยน้ำให้มีน้ำหนักเท่ากัน แล้วนำหลอด centrifuge ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 4,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบกำหนดแล้วจึงเทของเหลวส่วนด้านบนทิ้ง นำหลอด centrifuge มาเติมสารละลายซูโครสความเข้มข้นร้อยละ 50 ปรับปริมาตรให้เท่ากันทุกหลอด centrifuge แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงอีกครั้ง ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา รินของเหลวด้านบนที่มีสปอร์ของราบนกระดาษกรอง ทำการล้างสปอร์ของราผ่านน้ำปริมาณ 50 มิลลิลิตร จากนั้นเทสปอร์ลงบนแผ่นกระดาษกรองที่วางลงบนจานเลี้ยงเชื้อ แล้วนำไปศึกษาลักษณะทางสัณฐานสปอร์ของรา ภายใต้กล้อง Stereo Microscope

2. การศึกษาลักษณะทางลักษณะทางสัณฐานของสปอร์

นำสปอร์ที่ได้จากข้อ 1 วางบนสไลด์ ที่หยดด้วย Glycerol แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ นำมาศึกษาลักษณะรูปร่างภายนอกและภายในของสปอร์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์ Compound microscopic ซึ่งลักษณะที่พิจารณาได้แก่ สีของสปอร์ ขนาดของสปอร์ ลักษณะรูปร่างสปอร์ ลักษณะผิวสปอร์ ชั้นผนังของสปอร์ เป็นต้น ทำการจำแนกชนิดราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาตามรูปวิธาน (Key) ของ Schenck and Perez (1988); Monton and Benny (1990); Brundrett (1996); West Virginia University (2017) ทำการถ่ายรูปลักษณะสำคัญต่างๆ ของสปอร์ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาด้วยกล้องจุลทรรศน์ ถ่ายภาพที่กำลังขยายแตกต่างกัน โดยราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่ใช้เป็นหัวเชื้อในการศึกษาครั้งนี้มี 2 ชนิด คือ *Acaulospora* sp.1 และ Unknown sp.2 ซึ่งทั้งสองชนิดนี้เป็นชนิดที่พบว่ามีความหนาแน่นของสปอร์ในดินแปลงปลูกไม้พะยูง (*Dalbergia cochinchinensis* Pierre) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) และแดง (*Xylia xylocarpa* Taub.) เป็นจำนวนมากโดยพบว่ามีจำนวน 6 และ 49 สปอร์ต่อดิน 1 กรัม ซึ่งลักษณะของสปอร์อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีลักษณะดังต่อไปนี้

Acaulospora sp.1 ไม่พบการสร้าง sporocarp สร้าง azygospore เดี่ยวๆ ในดิน สปอร์มีรูปร่างกลม (globose) ขนาดเล็ก ไม่มีก้าน สีส้มทอง ผิวสปอร์เป็นปุ่มนูนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47.22 (-66.78) X 49.62 (-67.76) ไมโครเมตร ผนังสปอร์มี 1 กลุ่มมีความหนาโดยรวม 5.78-6.34 ไมโครเมตร ประกอบด้วย 3 โดยชั้นที่ 1 ผนังชั้นนอกสุด สีน้ำตาลปนเหลืองถึงน้ำตาลเข้ม ขอบผิวสปอร์เป็นปุ่มนูน หนา 1.10-1.75 ไมโครเมตร ถัดมาผนังชั้นที่ 2 สีเหลืองปนส้ม หนา 3.29-3.50 ไมโครเมตร และผนังชั้นที่ 3 เป็นผนังชั้นในสุด ผนังสปอร์ชั้นนี้มีสีทองสว่างโดดเด่นจากผนังสปอร์ชั้นอื่นๆ หนา 0.87-1.19 ไมโครเมตร ผนังสปอร์ทั้ง 3 ชั้นทำปฏิกิริยากับ Melzer's reagent แล้วเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล (Figure 1) สำหรับ Unknown sp.2 ไม่พบการสร้าง sporocarp สร้างสปอร์เดี่ยวๆ ในดิน สปอร์มีรูปร่างกลม (globose) กึ่งกลม (subglobose) สีดำปนน้ำตาลถึงสีดำ ผิวสปอร์เรียบ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 63.08

(-122.56) × 70.04 (-129.66) ไมโครเมตร ผนังสปอร์มีความหนาโดยรวม 2.34-3.18 ไมโครเมตร ผนังสปอร์มี 1 กลุ่ม ประกอบด้วย 2 ชั้น ชั้นที่ 1 เป็นชั้นนอกสุด สีดำปนเทา หนา 1.17-1.85 ไมโครเมตร ผนังชั้นที่ 2 เป็นผนังชั้นด้านใน มีสีใส หนา 1.17-1.33 ไมโครเมตร (Figure 2)

3. การเพิ่มปริมาณสปอร์ราเพื่อผลิตเป็นหัวเชื้อ

นำดินบริเวณพื้นที่เสื่อมโทรมรกร้างจากสถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา มาแยกเศษซากพืชต่างๆ ออก บดให้มีขนาดเล็กลง แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ ด้วยหม้อนึ่งความดันไอ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วนำมาผสมกับทรายอบฆ่าด้วยวิธีเดียวกัน โดยผสมในอัตราส่วน 3:1 โดยปริมาตร นำส่วนผสมของดินและทรายบรรจุลงในกระถางพลาสติกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 นิ้ว หลังจากนั้นใช้ forceps คีบสปอร์ของราชนิดเดียวกัน (*Acaulospora* sp.1 หรือ Unknown sp.2) ที่มีลักษณะสมบูรณ์เต่งตึง สีใส แวววาว ชนิดละ 50 สปอร์วางบนกระดาษกรองที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอ (autoclave) ทำการขุดหลุมเล็กๆ บริเวณใกล้โคนกล้าข้าวโพดอายุ 7 วัน แล้วทำการปลูกเชื้อให้แก่ข้าวโพด โดยใช้กระบอกฉีดน้ำฉีดน้ำให้สปอร์บนกระดาษกรองตกใกล้กับรากข้าวโพด หลังจากนั้นรดน้ำและดูแลกล้าข้าวโพดเป็นระยะเวลา 90 วัน จะได้หัวเชื้อของราสำหรับทดลองต่อไป

4. การเตรียมกล้าไม้

ชนิดของไม้วงศ์ถั่วที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ พะยูง ประดู่ป่า และแดง นำเมล็ดไม้แต่ละชนิดที่ขลิบเปลือกเมล็ดแล้วไปแช่น้ำนาน 16 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดไปวางในจานเลี้ยงเชื้อที่รองก้นจานด้วยกระดาษทิชชู่เปียก นาน 2-3 วัน จากนั้นจึงคัดเลือกเมล็ดที่มีรากงอกไปเพาะในกระบะทรายที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอ แล้วรดน้ำทุกวันเป็นเวลา 14 วัน จากนั้นทำการคัดเลือกกล้าไม้ที่แข็งแรงและมีความสูงสม่ำเสมอกันสำหรับใช้ในการทดสอบการปลูกเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

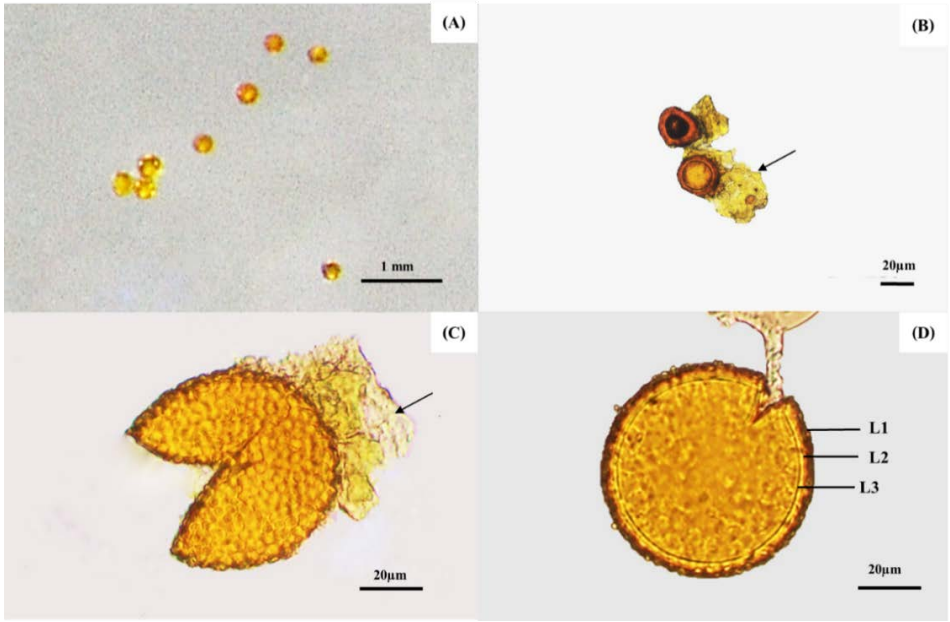


Figure 1 Spores characteristic of *Acaulospora* sp.1 (A) orange-yellow spores, (B) spore formed laterally on saccule (arrow), (C) crushed spores with collapsed saccule (arrow) and coarse warts (verrucose) on outer wall surface, (D) crushed spores with three walls (Layer 1 of spore wall =L1, Layer 2 of spore wall=L2, Layer 3 of spore wall=L3)

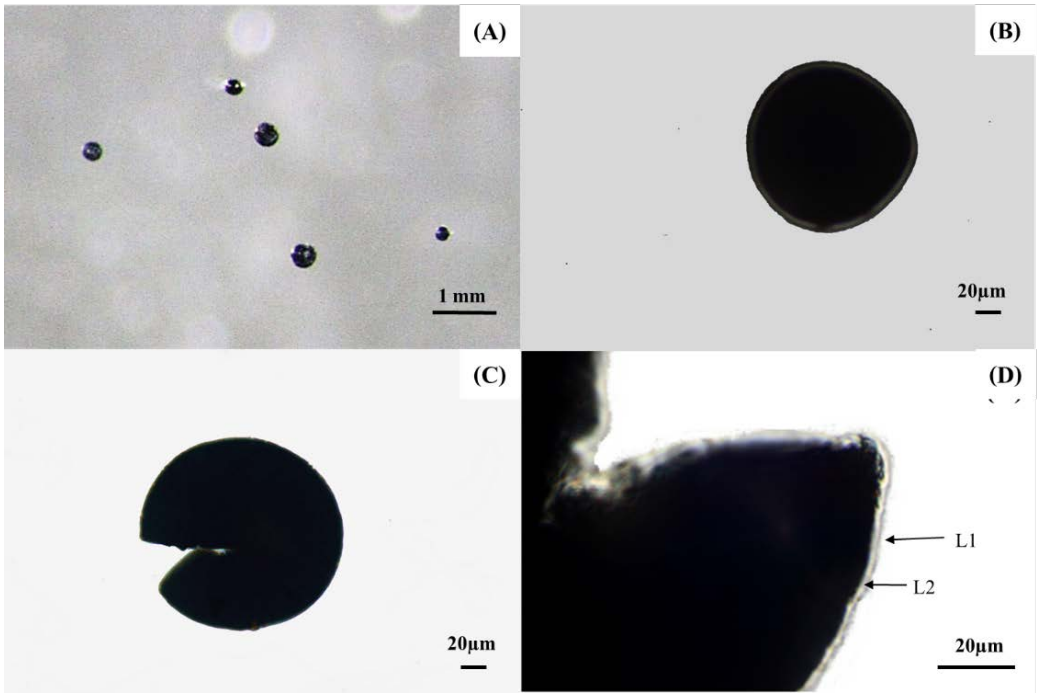


Figure 2 Spores characteristic of Unknown sp.2(A, B) black and globose spores, (C) crushed spores and smooth outer wall surface, (D) crushed spores with two layers (Layer 1 of spore wall =L1, Layer 2 of spore wall=L2)

5. การวางแผนการทดลองและการปลูกเชื้อรา อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาแก่กล้าไม้

ในการศึกษาครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบ 4x3 Factorial in Completely Randomized Design โดยมีปัจจัย 2 ปัจจัย กล่าวคือ ปัจจัยที่ 1 คือ วิธีการปลูกเชื้อมี 4 วิธี คือ 1) ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ *Acaulospora* sp.1 จำนวน 50 สปอร์ 2) ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ Unknown sp.2 จำนวน 50 สปอร์ 3) ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ *Acaulospora* sp.1 และ Unknown sp.2 ชนิดละ 25 สปอร์ และ 4) ไม่ปลูกเชื้อ (control) ปัจจัยที่ 2 คือ ชนิดของกล้าไม้ต้นวงศ์ถั่ว 3 ชนิด ได้แก่ พะยูง ประดู่ป่า และแดง โดยแต่ละทรีทเมนต์มี 5 ซ้ำ รวมเป็น 20 ต้นต่อชนิดไม้

การปลูกเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้แก่กล้าไม้ทำโดยขุดหลุมขนาดเล็กบริเวณกลางกระถางที่ใส่วัสดุปลูก ซึ่งมีส่วนผสมของ ทราย: พีทมอส (Peat moss): เวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) ในอัตราส่วน 1:2:7 ตามลำดับ (ธารรัตน์ และคณะ, 2558) โดยทรายและพีทมอสถูกนำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ทิ้งไว้จนกระทั่งมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้ว จากนั้นนำมาผสมกับเวอร์มิคูไลท์ ในอัตราส่วนดังกล่าวแล้วนำวัสดุปลูกไปบรรจุลงในกระถางพลาสติกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว

จากนั้นทำการย้ายกล้าไม้มาปลูกในหลุม โดยเริ่มจากการขุดหลุมเล็กๆ ตรงกลางกระถาง แล้วนำกล้าไม้ย้ายไปปลูกตรงกลางหลุม พร้อมกับนำสปอร์ราแต่ละชนิดที่วางบนกระดาษกรองไปไว้ใกล้บริเวณรากของกล้าไม้ที่สุด แล้วใช้กระบอกฉีดน้ำให้สปอร์ที่อยู่บนกระดาษตกลงในหลุมใกล้กับราก หลังจากนั้นกลบดินบริเวณโคนต้นแล้วรดด้วยน้ำดื่ม นำกล้าไม้ไปวางบนโต๊ะสูงจากพื้นดินประมาณ 50 เซนติเมตร ในเรือนเพาะชำกล้าไม้ ดูแลและรดน้ำด้วยน้ำกรอง วันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น ครั้งละ 40 มิลลิลิตร เป็นเวลา 7 เดือน

6. การวัดการเติบโตของกล้าไม้

วัดความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากโดยวัดครั้งแรกเมื่อเริ่มทำการการปลูกเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้แก่กล้าไม้และวัดอีกครั้งเมื่อกล้าไม้มีอายุครบ 7 เดือน จากนั้นนำกล้าไม้ออกจากกระถางและใช้กรรไกรตัดกิ่งตัดแยกส่วนเหนือดินออกจากส่วนราก ทำความสะอาดเศษวัสดุปลูกที่ติดมากับส่วนรากด้วยน้ำประปา จากนั้นนำไปชั่งหาน้ำหนักสด และนำกล้าไม้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ แล้วจึงนำไปชั่งหาน้ำหนักแห้งและคำนวณหาการเติบโตสัมพัทธ์ (relative growth rate, RGR) ด้านต่างๆ ได้แก่ ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก และน้ำหนักแห้งรวมของกล้าไม้ โดยมีการคำนวณตามสูตรของ Chiariello *et al.* (1989) และ Hunt (1990)

$$RGR = (LnW2 - LnW1) / (t2-t1)$$

เมื่อ RGR = ค่าเฉลี่ยของ relative growth rate ในช่วง t1-t2

Ln = natural logarithm

W2 = ความสูง หรือเส้นผ่านศูนย์กลาง หรือน้ำหนักแห้งรวมเดือนสุดท้าย (เซนติเมตร)

W1 = ความสูง หรือเส้นผ่านศูนย์กลาง หรือน้ำหนักแห้งรวมเดือนแรก (เซนติเมตร)

t2 = ค่ากำหนดช่วงเวลาเดือนสุดท้ายหรือจุดสิ้นสุดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

t1 = ค่ากำหนดช่วงเวลาเดือนแรกหรือจุดเริ่มต้นช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

หลังจากนั้นนำส่วนเหนือดินที่ผ่านการอบแห้งแล้วส่งไปวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยไนโตรเจนและโพแทสเซียมใช้วิธีการ dry combustion method ของ Jackson (1965) และฟอสฟอรัสใช้วิธีการ Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)

7. การตรวจหาเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

เมื่อกล้าไม้อายุ 7 เดือน สุ่มเก็บตัวอย่างรากของกล้าไม้แต่ชนิด จำนวน 30 ปลายราก รากละ 1 เซนติเมตร ล้างให้สะอาดนำไปย้อมสีตามวิธีของ Gemma and Koske (1988) โดยนำรากต้มใน potassium hydroxide (KOH) ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที นำรากล้างน้ำ 2 ครั้ง แล้วนำไปต้มในกรดไฮดรอกไซด์ (HCl) ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ล้างน้ำ 2 ครั้ง และแช่ใน acidic glycerin solution ที่ใส่สี trypan blue ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ นาน 20 นาที จากนั้นประเมินการเข้าอยู่อาศัยของราภายใต้กล้องจุลทรรศน์และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของราในรากตามวิธีของ Trouvelet *et al.* (1987) โดยการตรวจดูเส้นใย อาร์บัสคูล (arbuscule) และเวสสิเคิล (vesicle) ภายในราก ตามสูตร

$$\%M = (95n5 + 40n4 + 30n3 + 5n2 + n1) / N$$

เมื่อ %M = เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการเข้าอยู่อาศัยในราก

N = จำนวนชิ้นรากทั้งหมด

n5, n4,…n1 = จำนวนชิ้นรากที่ตรวจพบการเข้าอยู่อาศัยที่ระดับ 5,4,...1 ตามลำดับ

8. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลการเติบโตสัมพัทธ์ด้านต่างๆ ได้แก่ ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก และน้ำหนักแห้งรวม รวมทั้งปริมาณธาตุอาหารในกล้าไม้ และเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ Two-way ANOVA ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ค่าทางสถิติสำเร็จรูป SPSS แล้วนำค่าเฉลี่ยไปเปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละทรีทเมนต์ โดยใช้ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์

1. การเติบโตสัมพัทธ์ (Relative growth rate) ทางด้านความสูงและด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก

หลังจากนำค่าการเติบโตสัมพัทธ์ด้านความสูงและด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากไปวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ Two-way ANOVA (Table 1) พบว่าวิธีการปลูกเชื้อที่แตกต่างกัน 4 วิธี ทำให้การเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.341$) แต่การเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านความสูงของกล้าไม้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.046$) และเมื่อนำค่าเฉลี่ยการเติบโตไปเปรียบเทียบด้วย Duncan's Multiple-Range Test (Table 2) พบว่ากล้าไม้ที่ปลูกเชื้อด้วย *Acaulospora* sp.1 และ *Acaulospora* sp.1 + Unknown sp.2 มีความสูงมากกว่ากล้าไม้ที่ไม่ปลูกเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่วิธีการปลูกเชื้อทั้งสองวิธีนี้ไม่ทำให้กล้าไม้มีความสูงแตกต่างจากการปลูกเชื้อด้วย Unknown sp.2 (Table 2)

ชนิดของกล้าไม้ที่ต่างกันมีการเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.027$, $P < 0.001$ ตามลำดับ) โดยพบว่ากล้าไม้แดงมีการเติบโตทางด้านความสูงมากกว่ากล้าไม้อีกสองชนิด ในขณะที่การเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากของกล้าไม้ประดู่ป่านั้นมากกว่ากล้าไม้พะยูงและแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) ไม่พบปฏิสัมพันธ์เกิดขึ้นระหว่างวิธีการปลูกเชื้อและชนิดกล้าไม้ที่มีผลต่อความสูงที่เพิ่มขึ้น

ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่ากล้าไม้ที่มีการปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีการเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านความสูงมากกว่ากล้าไม้ที่ไม่ปลูกเชื้อ ทั้งนี้เนื่องจากราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยในการเพิ่มปริมาณดูดน้ำและแร่ธาตุอาหารให้แก่กล้าไม้ ส่งผลให้กล้าไม้มีการเติบโตได้ดี (Smith and Read, 2008) สอดคล้องกับการศึกษาของ กิตติมา (2541) และ Ptasad *et al.* (2012) พบว่าพืชที่มีราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่นั้นมีการเติบโตทางความสูงมากกว่าพืชที่ไม่มีการปลูกเชื้อ

2. น้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ของกล้าไม้

ทำการชั่งน้ำหนักแห้งของกล้าไม้ และสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งรวมกับผลคูณของเส้นผ่านศูนย์กลางคอรากยกกำลังสองกับความสูงของกล้าไม้พะยูง ประดู่ป่า และแดงอายุ 1 เดือน คือ $y = 0.7693x^{0.965}2$ ($r^2 = 0.6052$), $y = 1.0383x^{0.7650}$ ($r^2 = 0.7073$), $y = 1.2633\ x^{0.7308}$ ($r^2 = 0.8211$) ตามลำดับ ใช้สมการดังกล่าวหาน้ำหนักแห้งรวมของกล้าไม้ในแต่ละชนิดที่อายุ 1 เดือน แล้วคำนวณหาน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ของกล้าไม้และนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ Two-way ANOVA (Table 1) ซึ่งพบว่าวิธีการปลูกเชื้อที่แตกต่างกัน 4 วิธี ทำให้น้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ของกล้าไม้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.001$) ซึ่งเมื่อนำน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ของกล้าไม้แต่ละทรีทเมนต์มาเปรียบเทียบด้วย Duncan's new multiple range test (Table 2) พบว่าการปลูกเชื้อด้วย *Acaulospora* sp.1, Unknown sp. 2 และ *Acaulospora* sp.1 + Unknown sp. 2 ส่งผลให้กล้าไม้มีน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์มากกว่ากล้าไม้ที่ไม่ปลูกเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การปลูกเชื้อทั้ง 3 วิธีนี้ทำให้กล้าไม้มีน้ำแห้งสัมพัทธ์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) โดยผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ กิตติมา (2541), Oseni *et al.* (2010) และ Seema and Garampalli (2015) ซึ่งพบว่าน้ำหนักแห้งของกล้าที่มีการปลูกเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งมากกว่ากล้าไม้ที่ไม่ปลูกเชื้อ

ชนิดของกล้าไม้ที่ต่างกันมีน้ำหนักแห้งรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) โดยพบว่ากล้าไม้พะยูงมีน้ำหนักแห้งรวมสัมพัทธ์มากกว่ากล้าไม้อีกสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และกล้าไม้แดงมีน้ำหนักแห้งรวมสัมพัทธ์น้อยที่สุดดังแสดงใน Table 3

3. ปริมาณธาตุอาหารในต้นกล้าไม้วงศ์ถั่ว

เมื่อนำส่วนเหนือดินของกล้าไปวิเคราะห์แร่ธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ในกล้าไม้อายุ 7 เดือน นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ Two-way ANOVA (Table 1) พบว่าวิธีการปลูกเชื้อที่แตกต่างกัน 4 วิธี (Table 2) ทำให้ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ของกล้าไม้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.877, P = 0.148, P = 0.334) แต่อย่างไรก็ตามพบว่ากล้าไม้ที่มีการปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณแร่ธาตุอาหารพืชมากกว่ากล้าไม้ที่ไม่ปลูกเชื้อ สำหรับชนิดของกล้าไม้ที่ต่างกันนั้นมีปริมาณแร่ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.02, P = 0.01, P = 0.001 ตามลำดับ) โดยพบว่า กล้าไม้พะยูงมีปริมาณธาตุไนโตรเจนมากกว่ากล้าไม้แดงและประดู่ป่า ในขณะที่ประดู่ป่านั้นมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมากกว่ากล้าไม้อีกสองชนิดดังกล่าว (Table 3) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบร้อยละการเข้าอยู่อาศัยของราในรากของกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิดนี้ พบว่ารากของประดู่ป่ามีการเข้าอาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามากที่สุดด้วย ซึ่งราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่อาศัยในรากนั้นอาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของรากในการดูดซับปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

Table 1 ANOVA (F- and P-values) of the effect of plant species and inoculation method on growth parameters and mycorrhization.

Variable	Plant Species		Inoculum		Plant species x Inoculum	
	F	***P***	***F***	***P***	***F***	***P***
Mycorrhization	3.533	0.038	52.221	0.001	1.073	0.395
RGR of height	3.909	0.027	2.886	0.046	0.178	0.981
RGR of diameter at root collar	152.647	0.001	1.145	0.341	0.357	0.902
RGR of total dry weight	100.393	0.001	6.290	0.010	2.189	0.064
Nitrogen concentration	4.312	0.020	0.227	0.877	0.315	0.926
Phosphorus concentration	5.120	0.010	1.881	0.148	0.504	0.802
Potassium concentration	27.466	0.001	1.167	0.334	1.023	0.424

Table 2 Relative growth rate (RGR) of height, diameter, total dry weight and nutrient concentration of 7 month-old seedlings inoculated in different inoculation treatments.

Variable	Inoculation method			
	Control	***Acaulospora* sp.1**	**Unknown**	***Acaulospora* sp.1 + Unknown sp.2**
RGR of height	0.063±0.01^{b}	0.085±0.01^{a}	0.078±0.01^{ab}	0.082±0.01^{a}
RGR of diameter	0.100±0.01^{ns}	0.110±0.01^{ns}	0.099±0.01^{ns}	0.107±0.01^{ns}
RGR of total dry weight	0.203±0.01^{b}	0.247±0.01^{a}	0.234±0.01^{a}	0.231±0.01^{a}
N	1.59±0.16^{ns}	1.50±0.17^{ns}	1.55±0.16^{ns}	1.64±0.16^{ns}
P	0.14±0.03^{ns}	0.21±0.03^{ns}	0.35±0.03^{ns}	0.19±0.03^{ns}
K	1.76±0.17^{ns}	2.14±0.18^{ns}	1.94±0.17^{ns}	1.71±0.19^{ns}

Notes: ** The same letter in each row were not significantly different (Duncan's Multiple-Range Test, $P < 0.05$)
ns = non-significant different

Table 3 Relative growth rate (RGR) of height, diameter, total dry weight and nutrient concentration of 7 month-old seedlings inoculated in different plant species.

Variable	Plant Species		
	D. cochinchinensis	***P. macrocarpus***	***X. xylocarpa***
RGR of height	0.082±0.005^{ab}	0.065±0.005^{b}	0.083±0.005^{a}
RGR of diameter	0.104±0.004^{b}	0.155±0.004^{a}	0.053±0.004^{c}
RGR of total dry weight	0.293±0.009^{a}	0.261±0.007^{b}	0.147±0.007^{c}
N	1.92±0.158^{a}	1.32±0.131^{b}	1.57±0.135^{ab}
P	0.16±0.300^{b}	0.25±0.240^{a}	0.15±0.250^{b}
K	1.36±0.172^{b}	2.72±0.143^{a}	1.40±0.147^{b}

Notes: ** The same letter in each row were not significantly different (Duncan's Multiple-Range Test, P < 0.05)

4. ร้อยละการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในกล้าไม้วงศ์ถั่ว

เมื่อกล้าไม้พะยูง ประดู่ป่าและแดงมีอายุครบ 7 เดือน ได้สุ่มรากพืชเพื่อตรวจดูการเข้าอาศัยของราในรากของกล้าไม้ พบว่าทุกทรีทเมนต์มีการเข้าอาศัยของราในรากกล้าไม้มีร้อยละการเข้าอยู่อาศัยในราก ร้อยละ 13-55 เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ Two-way ANOVA พบว่ากล้าไม้ทั้ง 3 ชนิดที่ปลูกเชื้อด้วยวิธีการต่างกัน 4 วิธี มีร้อยละการเข้าอาศัยของราในรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.001$) ซึ่งเมื่อนำร้อยละการเข้าอาศัยของราในรากของกล้าไม้แต่ละทรีทเมนต์มาเปรียบเทียบด้วย Duncan's new multiple range test พบว่าการปลูกเชื้อ *Acaulospora* sp.1 เพียงชนิดเดียวมีร้อยละการเข้าอาศัยของราในรากของกล้าไม้มากกว่ากล้าไม้ที่ไม่ปลูกเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีร้อยละการเข้าอาศัยของราแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกเชื้อด้วย *Acaulospora* sp.1 + Unknown sp.2 และ Unknown sp.2 (Figure 3A) สำหรับชนิดของกล้าไม้ที่ต่างกันมีผลทำให้ร้อยละการเข้าอยู่อาศัยของราในรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.038$) โดยพบว่ากล้าไม้ประดู่ป่ามีร้อยละการเข้าอยู่อาศัยของรา (ร้อยละ45) ในรากสูงกว่ากล้าไม้พะยูง (ร้อยละ 35) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในรากของกล้าไม้ประดู่ป่ามีค่าร้อยละการเข้าอาศัยของราไม่แตกต่างจากรากของกล้าไม้แดง (Figure 3B)

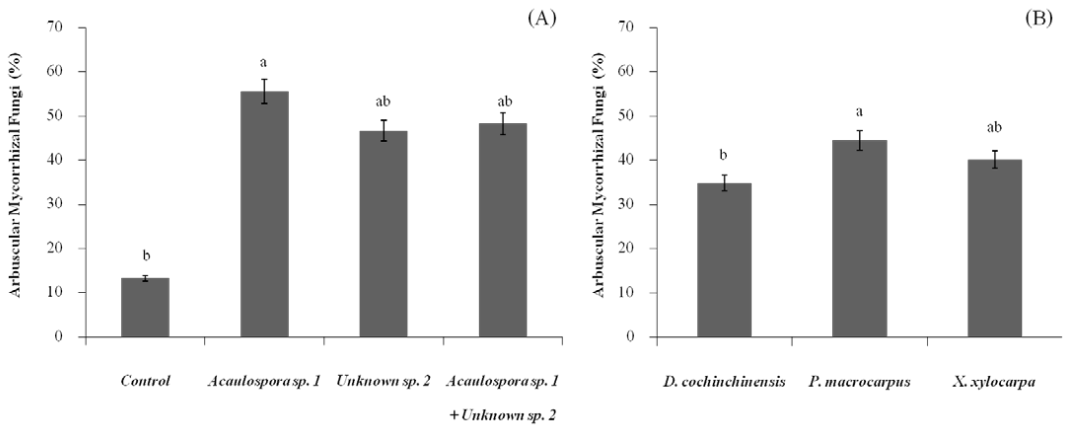


Figure 3 Percentage of mycorrhization of 7 month-old seedlings inoculated in different inoculation treatments (A) and different plant species (B); vertical lines on bars show standard deviations, the same letter on bars are not significantly different (Duncan's Multiple-Range Test, $P < 0.05$)

สรุป

กล้าไม้วงศ์ถั่วทั้ง 3 ชนิด มีร้อยละการเข้าอยู่อาศัยของราร้อยละ 13-55 โดยพบว่าการปลูกเชื้อด้วย *Acaulospora* sp.1 ทำให้กล้าไม้มีร้อยละการเข้าอาศัยของรามากที่สุด กล้าไม้ที่ปลูกเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีการเติบโตสัมพัทธ์ด้านความสูง และน้ำหนักแห้งมากกว่ากล้าไม้ที่ไม่ปลูกเชื้อ (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งวิธีการปลูกเชื้อด้วย *Acaulospora* sp.1 และ *Acaulospora* sp.1 + Unknown sp.2 ทำให้กล้าไม้มีการเติบโตสัมพัทธ์ด้านความสูงและน้ำหนักแห้งมากกว่ากล้าไม้ที่ไม่ปลูกเชื้อสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเพิ่มการเติบโตให้กับกล้าไม้ได้ทั้งสองวิธีโดยให้ผลไม่ต่างกัน แม้ว่าการปลูกเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาส่งผลให้กล้าไม้มีปริมาณธาตุอาหารของกล้าไม้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่ากล้าไม้ที่มีการปลูกเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีการดูดซับแร่ธาตุฟอสฟอรัสมากกว่ากล้าไม้ที่ไม่ปลูกเชื้อประมาณ 1-1.5 เท่า

คำนิยม

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2557-2558 (ร.ม. 14.57)

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กิตติมา รามัญวงษ์. 2541. **ความหลากชนิดราเวสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาของสักและผลที่มีต่อการเจริญเติบโตของกล้าสัก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐวรางคณ์ สงวนราชทรัพย์. 2530. **ชนิดและผลของเชื้อราเวสลิคูลา อาบัสคูลา ไมคอไรซา ต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้บางชนิด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธารรัตน์ แก้วกระจ่าง, บารมี สกลรักษ์, อุทัยวรรณ แสงวณิช และเจษฎา วงศ์พรหม. 2558. การตอบสนองด้านการเติบโตของกล้าไม้พะยอม (*Shorea roxburghii* G. Don) ต่อการปลูกเชื้อเห็ดเผาะหนัง, น. 66-74. *ใน* **การประชุมการป่าไม้ประจำปี พ.ศ. 2558.** คณะวนศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วีรวัตร นามานุศาสตร์. 2546. **ความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในกระถินเทพา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สำนักส่งเสริมการปลูกป่า. 2557. **การส่งเสริมการปลูกป่า.** กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.

Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available form of phosphorus in soil. **Soil Science** 59: 39-45.

Brundrett, M., N. Bougher, B. Dell, G. Grove and N. Malajczuk. 1996. **Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture.** ACIAR Monograph 32. ACIAR, Canberra.

Chaiyasen, A., J. Peter, W. Young, T. Neung, G. Pailboolya and S. Lumyong. 2014. Characterization of arbuscular mycorrhizal fungus communities of *Aquilaria crassna* and *Tectona grandis roots* and soils in Thailand plantations. **PLOS ONE.** 9 (11): 1-8.

Chiariello, N.R., H.A. Mooney and K. Williams. 1989. Growth, carbon allocation and cost of plant tissues, pp. 327-365. *In* R.W. Pearcy., J. Ehleringer., H.A. Mooney and P.W. Rundel., eds. **Plant Physiological Ecology: Field Method and Instrumentation.** Chapman and Hall, London.

Daniels, B.A. and H.D. Skipper. 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of

propagules from soil, pp. 29-36. *In* N.C. Schenck., eds. **Methods and Principle of Mycorrhizal Research.** American Phytopathological. USA.

Gemma, J.K. and R.E. Koske. 1988. Pre-infection interactions between roots and the mycorrhizal fungus Gigaspora gigantea: chemotropism of germ tubes and root growth response. **Transaction of the British Mycological Society** 91: 123-132.

Hunt, R. 1990. **Basic Growth Analysis: Plant Growth Analysis for Beginners.** Unwin Hyman, London.

Jackson, M.L. 1965. **Soil Chemical Analysis-Advance Course.** Department of Soils, University of Wisconsin, USA.

Morton, J.B. and G.L. Benny. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycocetes): A new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, *Acaulospora*ceae and Gigasporaceae, with an emeadation of Glomeceae. **Mycotaxon** 37: 471-491.

Oseni, T.O., N.S. Shongwe and M.T. Masarirambi. 2010. Effect of arbuscular mycorrhiza (AM) inoculation on the performance of tomato nursery seedlings in vermiculite. **International Journal of Agriculture and Biology** 12: 789-792.

Ptasad, K., A. Aggarwal, K. Yadav and A. Tanwar. 2012. Impact of different levels of superphosphate using arbuscular mycorrhizal fungi and *Pseudomonas fluorescens* on *Chrysanthemum indicum* L. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition** 12 (3): 451-462.

Schenck, N. C. and Y. Perez. 1988. Manual for the Identification of VM mycorrhiza fungi. International Culture Collection of VA Mycorrhizal fungi (INVAM), Folida.

Seema, H. S. and R. H. Gerampalli. 2015. Effect of Arbuscular Mycorrhizal fungi on growth and biomass enhancement in *Piper longum* L. (Piperaceae). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences** 4 (1): 11-18.

Smith, E.S. and D. Read. 2008. **Mineral nutrition, toxic element accumulation and water relations of arbuscular mycorrhizal plants. Mycorrhizal Symbiosis.** Academic Press, London.

Trouvelet, A., S. Gianinaazzi and V.Gianinazzi-Pearson. 1987. Screening of VAM fungi for phosphates tolerance under simulated field conditions, pp. 39. In D.M. Sylvia, L.L. Hung and J.H. Graham., eds. **Mycorrhzae in the *Next Decade:* Practical Applications and Research Priorities.** University of Florida, America.

West Virginia University. 2017. **FLOURISHING FUNGI**. Available Source: https://invam.wvu.edu/, May 26, 2017.

นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลของความเข้มแสงต่อการเติบโตและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของกล้าไม้ป่ายืนต้น

Effect of Light Intensity on Growth and Photosynthesis Related Variables of Forest Tree Seedlings

สุริวรรณ มูลจันทร์[1]
นิสา เหล็กสูงเนิน[1*]
สุวิมล อุทัยรัศมี[1]
บุญธิดา ม่วงศรีเมืองดี[2]

Suriwan Moonchun[1]
Nisa Leksungnoen[1*]
Suwimon Uthairatsamee[1]
Boontida Moungsrimuangdee[2]

[1] คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[2]ศูนย์การจัดการศึกษาเพื่อชุมชน วิทยาลัยโพธิวิชชาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
Bodhivijjalaya College Srinakharinwirot University, Bangkok 10110, Thailand
[*]Corresponding Author, E-mail: ffornsl@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 7 กรกฎาคม 2560 รับลงพิมพ์ 15 สิงหาคม 2560

ABSTRACT

Growth and related photosynthetic parameters were studies in three forest tree seedlings; *Hopea odorata* Roxb., *Dalbergia cochinchinensis* Pierre and *Tectona grandis* L.f.. Seedlings were transferred to 25 cm diameter pots filled with soil media and placed under different light intensities including 100% (light on canopy), 40% (light under canopy) and 10% (light above the ground forest) at the nursery in the Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok for 1 year. The objectives of the study were 1) to study growth, chlorophyll content, chlorophyll efficiency, and specific leaf area in different species and light intensities and 2) to manage the areas of plantation, degraded lands, or natural forest for increasing biodiversity based on this study.

All 3 species had the greatest growth rate under full light intensity (100%) and *T. grandis* also performed best under medium light intensity (40%). Growth in all species decreased at the low light intensity (10%). Chlorophyll, which is the essential element in photosynthesis, tended to decrease when light intensity increased while chlorophyll efficiency varied within species. Chlorophyll contents in *H. odorata* was higher than both of *D. cochinchinensis* and *T. grandis*. Moreover, low light intensity resulted in reduction in leaf thickness in order to acclimate

to capture more light. Although, growth rate of all species was low under the low light intensity, *D. cochinchinensis* showed the highest growth followed by *H. odorata* and *T. grandis*. Overall, *D. cochinchinensis* was recommended for planting under limited-light condition such as the natural forest covered with plant canopy. *H. odorata* was recommended to establish in the open area for restoration propose while *T. grandis* can be planted after *H. odorata* because the medium light is in favor for Teak growth.

Keywords: Light intensity, Growth, Chlorophyll, Specific leaf area, Ironwood, Siamese rosewood, Teak

บทคัดย่อ

การเติบโตและการวัดค่าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงในกล้าไม้ป่า 3 ชนิด ได้แก่ ตะเคียนทอง (*Hopea odorata* Roxb.) พะยูง (*Dalbergia cochinchinensis* Pierre) และสัก (*Tectona grandis* L.f) ที่ปลูกในกระถางพลาสติกสีดำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร ภายใต้ความเข้มแสงร้อยละ 100 (แสงเหนือเรือนยอด) ร้อยละ 40 (แสงภายใต้เรือนยอดร่มไม้ใหญ่) และร้อยละ 10 (แสงบนพื้นป่า) บริเวณโรงเรือนคณะวนศาสตร์ เป็นระยะเวลา 1 ปี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาการเติบโต ปริมาณและประสิทธิภาพของคลอโรฟิลล์ที่ส่งผลโดยตรงต่อการสร้างอาหารของพืช และพื้นที่ผิวใบจำเพาะที่เกิดจากการปรับตัวภายใต้ความเข้มแสง 3 ระดับ เปรียบเทียบในกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิด และ 2) นำข้อมูลมาเป็นพื้นฐานในการจัดการพื้นที่ปลูกป่าเพื่อฟื้นฟูธรรมชาติจากการถูกทำลาย หรือการปลูกเสริมในพื้นที่ที่ต้องการความหลากหลายทางธรรมชาติ

กล้าไม้ทั้ง 3 ชนิดมีอัตราการเติบโตสูงที่สุดเมื่อได้รับแสงเต็มที่ (ร้อยละ 100) และสักยังสามารถเติบโตในสภาพความเข้มแสงปานกลาง (ร้อยละ 40) โดยกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิดมีการเติบโตที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเข้มแสงต่ำสุด (ร้อยละ 10) ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มแสงสูงในทุกชนิด ในขณะที่ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงนั้นผันแปรภายในชนิด โดยตะเคียนทองมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าพะยูงและสัก แต่คลอโรฟิลล์ในกล้าสักมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงกว่ากล้าพะยูงและตะเคียนทอง และเมื่อพิจารณาพื้นที่ผิวใบจำเพาะ พบว่า ใบปรับตัวให้บางลงเพื่อรับแสงเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มแสงลดลง โดยรวมแล้วกล้าพะยูงมีการเติบโตดีกว่าตะเคียนทองและสักเมื่ออยู่ในสภาพแสงที่จำกัดมาก (ร้อยละ 10) จึงเหมาะที่จะปลูกในพื้นที่ เพื่อเพิ่มความหลากหลายในพื้นที่ที่มีไม้อื่นขึ้นอยู่ก่อนแล้วอย่างหนาแน่น ในขณะที่ตะเคียนทองนั้นเหมาะที่จะปลูกเพื่อฟื้นฟูพื้นที่ที่ถูกทำลายและเปิดโล่ง ส่วนสักเหมาะที่จะปลูกภายหลังการปลูกตะเคียนทอง ทั้งนี้เพื่อให้มีร่มเงาเล็กน้อยซึ่งเหมาะสมกับการเติบโตของสัก

คำสำคัญ: ความเข้มแสง การเติบโต คลอโรฟิลล์ พื้นที่ผิวใบจำเพาะ ตะเคียนทอง พะยูง สัก

คำนำ

การเติบโตของพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในซึ่งเป็นกระบวนการต่างๆ ของพืชแต่ละชนิด โดยขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรมและปัจจัยภายนอกคือ สภาพแวดล้อมในบริเวณที่อยู่อาศัยของพืช ซึ่งแสงเป็นปัจจัยแวดล้อมหนึ่งที่สำคัญที่ส่งผลต่อการเติบโตของพืช

เนื่องจากแสงเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อผลิตอาหารให้กับส่วนต่างๆ ของพืช (ลิลลี่และคณะ, 2552) โดยพืชแต่ละชนิดมีความต้องการความเข้มแสงในการเติบโตที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการปรับตัวทางสรีรวิทยาและสัณฐานวิทยาของพืช (Pinho *et al*., 2012; Böhnke and Bruelheide, 2013) คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุสำคัญในการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ผันแปรไปตามความเข้มแสงและขึ้นอยู่กับชนิดพืช เช่นจากการศึกษาของ Phonguodume *et al.* (2012) เรื่องผลของความเข้มแสงในไม้ผลัดใบเขตร้อน 5 ชนิดพบว่า ตำแหน่งของใบที่ได้รับแสงมีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ที่แตกต่างกันโดย กระบาก (*Anisoptera costata*), มะค่าโมง (*Afzelia xylocarpa*), ยางนา (*Dipterocarpus alatus*) มีค่าน้อยเมื่ออยู่ตำแหน่งด้านล่าง แต่ พะยูง (*Dalbergia cochinchinensis*) และตะเคียนทอง (*Hopea odorata*) กลับมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีการปรับตัวของพื้นที่ผิวใบจำเพาะ (พื้นที่ผิวใบต่อน้ำหนักใบแห้ง) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยส่วนใหญ่พืชที่ทนร่มจะมีค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะต่ำและพืชที่ไม่ทนร่มมีค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะสูง (Reich *et al*., 2003) โดยการปรับตัวของพืชเพื่อให้สามารถอยู่ในที่ร่มได้ จากการศึกษาการปรับตัวของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงต่อการเติบโตของ Evans and Poorter (2001) พบว่าค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะของไม้ 10 ชนิดที่ทำการศึกษามีค่าเพิ่มขึ้น 2 เท่าเมื่อปริมาณแสงลดลง และจากการศึกษาค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะของหญ้าเขตร้อนในประเทศบราซิลมีค่าเพิ่มขึ้นที่ความเข้มแสงร้อยละ 30 (Filho, 2000) และมีการปรับตัวของพื้นที่ผิวใบจำเพาะที่มีค่าเพิ่มขึ้นเพื่อช่วยให้ไม้หนุ่มไม่ผลัดใบ 8 ชนิดสามารถอยู่รอดได้ภายใต้ร่มเงาในป่าเขตอบอุ่นไม่ผลัดใบ (Lusk, 2002) การเติบโตของไม้ยืนต้นนั้นมีความสัมพันธ์กับการสร้างเนื้อไม้ ซึ่งไม้ป่าที่นิยมนำเนื้อไม้มาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในประเทศไทย ได้แก่ ตะเคียนทอง (*Hopea odorata* Roxb.) พะยูง (*Dalbergia cochinchinensis* Pierre) และสัก (*Tectona grandis* Linn.f.) โดยนิยมนำมาใช้ก่อสร้างและทำเครื่องเรือน ซึ่งในปัจจุบันความต้องการเนื้อไม้เหล่านี้มีมาก แต่กำลังผลิตยังไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงควรส่งเสริมให้มีการปลูกเพื่อใช้เนื้อไม้ในพื้นที่สวนป่าหรือพื้นที่เสื่อมโทรมร่วมกับไม้โตเร็วอื่นๆ เพื่อให้เกิดการทดแทนเป็นป่าธรรมชาติต่อไปในอนาคตเป็นการเพิ่มความหลากหลายทางชนิดพรรณ

การศึกษาการเติบโตของพืชภายใต้สภาพแสงที่แตกต่างกันในขณะที่เป็นกล้าไม้อยู่ภายใต้ร่มไม้ใหญ่จนถึงการพัฒนาเป็นไม้หนุ่มสามารถแก่งแย่งแสงได้ ในตะเคียนทอง พะยูง และสักนั้นยังมีอยู่น้อย โดยการศึกษาส่วนใหญ่เป็นไม้เศรษฐกิจ *Acacia mangium, A. auriculiformis*), ไม้ป่าปลูก (*Hopea. helferi* และ *H. odorata*) และไม้ต่างประเทศ(*Dyera costulata, Dipterocarpus baudii, Neobalanocarpus heimii* และ *Pouteria sp.*) (สาพิศ, 2545; Lee *et al*., 2000; Kenzo *et al*., 2008; Phonguodume *et al*., 2012) ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาการเติบโต ปริมาณและประสิทธิภาพของคลอโรฟิลล์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และพื้นที่ผิวใบจำเพาะที่เกิดจากการปรับตัวภายใต้สภาพความเข้มแสงที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ความเข้มแสงร้อยละ 100 (ความเข้มแสงในระดับเรือนยอดที่ไม่มีร่มไม้บดบัง) ความเข้มแสงร้อยละ 40 (ปริมาณแสงสว่างสัมพัทธ์โดยประมาณที่ระดับ 1 เมตรเหนือพื้นดินในพื้นที่ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง) และความเข้มแสงร้อยละ 10 (ปริมาณแสงสว่างสัมพัทธ์โดยประมาณที่ระดับพื้นดินและระดับ 1 เมตรเหนือพื้นดินในพื้นที่ป่าดิบแล้ง) (สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้ และพันธุ์พืช, 2556) และ 2) เพื่อนำข้อมูลมาเป็นพื้นฐานในการจัดการพื้นที่ปลูกป่าเพื่อเศรษฐกิจ ปลูกเพื่อปลูกป่าฟื้นฟูธรรมชาติจากการถูกทำลาย หรือการปลูกเสริมในพื้นที่ที่ต้องการความหลากหลายทางธรรมชาติ

อุปกรณ์ และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

บริเวณโรงเรือนในคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยทำการศึกษาตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2559 ซึ่งมีข้อมูลสภาพอากาศแสดงดัง Figure 1 สำหรับการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ชุด ตามระดับความเข้มแสง 3 ระดับ โดยแต่ละชุดการทดลองมีขนาด 1.5 × 2 เมตร ประกอบด้วย ความเข้มแสงร้อยละ 100 (แสงเหนือเรือนยอด) ร้อยละ 40 (แสงภายใต้เรือนยอดร่มไม้ใหญ่) และร้อยละ 10 (แสงบนพื้นป่า)

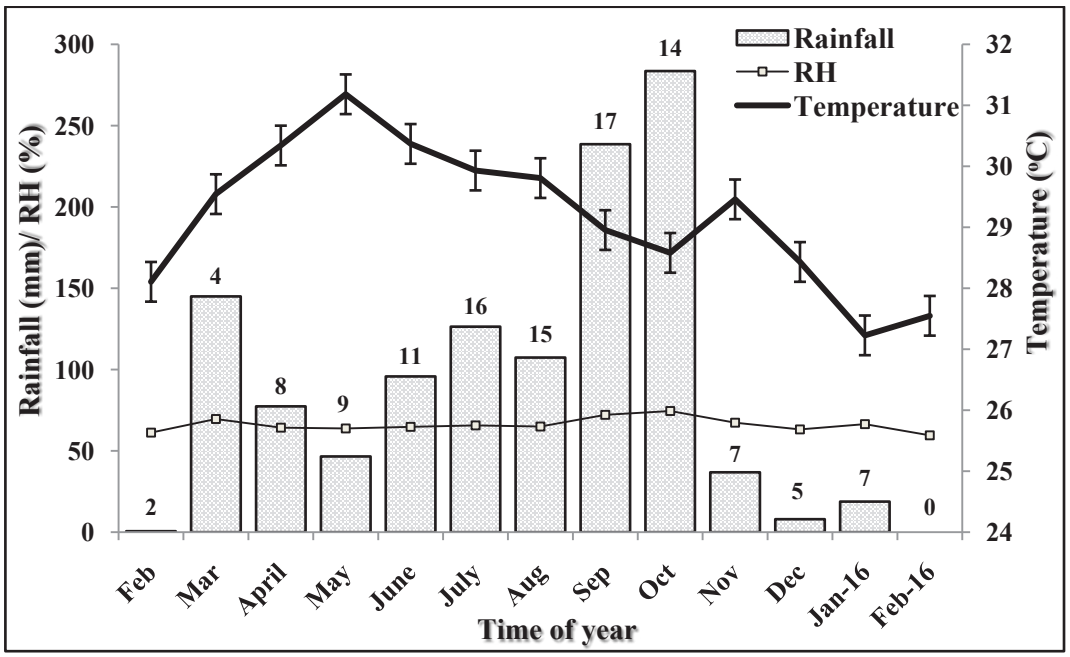


Figure 1 Rainfall amounts (mm) (bar), days of rain (number in each bar), mean of humidity (%) (solid line with a square) and temperature (C°) (solid line) from February 2015 to February 2016 at the Faculty of Forestry, Kasetsart University.

ออกแบบโรงเรือนโดยควบคุมโรงเรือนให้มีความเข้มแสงต่างกัน โดยคลุมด้วยตาข่ายกรองแสงพลาสติกสีดำ ที่มีปริมาณการกรองแสงที่แตกต่างกัน ดังนี้

1) ความเข้มแสงร้อยละ 100 ไม่มีการใช้ตาข่ายกรองแสง โดยให้ได้รับแสงตามธรรมชาติ

2) ความเข้มแสงร้อยละ 40 ใช้ตาข่ายกรองแสงร้อยละ 60 เพื่อให้ได้รับปริมาณแสงร้อยละ 40 ของแสงตามธรรมชาติ

3) ความเข้มแสงร้อยละ 10 ใช้ตาข่ายกรองแสงร้อยละ 80 ซ้อนทับกัน 2 ชั้น เพื่อให้ได้รับปริมาณแสงร้อยละ 10 ของแสงตามธรรมชาติ

ใช้ตาข่ายกรองแสงกั้นพื้นที่ทั้งด้านบนและด้านข้างโดยรอบ เพื่อให้ปริมาณแสงที่ได้รับเป็นไปตามที่กำหนดไว้ ทำการวัดปริมาณความเข้มแสง (Lux) ในแต่ละพื้นที่ทดลองด้วยเครื่องมือวัดแสงและอุณหภูมิอัตโนมัติ (Model HOBO UA-002-64, Pendant Temp/Light, 64 K, Onset Computer Cooperation, Bourne, MA, USA) จำนวน 3 เครื่องในแต่ละความเข้มแสง ตั้งค่าวัดทุกๆ 1 นาที เป็นเวลาต่อเนื่อง 1 เดือนก่อนการศึกษา เพื่อให้ได้ความเข้มแสงที่มีค่าใกล้เคียงกับระดับที่กำหนดไว้ คือ ความเข้มแสงร้อยละ 40 มีค่าร้อยละ 41.32 ± 0.81 และความเข้มแสงร้อยละ 10 มีค่าร้อยละ 10.16 ± 0.45

การเตรียมกล้าไม้

จัดหากล้าไม้แต่ละชนิดให้มีขนาดใกล้เคียงกัน ได้แก่ ตะเคียนทอง มีความสูงประมาณ 30 -50 เซนติเมตร พะยูง มีความสูงประมาณ 30 -50 เซนติเมตร และสัก มีความสูงประมาณ 70 – 100 เซนติเมตร จากแหล่งเดียวกันคือ จังหวัดปทุมธานี ทำการย้ายกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิด ลงปลูกในกระถางพลาสติกสีดำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร เติมดินผสมสำเร็จพร้อมปลูกที่มีส่วนผสมของดินขุยไผ่ ใบก้ามปู และมะพร้าวสับ ใส่ปุ๋ยเม็ดละลายช้า สูตร 14-14-14 (Osmocote Suffolk, UK) ปริมาณ 200 กรัมในทุกกระถาง จากนั้นนำกระถางสุ่มวางกระจายบนโต๊ะเหล็กที่สูง 30 เซนติเมตรเหนือพื้นดินในโรงเรือน โดยแต่ละระดับความเข้มแสงมีกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิด ชนิดละ 7 ต้น รวมทั้งหมด 63 ต้น

การเก็บข้อมูล

1. การวัดการเติบโต

ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง และจำนวนใบของกล้าไม้ทุกต้นก่อนทำการศึกษาเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558 และทำการวัดอีกครั้งในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 เพื่อวิเคราะห์การเติบโตสัมพัทธ์ (relative growth rate) รายปีของแต่ละต้นภายใต้สภาพแสงที่แตกต่างกัน

การวัดการเติบโตแบ่งออกเป็น 1) การเติบโตทางด้านความโต (diameter) ที่ระดับความสูงจากคอราก 5 เซนติเมตร 2) การเติบโตทางด้านความสูง ตั้งแต่โคนจนถึงปลายยอด และ 3) การเพิ่มปริมาณใบของแต่ละชนิด ซึ่งการเติบโตสัมพัทธ์คำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{การเติบโตสัมพัทธ์ (\%)} = \frac{\text{การเติบโตในเดือนกุมภาพันธ์ 2559} - \text{การเติบโตในเดือนกุมภาพันธ์ 2558}}{\text{การเติบโตในเดือนกุมภาพันธ์ 2558}} \times 100$$

2. การเก็บข้อมูลสรีรวิทยาของพืชแต่ละระดับความเข้มแสง

ทำการเก็บข้อมูลทางสรีรวิทยาทุกเดือน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2559 (ระยะเวลา 12 เดือน) และนำค่ามาเฉลี่ยเพื่อลดความผันแปรของสภาพอากาศรายเดือนในรอบปี

2.1 วัดปริมาณคลอโรฟิลล์

วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ (Chlorophyll content) โดยใช้เครื่อง SPAD (Model SPAD-502, Konica Minolta Holdings Co. Ltd., Tokyo, Japan) โดยอาศัยหลักการวัดการดูดกลืนคลื่นแสงในช่วงคลื่นสีแดงและอินฟราเรดและทำการคำนวณออกมาเป็นสัดส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ หน่วยที่วัดได้ คือ SPAD ทำการวัดในช่วงเวลา 8.00- 10.00 น. โดยสุ่มวัดใบที่สมบูรณ์และโตเต็มที่ในแต่ละต้นทั่วทั้งต้นเพื่อให้เป็นตัวแทนของใบที่มีอายุแตกต่างกัน โดยแต่ละต้นเลือก 10 ใบ และแต่ละใบทำการวัดให้ทั่วพื้นที่ใบจำนวน 10 ครั้งแล้วนำมาเฉลี่ยเป็นตัวแทนแต่ละใบ ทำการวัดทั้ง 7 ต้น ในแต่ละชนิด และในแต่ละความเข้มแสง แล้วนำค่าเฉลี่ยที่ได้ในรอบปีมาเปรียบเทียบ

2.2 วัดประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสง

วัดค่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photochemistry efficiency) ด้วยเครื่อง Chlorophyll fluorometer (Model OS-30p+, Hand Held, Opti-Sciences, Inc., USA) ด้วยวิธีการ JIP test โดยใช้ดัชนีชี้วัดการทำงานโดยรวม (performance index: PI_{ABS}) ไม่มีหน่วย (Unitless) ในการศึกษาในครั้งนี้ ทำการวัดในช่วงก่อนมีแสงอาทิตย์เพื่อช่วยลดความผันแปรของแสงที่จะส่งผลต่อการวัดค่านี้ สุ่มเลือกใบที่โตเต็มที่และอายุใบไม่แก่หรืออ่อนจนเกินไป โดยเลือกใบที่ 2 หรือ 3 จากยอด ใช้คลิปที่มากับตัวเครื่องมือหนีบใบพืชเพื่อให้บริเวณนั้นไม่ได้รับแสง ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมก่อนการให้แสงเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นใช้เครื่องมือที่มีส่วนให้แสงในช่วงคลื่นที่พืชใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงซึ่งพืชจะถูกกระตุ้นและเกิดกระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน และทำการวัดค่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์

ด้วยแสง สุ่มวัด 2 ใบจากแต่ละต้น (ทั้งหมด 7 ต้น) ในแต่ละชนิดและระดับความเข้มแสง จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้แสงของคลอโรฟิลล์เพื่อเปรียบเทียบ

3. การศึกษาพื้นที่ผิวใบจำเพาะ(SpecificLeafArea)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (12 เดือน) ทำการเก็บใบที่โตเต็มที่ประมาณใบที่ 2-3 จากส่วนยอด ของกล้าไม้แต่ละชนิดในแต่ละระดับความเข้มแสง ต้นละ 1 ใบ จำนวน 7 ต้น ใส่ในถุงกระดาษ เพื่อนำมาหาขนาดพื้นที่ใบ ด้วยโปรแกรม ImageJ และชั่งน้ำหนักใบสด (Model XT620M, ทศนิยม 3 ตำแหน่ง, Series 320XT, Precisa Gravimetrics AG, Dietikon, Switzerland) จากนั้นนำตัวอย่างใบอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ ชั่งหาน้ำหนักแห้งของใบ โดยค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะ สามารถคำนวณได้ดังนี้ (Cornelissen *et al*., 2013)

$$\text{พื้นที่ผิวใบจำเพาะ (ตารางเซนติเมตร/กรัม)} = \frac{\text{พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)}}{\text{น้ำหนักแห้ง (กรัม)}}$$

วิเคราะห์ผลทางสถิติ

การศึกษาครั้งนี้เป็นแบบ Two way factorials โดยมีปัจจัยหลัก (main factors) 2 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดพืช 3 ชนิด และระดับความเข้มแสง 3 ระดับ โดยวิธีสุ่มแบบทั่ว (completely randomized design) ที่มีจำนวนต้น 7 ต้น (จำนวนซ้ำแตกต่างกันตามวิธีที่อธิบายในแต่ละหัวข้อ) ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) ด้วยโปรแกรม SAS version 9.0 (SAS Institution Inc., NC, USA) ด้วย GLM procedure และเปรียบเทียบความแตกต่างเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธี Least Square Mean (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

ผลและวิจารณ์

อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของกล้าไม้

อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของกล้าไม้ตะเคียนทอง พะยูง และสัก แบ่งออกเป็น การเติบโตทางด้านความโตสัมพัทธ์ (Figure 2) การเติบโตทางด้านความสูงสัมพัทธ์ (Figure 3) และการเพิ่มปริมาณใบสัมพัทธ์ (Figure 4) ความโตและความสูงสัมพัทธ์มีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกัน โดยความเข้มแสงที่สูงส่งผลให้กล้าไม้มีความโตและความสูงมากกว่ากล้าไม้ในที่ร่ม ตะเคียนทองและพะยูงนั้นมีความสูงและความโตสัมพัทธ์สูงที่สุดที่ระดับความเข้มแสงสูง (ร้อยละ 100) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Phonguodume *et al.* (2012) ที่พบว่าพะยูง มีการเติบโตดีที่ความเข้มแสงสูง ส่วนความเข้มแสงปานกลางถึงต่ำนั้นส่งผลให้การเติบโตลดลง ส่วนสักในการศึกษาครั้งนี้มีการเติบโตดีในแสงระดับปานกลางถึงสูง ในขณะที่แสงระดับต่ำนั้นสักมีการเติบโตลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง ความสูงสัมพัทธ์ของกล้าไม้ทั้งสามชนิดมีความผันแปรค่อนข้างสูง ส่งผลให้โดยรวมแล้วแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 3) แต่อย่างไรก็ตาม กล้าไม้ตะเคียนทองที่ความเข้มแสงร้อยละ 10 มีความสูงสัมพัทธ์น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับความเข้มแสงอื่นๆ และเมื่อเทียบกับพะยูงและสัก ซึ่งผลครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของส่วนปลูกป่าภาคเอกชน กรมป่าไม้ (2553) ที่สรุปว่า ตะเคียนทองเป็นพืชที่ต้องการแสงและมีการเติบโตช้าในที่ความเข้มแสงต่ำ ซึ่งระดับแสงที่ร้อยละ 40 นั้นถือว่าเพียงพอสำหรับตะเคียนทองในการเติบโตด้านความสูง โดยมีความสูงสัมพัทธ์ที่ใกล้เคียงกับกล้าตะเคียนทองที่ได้รับแสงเต็มที่ (ร้อยละ 100)

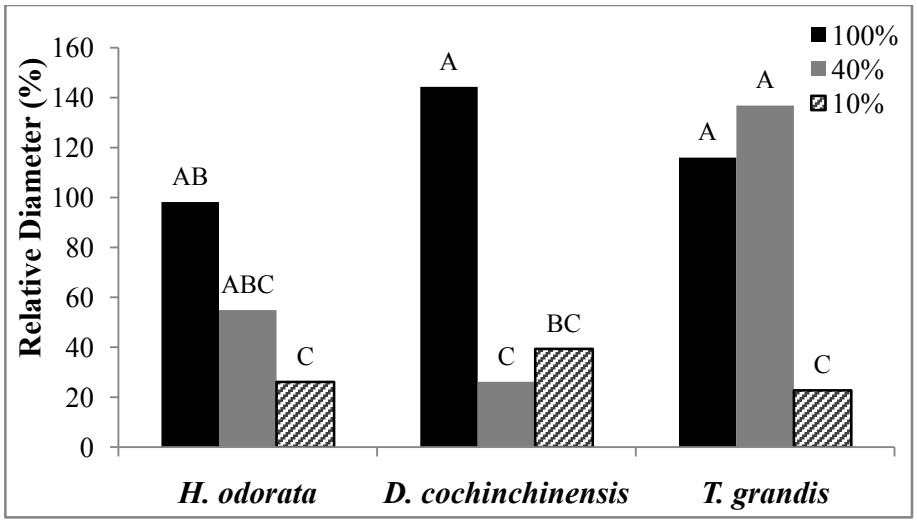


Figure 2 Relative diameter of *H. odorata*, *D. cochinchinensis* and *T. grandis* seedlings under different lightintensities (100, 40 and10 %).

Remark: The letters above the bars showed significant difference at $P \leq 0.05$

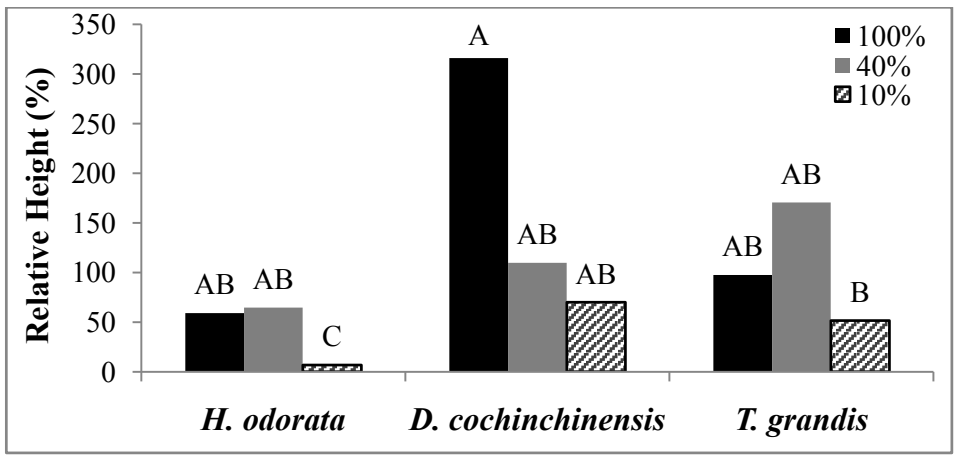


Figure 3 Relative height of *H. odorata*, *D. cochinchinensis* and *T. grandis* seedlings under different lightintensities (100, 40 and10 %).

Remark: The letters above the bars showed significant difference at $P \leq 0.05$

อย่างไรก็ตามในช่วงแรกของกล้าไม้และในระยะไม้หนุ่มควรมีการอนุบาลภายใต้เรือนยอดก่อนที่จะเปิดให้ได้รับแสงเต็มที่ แม้ว่าในพะยูงและสักจะมีความสูงสัมพัทธ์แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พะยูงมีแนวโน้มของการเติบโตทางด้านความสูงสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเมื่อสภาพความเข้มแสงเพิ่มขึ้น และมีความสูงสัมพัทธ์มากที่สุดที่ความเข้มแสงสูงสุด ในขณะที่สักมีความสูงสัมพัทธ์สูงที่สุดที่ความเข้มแสงปานกลาง (ร้อยละ 40) ซึ่งน้อยกว่าปริมาณแสงที่ วิลาวัณย์และวรพรรณ (2556) ระบุไว้ว่าความเข้มแสงที่เหมาะต่อการเติบโตและการพัฒนาของสักอยู่ระหว่างร้อยละ 75-90 ซึ่งเป็นไปได้ว่าความเข้มแสงที่กล่าวถึงอาจหมายถึงต้นสักที่โตเต็มที่ อย่างไรก็ตามกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิด เมื่ออยู่ในสภาพที่มีความเข้มแสงต่ำ ความสูงสัมพัทธ์มีแนวโน้มลดลง

ปริมาณใบสัมพัทธ์ของกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิดภายใต้ความเข้มแสงต่างระดับกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 4) โดยตะเคียนทองมีปริมาณ

ใบสัมพัทธ์ต่ำที่สุดเมื่อปริมาณแสงร้อยละ 10 ในขณะที่พะยูงมีปริมาณใบสัมพัทธ์สูงที่สุด อย่างไรก็ตามกล้าพะยูงและสักมีปริมาณใบสัมพัทธ์ที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษาของ Phonguodume *et al.* (2012) ที่ศึกษาพะยูงและตะเคียนทองพบว่า พะยูงจะมีปริมาณใบสูงขึ้นเมื่อเติบโตภายใต้ความเข้มแสงสูง เช่นเดียวกับตะเคียนทองที่มีปริมาณใบสูงสุดที่สภาพความเข้มแสงสูง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้

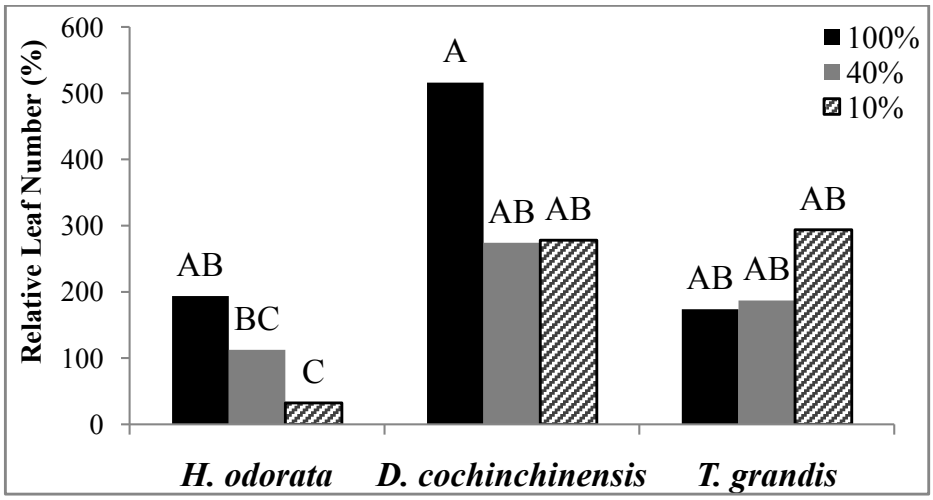


Figure 4 Relative leaf number of *H. odorata*, *D. cochinchinensis* and *T. grandis* seedlings under different lightintensities (100, 40 and10 %).

Remark: The letters above the bars showed significant different at $P \leq 0.05$

การเติบโตสัมพัทธ์ของกล้าไม้ตะเคียนทอง พะยูง และสัก แสดงให้เห็นว่ากล้าไม้ทุกชนิดเติบโตได้ดีที่ความเข้มแสงสูงสุดที่ไม่มีอะไรมาบดบัง แต่ในกล้าสักนั้นภายใต้ความเข้มแสงร้อยละ 40 มีการเติบโตที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับความเข้มแสงที่สูง เมื่อพิจารณาที่ความเข้มแสงร้อยละ 10 ซึ่งมีสภาพร่มและได้รับแสงจำกัด กล้าไม้พะยูงมีการเติบโตสัมพัทธ์ที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงแนะนำให้ปลูกในพื้นที่ใต้เรือนยอดไม้ใหญ่ที่มีแสงจำกัด

ลักษณะทางสรีรวิทยาของกล้าไม้

ลักษณะทางสรีรวิทยาในการศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น ปริมาณคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll content) (Figure 5) ประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงของคลอโรฟิลล์ (Performance Index) (Figure 6) และพื้นที่ผิวใบจำเพาะ (Specific Leaf Area) (Figure 7) โดยปริมาณคลอโรฟิลล์มีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อความเข้มแสงเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้อง Dias *et al*. (2007) ที่ศึกษาใบพืชในวงศ์มะม่วง (Anacardiaceae) (*Lithraea molleoides* (Vell.)) พบว่าใบในที่ร่มมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าใบในที่แจ้งอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับแสงเมื่อต้องอยู่ในสภาพที่มีความเข้มแสงจำกัด (สาพิศ, 2545) การศึกษาครั้งนี้พบว่า ตะเคียนทองมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุด รองลงมาคือสัก และพะยูงตามลำดับ (Figure 5) โดยกล้าไม้ตะเคียนทองที่ได้รับแสงเต็มที่จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลับไม่พบความแตกต่างนี้ในกล้าพะยูงและสัก

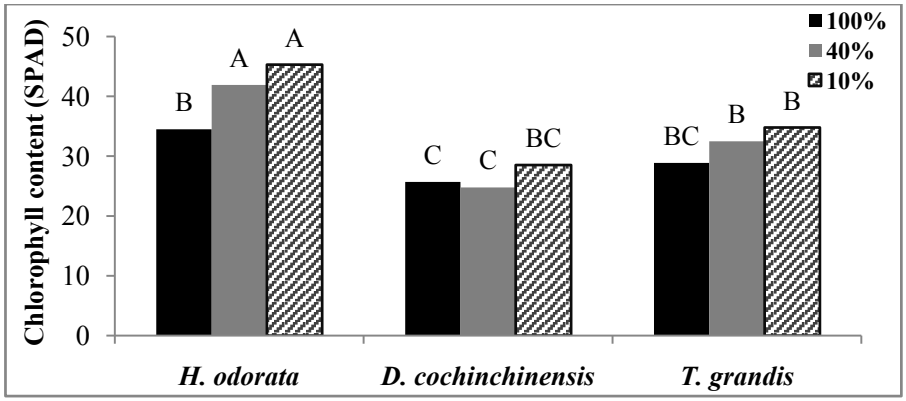


Figure 5 Chlorophyll content (SPAD unit) of *H. odorata*, *D. cochinchinensis* and *T. grandis* seedlings under different light intensities (100, 40 and10 %).

Remark: The letters above the bars showed significant different at $P \leq 0.05$

ค่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นค่าที่บอกถึงประสิทธิภาพของการถ่ายทอดอิเล็กตรอนภายในใบที่จะเกิดกระบวนการปฏิกิริยาการใช้แสง (light reaction) สามารถวัดได้เป็นค่าดัชนีการทำงานของคลอโรฟิลล์ (Performance Index) ค่าที่มาก หมายถึงประสิทธิภาพของการทำงานของคลอโรฟิลล์ที่ดักจับแสงเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานในการสร้างอาหารมีสูงตามไปด้วย ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าสักมีประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ พะยูงและตะเคียนทอง ตามลำดับ (Figure 6) โดยความเข้มแสงที่สูงหรือต่ำไป (ร้อยละ 100 และ 10) จะลดประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงในสักและตะเคียนทอง แต่ความเข้มแสงสูงกลับส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงในพะยูง แม้ว่าในทางสถิติแล้วค่าที่ได้จะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญก็ตาม

จากค่าปริมาณคลอโรฟิลล์และประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงที่มีความสัมพันธ์กับการเติบโตของกล้าไม้ จากผลของการเติบโตจะเห็นได้ว่า พะยูงมีการเติบโตที่ดีที่สุดในสภาพความเข้มแสงร้อยละ 100 อีกทั้งยังมีปริมาณใบสัมพัทธ์สูงส่งผลให้การเติบโตดีตามไปด้วย แม้ปริมาณคลอโรฟิลล์และประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงจะอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนในตะเคียนทองแม้มีปริมาณสัดส่วนคลอโรฟิลล์สูงที่สุด แต่มีประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงน้อยที่สุด ประกอบกับปริมาณใบสัมพัทธ์ที่มีค่าน้อย จึงทำให้การเติบโตมีค่าน้อยกว่าชนิดอื่นๆ ส่วนสักมีปริมาณคลอโรฟิลล์ปานกลางแต่มีประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด เมื่อพิจารณาปริมาณใบสัมพัทธ์มีระดับปานกลางจึงส่งผลให้การเติบโตอยู่ระดับปานกลาง อย่างไรก็ตามปริมาณคลอโรฟิลล์และประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงนั้นเป็นเพียงกระบวนการในส่วนของปฏิกิริยาการใช้แสง (Light reaction) ซึ่งไม่รวมถึงกระบวนการตรึงคาร์บอน (Calvin cycle) ที่เกี่ยวข้องกับการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ที่เข้าไปทางปากใบเพื่อสังเคราะห์เป็นน้ำตาล (ลิลลี่ และคณะ, 2552) โดยในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ทำการวัดในส่วนการตรึงคาร์บอน จึงควรจะมีการศึกษาต่อไปในอนาคตเพื่อตรวจวัดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงให้ครบวงจรและสามารถนำมาทำนายการเติบโตของกล้าไม้ได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น

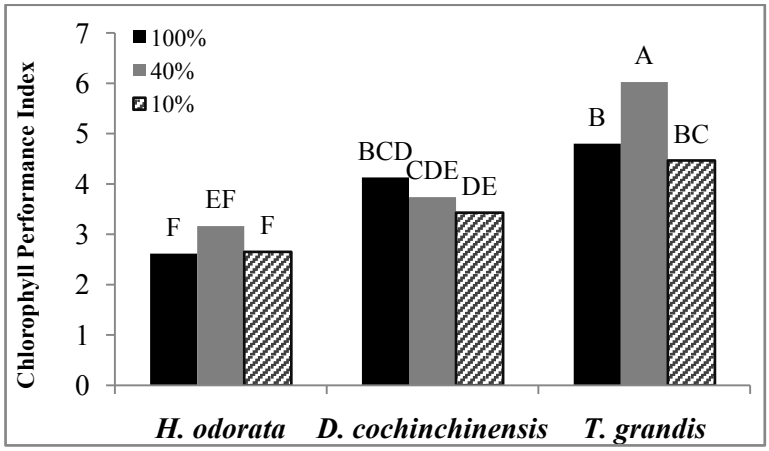


Figure 6 Chlorophyll performance index of *H.odorata*, *D. cochinchinensis* and *T. grandis* seedlings under different lightintensities (100, 40 and10 %).

Remark: The letters above the bars showed significant different at $P \leq 0.05$

ค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะ (Specific Leaf Area) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ โดยทั่วไปชนิดพันธุ์ที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม มีแนวโน้มที่พื้นที่ผิวใบจำเพาะมีค่าสูงกว่าในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่ากล้าไม้ตะเคียนทองมีค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะใกล้เคียงกันในแต่ละความเข้มแสง แต่พบว่าค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะมีค่าสูงขึ้นเมื่อความเข้มแสงลดลงในกล้าไม้พะยูงและสักอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งถือเป็นการปรับตัวของใบให้สามารถเพิ่มพื้นที่ในการรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้สูงสุดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงเมื่ออยู่ในสภาพแสงต่ำ สอดคล้องกับการศึกษาของ Perrin and Mitchell (2013) ที่ศึกษาผลของสภาพร่มเงาต่อการเติบโต มวลชีวภาพ และลักษณะสัณฐานวิทยาใน European yew (*Taxus baccata* L.) ซึ่งค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มแสงลดลงเช่นเดียวกัน บางชนิดพันธุ์ที่เติบโตในสภาพร่มเงาสูง จะมีค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะสูง คือ ค่าความหนาแน่นใบน้อย เช่น *Aristotelia chilensis, Embothrium coccineum* (Lusk, 2002)

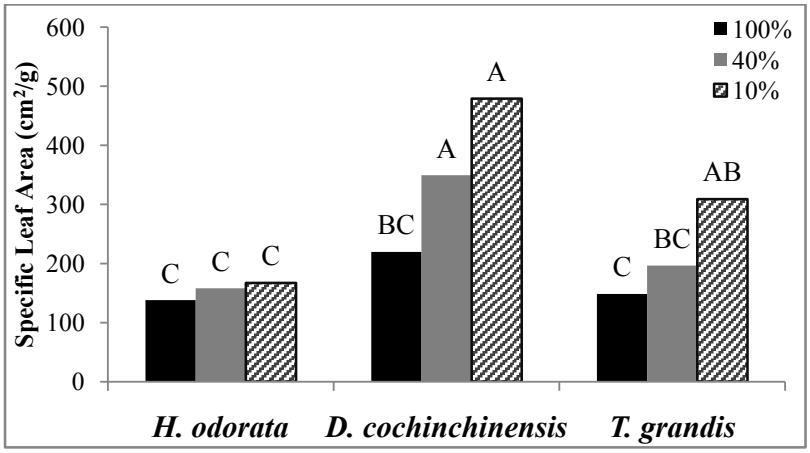


Figure 7 Specific leaf area (SLA:cm^2/g) of *H.odorata*, *D. cochinchinensis* and *T. grandis* seedlingsunder different lightintensities (100, 40 and 10 %).

Remark: The letters above the bars showed significant different at $P \leq 0.05$.

สรุป

กล้าไม้ทั้ง 3 ชนิดเติบโตได้ดีที่สุดในความเข้มแสงร้อยละ 100 คือ ได้รับแสงเต็มที่ และสักเติบโตได้ดีที่สุดในความเข้มแสงสูงสุดและร้อยละ 40 คือ ได้รับแสงปานกลาง โดยกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิดมีการปรับตัวของปริมาณและประสิทธิภาพของคลอโรฟิลล์ และพื้นที่ผิวใบจำเพาะต่อความเข้มแสงในแต่ละระดับที่แตกต่างกัน โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น ซึ่งประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงของคลอโรฟิลล์จะน้อยที่สุดเมื่ออยู่ในความเข้มแสงต่ำ (ร้อยละ 10) ส่วนพื้นที่ผิวใบจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มแสงลดลง ซึ่งเป็นการปรับตัวเพื่อให้มีประสิทธิภาพในสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยการปรับตัวทางด้านลักษณะทางสรีรวิทยาเหล่านี้จึงทำให้กล้าไม้ป่าทั้ง 3 ชนิดมีการเติบโตที่ดีแตกต่างกันในแต่ละระดับความเข้มแสง จากการศึกษานี้แนะนำได้ว่า หากพื้นที่มีแสงเต็มที่ เช่น พื้นที่เสื่อมโทรม หรือพื้นที่สวนป่าเปิดโล่งสามารถใช้กล้าไม้ทั้ง 3 ชนิดนี้ได้ แต่หากเป็นพื้นที่ที่มีพืชอื่นขึ้นอยู่บ้างแล้ว มีความเข้มแสงปานกลาง ควรปลูกสักเนื่องจากสามารถเติบโตได้ดีในระดับแสงปานกลางเช่นกัน แต่หากพื้นที่มีแสงที่จำกัดมาก กล้าไม้พะยูงมีความเหมาะสมมากกว่ากล้าไม้ชนิดอื่น เนื่องจากมีการเติบโตที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับตะเคียนทองและสัก

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ลิลลี่ กาวีต๊ะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์ และสุรียา ตันติวิวัฒน์. 2552. **สรีรวิทยาของพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิลาวัณย์ วิเชียรนพรัตน์ และวรพรรณ หิมพานต์. 2556. **ปัจจัยต่อการเติบโตของสัก**. องค์ความรู้ไม้สักไทย. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สาพิศ ร้อยอำแพง. 2545. ลักษณะโครงสร้างของเรือนยอดและความผันแปรของคุณสมบัติของใบที่อยู่ในเรือนยอดของลูกผสมตามธรรมชาติของกระถินเทพาและกระถินณรงค์. น. 174-191. *ใน* **รายงานวนวัฒนวิจัยประจำปี พ.ศ. 2545**. ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า. 2553. **ตะเคียนทอง**. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช. 2556. **การศึกษาความหลากหลายและศักยภาพของไม้ต้น ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูจอง- นายอย เพื่อใช้ในงานภูมิทัศน์**. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

Böhnke, M. and H. Bruelheide. 2013. How do evergreen and deciduous species respond to shade? tolerance and plasticity of subtropical tree and shrub species of South-East China. **Environmental and Experimental Botany** 87: 179-190.

Cornelissen, J.H.C., N. Pérez-Harguindeguy, S. DíazA, E. Garnier, S. Lavorel, H. Poorter, P. Jaureguiberry, M.S. Bret-Harte, W.K. Cornwell, J.M. Craine, D.E. Gurvich, C. Urcelay, E.J. Veneklaas, P.B. Reich, L. Poorter, I.J. Wright, P. Ray, L. Enrico, J.G. Pausas, A.C. de Vos, N. Buchmann, G. Funes, F. Quétier, J.G. Hodgson, K. Thompson, H.D. Morgan, H. tersteege, M.G.A. van der HeijdenS, L. SackT, B. BlonderU, P. Poschlod, M.V. Vaieretti, G. Conti, A.C. Staver and S. Aquino. 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide**. Australian Journal of Botany** 61: 186-195.

Dias, J., J.A. Pimenta, M.E. Medri, M.R.T. Boeger and C.T. de Freitas. 2007. Physiological aspects of sun and shade leaves of *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. (Anacardiaceae). **Brazilian**

Archives of Biology and Technology 50: 91-99.

Evans, J.R. and H. Poorter. 2001. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant, Cell and Environment** 24: 755-767.

Filho, M.B.D. 2000. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachlaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesq. agropec. bras., Brasília** 35 (12): 2335-2341.

Kenzo, T., R. Yoneda, Y. Matsumoto, M.A. Azani and N.M. Majid. 2008. Leaf photosynthetic and growth response on four tropical tree species to different light conditions in degraded tropical secondary forest, peninsular Malaysia. **Japan Agricultural Research Quarterly** 42 (4): 299-306.

Lee, D.W., S.F. Oberbauer, P. Johnson, B. Krishnapilay, M. Mansor, H. Mohamad and S.K. Yap. 2000. Effects of irradiance and spectral quality on leaf structure and function in seedlings of two southest Asian *Hopea (Dipterocarpaceae)* species. **American Journal of Botany** 87 (4): 447-455.

Lusk, C.H. 2002. Leaf area accumulation helps juvenile evergreen trees tolerate shade in a temperate rainforest. **Oecologia Springer-Verlag** 132: 188-196.

Perrin, P.M. and F.J.G. Mitchell. 2013. Effect of shade on growth, biomass allocation and leaf morphology in European yew (*Taxus baccata* L.). **European Journal of Forest Research** 132: 211-218.

Phonguodume, C., D.K. Lee, S. Sawathvong, Y.D. Park, W.M. Ho and E.A. Combalicer. 2012. Effects of light intensities on growth performance, biomass allocation and chlorophyll content of five tropical deciduous seedlings in Lao PDR. **Environmental Science and Management** 15: 60-67.

Pinho, P., K. Jokinen and L. Halonen. 2012. Horticultural lighting – present and future challenges. **Lighting Research and Technology** 44 (4): 427–437.

Reich, P.B., I.J. Wright, J. Cavender-Bares, J.M. Craine, J. Oleksyn, M. Westoby and M.B. Walters. 2003. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. **Int. J. Plant Sci** 164: 143-164.

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ต่อการปลูกสักสายต้นต่างๆ ในประเทศไทย

Evaluation of site-clones matching of Teak (*Tectona grandis* L.f.) in Thailand

พรเทพ เหมือนพงษ์[1*]
สาพิศ ดิลกสัมพันธ์[1]
จงรัก วัชรินทร์รัตน์[1]
สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล[2]
สุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ[2]

Ponthep Meunpong[1*]
Sapit Diloksumpun[1]
Chongrak Wachrinrat[1]
Saroj Wattanasuksakul[2]
Suwan Tangmitcharoen[2]

[1] คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[2]สำนักวิจัย และพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้
Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department
[*]Corresponding Author, E-mail: fforptm@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 8 มีนาคม 2560 รับลงพิมพ์ 19 มิถุนายน 2560

ABSTRACT

The study of "Evaluation of site-clones matching of Teak (*Tectona grandis* L.f.) in Thailand" was conducted in 16-year-old Teak clonal test plots located in 3 regions including 1) Northern region at Kamphaeng Phet Silvicultural research station, Kamphaeng Phet province 2) Western region at Thong Pha Phum Silvicultural research station, Kanchanaburi province and 3) Southern region at Sonhkla Silvicultural research station, Sonhkla province. Suitable clones were selected by using genetic gain value, which were calculated from DBH data of each plantation site. Afterward, 10 clones per site were selected i.e. Western region; number 336, 335, 265, 324, 273, 160, 271, 267, 89, 333, Northern region; 120, 245, 282, 116, 327, 83, 129, 290, 146, 158, Southern region; 246, 36, 119, 336, 292, 345, 91, 159, 27, 130, respectively. Data evaluation by using GIS technique classified teak site suitability into 5 classes mostly classified in good and moderate site classes with 89.66 and 25.0 m rai, respectively. Total area of teak suitable site was 117.88 m rai. Moreover, the results indicated that environmental factors affected to teak growth, similar number of clone expressed absolutely difference results of tree size when growing in difference sites. Therefore, appropriated clonal-site matching should be concern from plantation owners.

Keywords: Teak (*Tectona grandis* L.f.), Site matching, Plantation

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเหมาะสมของไม้สักสายต้นต่างๆ ที่พัฒนาพันธุ์โดยกรมป่าไม้เพื่อปลูกเป็นสวนป่าในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทยโดยการประเมินค่าความเพิ่มพูนทางพันธุ์ (genetic gain) ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร เพื่อคัดเลือกสายต้นที่มีความเหมาะสมในแต่ละลักษณะพื้นที่ โดยใช้ปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ผลการศึกษาพบว่าสายต้นที่ดีที่สุด 10 อันดับแรกในพื้นที่ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ได้แก่หมายเลข 336, 335, 265, 324, 273, 160, 271, 267, 89 และ 333 ในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร ได้แก่หมายเลข 120, 245, 282, 116, 327, 83, 129, 290, 146 และ 158 และในท้องที่จังหวัดสงขลาได้แก่สายต้นหมายเลข 246, 36, 119, 336, 292, 345, 91, 159, 27 และ 130 ตามลำดับ จากการประมวลผลข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถแบ่งพื้นที่ตามสมรรถนะที่ดินในการปลูกไม้สักได้เป็น 5 ระดับโดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี และระดับปานกลาง เท่ากับ 89.66 และ 25.0 ล้านไร่ตามลำดับ รวมพื้นที่ที่สามารถปลูกสวนป่าไม้สักเพื่อเศรษฐกิจของประเทศไทยทั้งหมดเท่ากับ 117.88 ล้านไร่ การปลูกสวนป่าไม้สักควรเลือกพื้นที่ และสายต้นที่มีความเหมาะสมเท่านั้น และควรเลี่ยงการใช้กล้าไม้ที่ไม่ทราบแหล่งพันธุกรรมที่แน่ชัดในการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อให้สวนป่ามีการเติบโต และผลผลิตสูงสุด

คำสำคัญ: ไม้สัก ความเหมาะสมของพื้นที่ สวนป่า

คำนำ

ไม้สัก (*Tectona grandis* Linn. f.) เป็นไม้คุณภาพสูง และมีการปลูกเป็นสวนป่าทั่วโลกมากกว่า 13 ล้านไร่ (Pandey and Brown, 2000) ไม้สักมีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติเช่นอินเดีย พม่า ลาว ไทย และได้มีการนำไปปลูกเป็นสวนป่าเพื่อเศรษฐกิจในประเทศเขตร้อนอีกหลายประเทศ (White, 1991) การปลูกไม้สักในรูปแบบของสวนป่าเพื่อเศรษฐกิจโดยดั้งเดิมมีการใช้รอบตัดฟันที่ยาวนานตั้งแต่ 60 ถึง 80 ปี เนื่องจากความต้องการใช้ไม้ซุงขนาดใหญ่เพื่อแปรรูปเป็นไม้เพื่อการก่อสร้าง หรือไม้บาง แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันการปลูกสวนป่าไม้สักในพื้นที่ขนาดเล็กโดยผู้ประกอบการรายย่อยมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งผู้ประกอบการรายย่อยเหล่านี้มีข้อจำกัดเรื่องการลงทุนที่ต้องอาศัยผลตอบแทนในระยะเวลาสั้นๆ เพื่อลดการแบกรับภาระค่าใช้จ่ายในการลงทุน ไม้สักที่ปลูกในรูปแบบสวนป่าขนาดเล็กเหล่านี้จึงมีความพยายามที่จะกำหนดรอบตัดฟันให้สั้นลงเหลือเพียง 20 ถึง 30 ปี เท่านั้น (Ball *et al*., 1999) จากสาเหตุดังกล่าว การปลูกสวนป่าไม้สักโดยใช้สายต้น (clonal plantation) ที่ผ่านการคัดเลือก และปรับปรุงพันธุ์มาเป็นอย่างดีจะสามารถย่นระยะเวลาการตัดฟันให้สั้นลงได้ เนื่องจากไม้สักที่ปลูกด้วยสายต้นที่ดีจะมีการเติบโตที่รวดเร็ว และให้เนื้อไม้คุณภาพดี (Goh *et al*., 2007)) ความผันแปรของอัตราการเติบโตและรูปทรงของไม้สักเป็นเรื่องที่ได้มีการศึกษากันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน (Kjaer *et al*., 1996; Jayasankar *et al*., 1999) โดยเน้นที่การปรับปรุงพันธุกรรมเพื่อพัฒนาสายพันธุ์ที่ได้จากต้นแม่ที่มีลักษณะดี (Nicodemus *et al*., 2000; Murillo and Badilla, 2004) การปรับปรุง และคัดเลือกสายต้นไม้สักเพื่อปลูกสวนป่าได้มีการพัฒนาขึ้นในหลายประเทศ เช่นในประเทศอินเดีย Rao (2004) รายงานว่าจากการคัดเลือกสายต้นไม้สัก 27 สายต้น และทำการทดลองปลูกในพื้นที่ต่างๆ พบว่าไม้สักจะมีความสูงถึง 30 เมตร และมีเส้นรอบวง 127 เซนติเมตร ในเวลา 25 ถึง 30 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกป่าแบบเดิมอาจต้องใช้เวลาอย่างน้อย 60 ปี จึงจะได้ไม้ที่มีขนาดดังกล่าว การคัดเลือกสายต้นที่ดียังจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของไม้สักในอนาคต ซึ่งการคัดเลือกนั้นสามารถทำได้โดยการพิจารณาอัตราการเติบโตที่โดยมากมักจะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก หรือความสูง

ทั้งหมดของไม้,รูปทรงของลำต้น,ความยาวของลำต้นที่ปราศจากกิ่ง ตา หรือตำหนิบนเนื้อไม้อื่น, พูพอนที่โคนต้นที่ทำให้เสียรูปทรง การคัดเลือกสายต้นที่ดีจะเริ่มจากขั้นตอนการคัดเลือกไม้ที่มีลักษณะดี (superior genotypes) เพื่อใช้ในการขยายพันธุ์ต่อไป (Goh *et al*., 2005; Goh and Monteuuis, 2005)

สำหรับในประเทศไทยแล้วไม้สักเป็นไม้ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศและเป็นไม้ที่มีพื้นที่ปลูกในรูปแบบของสวนป่าเพื่อเศรษฐกิจมากที่สุด ดังนั้นการปลูกสวนป่าไม้สักที่มุ่งเน้นผลผลิตเนื้อไม้จึงต้องคำนึงถึงการใช้สายพันธุ์ที่ดีมาปลูกจึงจะมีโอกาสประสบความสำเร็จได้ ดังนั้น ผู้ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมไม้สักควรจะหันมาสนใจให้การสนับสนุน และมีนโยบายให้เกษตรกรปลูกสวนป่าไม้สักด้วยกล้าสักสายพันธุ์ดีเท่านั้น อย่างไรก็ตามข้อมูลจาก กรมป่าไม้ (2556) ได้รายงานว่าการใช้เทคนิคการขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อให้ได้ไม้สักสายพันธุ์ที่ดีในการปลูกสวนป่ายังจำกัดอยู่ที่เอกชนบางรายที่มีศักยภาพสูง โดยในส่วนของภาครัฐยังคงไม่มีนโยบายที่แน่ชัดในเรื่องนี้แต่อย่างใด ในปัจจุบันจึงมีกล้าสักพันธุ์ดีถึงมือเกษตรกรผู้ปลูกป่าเป็นจำนวนไม่มากนัก เจ้าของสวนป่าส่วนใหญ่ใช้กล้าไม้ที่ไม่ทราบแหล่งพันธุกรรม ซึ่งเป็นการเสี่ยงที่จะเสียโอกาสทางเศรษฐกิจอย่างยิ่ง นอกเหนือจากพันธุกรรมแล้วผลผลิตของสวนป่าไม้สักยังเกี่ยวข้องถึงปัจจัยอื่นๆ โดยเฉพาะสภาพพื้นที่ เช่นลักษณะทางธรณีวิทยา คุณสมบัติดิน, ปริมาณน้ำฝน, ความชื้นสัมพัทธ์และความสูงจากระดับน้ำทะเล เป็นต้น การใช้ไม้สักสายต้นที่เหมาะสมกับพื้นที่จะส่งผลให้สวนป่านั้นมีกำลังผลิตที่สูง ตลอดจนมีอัตราการเจริญเติบโต และรอดตายสูง แต่ในทางตรงข้ามหากมีการใช้สายต้นที่ไม่เหมาะสมแล้วจะส่งผลให้การปลูกสร้างสวนป่านั้นล้มเหลวได้ ดังนั้น การประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ต่อสายต้นของไม้สักที่ผ่านการคัดเลือกมาแล้วโดยกรมป่าไม้จึงเป็นแนวทางที่จะทำให้การปลูกสวนป่าไม้สักของประเทศไทยสามารถแข่งขันกับนานาประเทศได้ โดยทั้งนี้ต้องขยายผลโดยการถ่ายทอดความรู้ และผลงานสู่ประชาชนในรูปแบบต่างๆ เช่น แปลงสาธิต เอกสารเผยแพร่ และการฝึกอบรม เพื่อให้ผู้ที่จะลงทุนปลูกสวนป่าไม้สักได้รับรู้ข้อมูลที่ถูกต้องประกอบการตัดสินใจในการปลูกสร้างสวนป่าไม้สักเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์ และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการในแปลงทดสอบแม่ไม้สักโดยใช้กล้าไม้จากการปักชำที่สถานีวนวัฒนวิจัยแม่กา จังหวัดพะเยา จำนวน 100 แม่ไม้ การศึกษาได้ดำเนินการเมื่อไม้สักมีอายุ อายุ 16 ปี ซึ่งเป็นการปลูกเพื่อประเมินค่าทางพันธุ์ของแม่ไม้ที่คัดเลือก ในพื้นที่ต่างๆ 3 แห่งกระจายใน 3 ภูมิภาคได้แก่ ภาคเหนือที่สถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร, ภาคตะวันตก ที่สถานีวนวัฒนวิจัยทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี และภาคใต้ ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสงขลา โดยวางผังการทดสอบแบบ RCBD ประกอบด้วย 100 แม่ไม้จำนวน 4 ซ้ำ ปลูกแบบ 3 ต้นต่อซ้ำ ใช้ปลูกระยะปลูก 4 × 4 เมตร (Boonyuen *et al*., 2007)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การเก็บข้อมูลการเติบโต และการคัดเลือกสายต้นโดยทำการวัดเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร (เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก) ของต้นไม้ทุกต้น และทำการประเมินลักษณะรูปทรงของไม้สักทุกต้นในแปลง ด้วยการประยุกต์เกณฑ์การประเมินของ Pinyopusarerk (1990) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อประเมินผลความแตกต่างของแม่ไม้ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) หากพบว่าข้อมูลมีความแตกต่างทางสถิติทำการจัดลำดับของข้อมูลด้วยวิธี Duncan's new multiple range test หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ประเมินหาค่าทางพันธุ์ (genotypic value) ของแต่ละสายต้นจากสมการของ (อภิชาต, 2528) ดังนี้

$$G = h^2 P$$

เมื่อ G = genotypic value (%)

h^2 = broad sense heritability

P = phenotypic value (deviation from mean: %);

$h^2 = Vc/(Vc+V/r)$

Vc = (MSC-MSE)/r

V = MSE และ r = replication

P = 100(Xi-AX)/AX

Xi = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของแต่ละสายต้น

AX = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดจากทุกสายต้น

นำข้อมูลค่าทางพันธุ์ที่ได้ประเมินหาค่าตอบสนองทางพันธุ์ หรือความเพิ่มพูนทางพันธุ์ (genetic gain) ของแม่ไม้ที่คัดเลือกจากสูตรของ (อภิชาต, 2528) สำหรับค่า I (selection intensity) จะมีค่าแตกต่างกันตามจำนวนสัดส่วนสายต้นที่จะทำการคัดเลือกจำนวนสายต้นทั้งหมด (Baker, 1975) ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้คัดเลือก 10 สายต้นจากทั้งหมด 100 สายต้น (I=1.732)

$$\hat{G} = I h^2 (SD P)$$

เมื่อ $\hat{G}$ = genetic gain (%)

I = selection intensity = 1.732

h^2 = broad sense heritability

SD P = phenotypic standard deviation

2. การศึกษาความเหมาะสมของพื้นที่

2.1 หาค่าพิกัดของแปลงตัวอย่างโดยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของพื้นที่ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล กรรมสิทธิ์ของที่ดิน และรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมถึงข้อมูลภูมิอากาศได้แก่ปริมาณน้ำฝน ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเช่น กรมป่าไม้ กรมพัฒนาที่ดิน กรมอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลที่รวบรวมจากสถานีวนวัฒนวิจัยในพื้นที่ศึกษา

2.2 นำข้อมูลที่รวบรวมได้ทั้งหมดมาเป็นฐานในการจำแนกความเหมาะสมของพื้นที่โดยใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดเรียงข้อมูลและประมวลผลในภาพรวมของประเทศ โดยจะพิจารณาเฉพาะพื้นที่ที่มีเอกสารสิทธิตามกฎหมายในการปลูกสร้างสวนป่าเชิงเศรษฐกิจของภาคเอกชน รวมถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งจะคัดเลือกเฉพาะพื้นที่ที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมซึ่งมีโอกาสในการเปลี่ยนแปลงชนิดพืชเกษตรเป็นไม้สักได้ เท่านั้น

2.3 จัดทำแผนที่แสดงความเหมาะสมของพื้นที่กับไม้สักสายต้นต่างๆ ในประเทศไทย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจดำเนินงานให้เกษตรกรและผู้สนใจ

ผลและวิจารณ์

1. การเติบโตของไม้สักอายุ 16 ปี ในพื้นที่ต่างๆ

จากการศึกษาโดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ของไม้สักอายุ 16 ปีที่ปลูกในพื้นที่ทั้ง 3 แห่ง พบว่าไม้สักที่ปลูกในสถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชรมีความแตกต่างของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F=1.371$, $p=0.030$) โดยหมายเลข 120 และ 245 เป็นไม้สักที่มีการเติบโตดีที่สุดโดยมีขนาดเท่ากับ 22.23 และ 22.04 เซนติเมตร ตามลำดับ ไม้สักหมายเลข 282, 116, 327, 83, 129, 290, 146 และ 158 จัดอยู่ในลำดับที่ 3 ถึง 10 โดยมีขนาดเฉลี่ยตั้งแต่ 20.47 ถึง 21.29 เซนติเมตร อย่างไรก็ตามจากการจัดกลุ่มทางสถิติพบว่าสายต้นส่วนใหญ่มีขนาดที่ไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจนเท่าใดนัก และโดยภาพรวมแล้วถูกจัดไว้ในกลุ่มเดียวกัน หรือใกล้เคียงกัน (ab) สำหรับในพื้นที่สถานีวนวัฒนวิจัยทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี พบว่าขนาดของไม้สักไม่มีความแตกต่างทางสถิติของแต่อย่างใด ($F=1.223$, $p=0.102$) อย่างไรก็ตามเมื่อนำข้อมูลมาจัดเรียงแล้วพบว่าสายต้นที่มีการเติบโตสูงสุด 10 อันดับแรกประกอบไปด้วยหมายเลข 336, 335, 265, 324, 273, 160, 271, 267, 89 และ 333 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 26.33 ถึง 22.89 เซนติเมตร สำหรับไม้สักที่ปลูกในพื้นที่ภาคใต้ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสงขลา พบว่าไม้สักมีความแตกต่างกันทางสถิติของเส้นผ่านศูนย์กลาง

เพียงอก (F=1.363, p=0.026) โดยสายต้นหมายเลข 246 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกสูงที่สุดเท่ากับ 18.98 เซนติเมตร และเป็นสายต้นที่มีการเติบโตอย่างโดดเด่น (a) สายต้นอื่นที่ถูกจัดอยู่ใน 10 อันดับแรก ได้แก่ หมายเลข 36, 336, 292, 91, 159, 38, 288, 119 และ 327 ตามลำดับ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 15.06 ถึง 18.48 เซนติเมตร รายละเอียดทั้งหมดแสดงไว้ใน Table 1 เมื่อนำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของแต่ละพื้นที่มาคำนวณอัตราการเติบโตเฉลี่ยรายปี พบว่าไม้สักที่ปลูกในพื้นที่ อำเภอทองผาภูมิ สามารถเติบโตได้ดีที่สุด กล่าวคือมีค่าอยู่ระหว่าง 1.43-1.65 เซนติเมตรต่อปี ขณะเดียวกับที่ในพื้นที่ จังหวัดกำแพงเพชร และจังหวัดสงขลา มีค่าเท่ากับ 1.28-1.39 และ 1.00-1.19 เซนติเมตรต่อปี ตามลำดับ

จากผลการศึกษาของ สาโรจน์ และคณะ (2543) พบว่าไม้สักที่ได้จากการผสมเกสรแบบควบคุมจากพ่อไม้-แม่ไม้ที่ผ่านการคัดเลือกแล้วจะมีอัตราการเติบโตของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 2.16 เซนติเมตรต่อปี อย่างไรก็ตามผลการศึกษาดังกล่าวเป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อไม้สักอายุเพียง 4 ปีเท่านั้น ซึ่งเป็นช่วงที่ไม้สักอายุน้อย และมีการเติบโตที่รวดเร็ว ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาครั้งนี้กับค่าเฉลี่ยอัตราการเติบโตที่รายงานโดย สถานีบำรุงพันธุ์ไม้สัก (2548) พบว่าไม้สักที่ปลูกในพื้นที่ อำเภอทองผาภูมิ มีอัตราการเติบโตที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยของไม้สักที่ปลูกจากการใช้กล้าที่เพาะจากการเก็บเมล็ดทั่วไป สำหรับในพื้นที่ จังหวัดกำแพงเพชรเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์เฉลี่ยทั่วไป แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่าเป้าหมายของ สาโรจน์ (2550) ซึ่งกล่าวว่าการพัฒนาไม้สักสายพันธุ์ใหม่ๆ จากการควบคุมการผสมเกสรมีเป้าหมายเพื่อให้มีอัตราการเติบโตของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกไม้น้อยกว่า 2.00 เซนติเมตรต่อปี หรือ 2.5 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี เป็นที่น่าสังเกตว่าไม้สักที่ปลูกในพื้นที่สถานีวนวัฒนวิจัยสงขลาซึ่งมีอัตราการเติบโตที่ไม่ดีนัก และมักปรากฏรูปทรงไม่สวยงาม มีลำต้นคดงอ และแตกกิ่งต่ำ รวมถึงพบการเข้าทำลายของโรค และแมลงจำนวนมาก ซึ่งได้คะแนนด้านรูปทรง และการเข้าทำลายของโรคแมลงเพียง 41.95% เท่านั้น แตกต่างจากไม้สักที่ปลูกใน พื้นที่ที่เหลือได้แก่ ที่ จังหวัดกาญจนบุรี และกำพงเพชรที่มีรูปทรงสวยงาม และมีการเจริญเติบโตที่ดีซึ่งได้คะแนนเท่ากับ 62.45 และ 68.38 % ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาในครั้งนี้กับการเติบโตของไม้สักในท้องที่ต่างๆ ของประเทศไทยพบว่ายังจัดอยู่ในเกณฑ์การเติบโตที่ค่อนข้างดีกล่าวคือ ทศพร และคณะ (2553) ได้รายงานว่าไม้สักในช่วงชั้นอายุ 11-15 ปี มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 13.40 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 15.50 เมตร เมื่อคำนวนเป็นค่าเฉลี่ยของการเติบโตรายปีได้เท่ากับ 0.89-1.22 เซนติเมตร และ1.03-1.41 เมตร ตามลำดับ ในขณะที่ อนิวรรต (2535) รายงานว่าอัตราการเติบโตของไม้สักในสวนป่าห้วยทาก มีค่า 0.60-4.40 เซนติเมตรต่อปี อย่างไรก็ตามอัตราการเติบโตที่สูงมากพบในสวนป่าอายุน้อย และอัตราการเติบโตเริ่มช้าลงเมื่อต้นไม้มีอายุมากขึ้น พงศ์ และนิรันดร์ (2521) รายงานว่าไม้สักในป่าธรรมชาติมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยเพียง 0.45-0.52 เซนติเมตรต่อปีเท่านั้น ซึ่งเป็นอัตราการเติบโตที่ค่อนข้างช้าเมื่อเปรียบเทียบกับไม้สักในสวนป่าที่มีการจัดการทางวนวัฒน์วิธีอย่างเหมาะสม

Viriyabuncha *et al*. (2005) รายงานว่าไม้สักอายุ 11-20 ปี มีความโตเฉลี่ย 10.25-23.36 เซนติเมตร คิดเป็น 0.73-1.26 เซนติเมตรต่อปี นอกจากนี้อัตราการเติบโตของไม้สักยังเกี่ยวข้องกับชั้นคุณภาพ (site index) โดยไม้สักที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่ที่เป็นชั้นคุณภาพดีจะมีอัตราการเติบโตของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 0.89-1.20 เซนติเมตรต่อปี ในขณะที่ในชั้นคุณภาพเลวจะมีค่าเท่ากับ 0.46-0.99 เซนติเมตรต่อปี เท่านั้น สำหรับไม้สักที่ปลูกด้วยสายต้นที่ผ่านการคัดเลือกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เมื่ออายุ 1-2 ปี พบว่าไม่มีความแตกต่างในการเจริญเติบโตแต่อย่างใด (Tangmitcharoen *et al*., 2012) การเปรียบเทียบการความสามารถในการเจริญเติบโตของสายต้นจึงควรดำเนินการเมื่อไม้สักมีอายุราวกึ่งหนึ่งของอายุตัดฟัน

2. ความเพิ่มพูนทางพันธุ์ (Genetic gain)

จากอดีตที่การปลูกสวนป่าไม้สักนิยมใช้เมล็ดหรือเหง้า แต่ในปัจจุบันการใช้กล้าไม้ที่มาจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากต้นแม่ที่มีลักษณะดีเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันทั่วโลก (Mascarenhas *et al*., 1987) การใช้ค่าความเพิ่มพูนทางพันธุ์ (Genetic gain) เป็นค่าที่บอกถึงศักยภาพในการปรับปรุงลักษณะที่แสดงออกทางพันธุกรรมของประชากรในรุ่นเมื่อเปรียบเทียบจากฐานของประชากรในกลุ่มเดิม สาโรจน์ และคณะ (2543) กล่าวว่าการคัดเลือกสายต้นที่ดีไว้เพื่อการขยายพันธุ์ และส่งเสริมให้มีการปลูกสวนป่าเศรษฐกิจของเอกชนสามารถประเมินได้โดยใช้ค่าความเพิ่มพูนทางพันธุ์ของสายต้นที่คัดเลือกได้ เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดในการปลูกสร้างสวนป่าไม้สักด้วยสายต้นโดยตรง (clonal plantation) ผลการศึกษาซึ่งได้เปรียบเทียบค่าความเพิ่มพูนทางพันธุ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกจากทั้ง 3 พื้นที่พบว่า ไม้สักที่ปลูกในจังหวัดสงขลามีค่าความเพิ่มพูนทางพันธุ์สูงกว่าพื้นที่ที่เหลือค่อนข้างมาก (Table 1) กล่าวคือมีค่าความเพิ่มพูนทางพันธุ์อยู่ระหว่าง 17.70 ถึง 29.10 % ในขณะที่ไม้สักที่ปลูกในจังหวัดกำแพงเพชร และกาญจนบุรีมีค่าระหว่าง 7.09 ถึง 11.71 และ 3.35 ถึง 6.22 % ตามลำดับเท่านั้น อีกทั้งยังพบว่าค่าความเพิ่มพูนทางพันธุ์ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้มีแนวโน้มเช่นเดียวกับผลการศึกษาในพื้นที่เดียวกันนี้เมื่ออายุไม้สัก 5 ปีของ Boonyuen *et al*. (2007) อีกด้วย โดยสายต้นที่มีอัตราการเติบโตสม่ำเสมอ และถูกจัดอยู่ใน 10 อันดับแรกเมื่ออายุ 5 ปี และยังอยู่ใน 10 อันดับแรกจากผลการศึกษาครั้งนี้ในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชรได้แก่หมายเลข 245 ในจังหวัดกาญจนบุรีได้แก่สายต้นหมายเลข 336 ซึ่งเป็นสายต้นที่มีค่าความเพิ่มพูนทางพันธุ์สูงสุดในการศึกษาทั้ง 2 ครั้ง สำหรับในจังหวัดสงขลาได้แก่สายต้นหมายเลข 119, 336, 159 และหมายเลข 130 จากผลการศึกษาดังกล่าวหากสวนป่าไม้สักที่มีการใช้กล้าไม้จากสายต้นที่ผ่านการคัดเลือกจะให้ผลผลิตที่ดีกว่ากล้าไม้ที่ได้จากกล้าที่ผ่านกระบวนการผสมเกสรทั่วไป (Kumaravelu, 1993) จากผลการศึกษาของ Espitia *et al*. (2011) ได้ประเมินค่าความเพิ่มทางพันธุ์ของไม้สักที่ปลูกในประเทศโคลอมเบีย (Columbia) โดยใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางความสูง ปริมาตรที่เป็นสินค้าได้ (commercial volume) และคุณภาพของลำต้น (stem quality) มีค่าเท่ากับ 5.52, 17.50, 41.71 และ 9.59% ตามลำดับ สำหรับไม้สักที่ปลูกในประเทศคอสตาริกา (Costa Rica) ได้มีการประเมินค่าทางพันธ์ของการเติบโต และคุณภาพของเนื้อไม้ไว้ที่ประมาณ 20 % (Assis and Resende, 2011) ในประเทศอินเดีย ไม้สักในแปลงทดสอบสายพันธุ์มีความเพิ่มพูนทางพันธุ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น 3.52-20.97 % ทางความสูง 23.35-34.46 % และขนาดของพื้นที่หน้าตัด 4.19-7.45 % (Swain *et al*., 1996) ในแง่ของผลตอบแทนทางเศรษฐกิจนั้น Kaosa-ard *et al*. (1998) กล่าวว่าการใช้กล้าไม้สักที่มีสายพันธุ์ดีปลูกสวนป่าจะสร้างมูลค่ามากกว่าการใช้กล้าทั่วไปประมาณ 8% จากการเพิ่มมูลค่าของปริมาตรไม้ และรูปทรงของลำต้นที่ดีกว่านั่นเอง

Table 1 Diameter and genetic gain of difference clones in various sites of plantation.

KPP				TPP			SK			
Clone	DBH*	Group	Genetic gain	Clone	DBH^{ns}	Genetic gain	Clone	DBH*	group	Genetic gain
120	22.23	a	11.71	336	26.33	6.22	246	18.96	a	29.10
245	22.04	a	11.20	335	25.08	5.18	36	18.33	ab	26.61
282	21.29	ab	9.25	265	24.57	4.75	119	16.86	abc	20.86
116	21.25	ab	9.14	324	23.88	4.17	336	16.60	abcd	19.84
327	20.89	ab	8.20	273	23.19	3.60	292	16.37	abcde	18.92
83	20.80	ab	7.95	160	23.18	3.59	345	16.34	abcde	18.82
129	20.69	ab	7.68	271	23.12	3.54	91	16.31	abcde	18.71
290	20.64	ab	7.53	267	22.96	3.41	159	16.24	abcdef	18.43
146	20.58	ab	7.37	89	22.91	3.37	27	16.15	abcdef	18.07
158	20.47	abc	7.09	333	22.89	3.35	130	16.05	abcdef	17.70

Remark: Group via Duncan's multiple ranged test, sig. at $p< 0.05$

3. พื้นที่ความเหมาะสมกับการปลูกไม้สักสายต้นต่างๆ ในประเทศไทย

การจำแนกพื้นที่ความเหมาะสมของการปลูกไม้สักในประเทศไทยจัดทำโดยใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ และประมวลผลข้อมูลทางกายภาพต่างๆ ของพื้นที่ประกอบไปด้วยการใช้ประโยชน์ที่ดิน, สิทธิตามกฎหมาย, ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ในการพิจารณา โดยเบื้องต้นจะคัดเลือกพื้นที่ที่ไม่อยู่ในพื้นที่ป่าตามกฎหมาย แต่ต้องอยู่ในพื้นที่มีเอกสารสิทธิ รวมถึงต้องเป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่สามารถเปลี่ยนชนิดพืชที่ปลูกเป็นไม้สักได้ จากข้อมูลการเติบโตของไม้สักที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ดังแสดงใน Table 1 จะพบว่าไม้สักที่ปลูกพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีเติบโตได้ดีที่สุด จึงจำแนกเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมที่สุด รองลงมาคือพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชรจำแนกเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมปานกลาง และพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชรซึ่งมีการเติบโตต่ำที่สุดจะจำแนกเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมน้อยที่สุด นำข้อมูลปัจจัยแวดล้อมในแต่ละพื้นที่ได้แก่ปริมาณน้ำฝน และความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมาแบ่งตามลำดับความเหมาะสม ดังแสดงใน Table 2 และปรากฏผลดังแผนที่ความเหมาะสมในการปลูกไม้สัก (Figure 1)

Table 2 Site suitability classification for teak plantation in Thailand.

Class	Annual rainfall (mm.)	AMSL. (mm.)	Site suitability
1	1,200-1,800	200-700	very good
2	1,200-1,800	0--200	good
3	< 1,200	0-700	moderate
4	> 1,800	100-700	poor
5	> 1,800	0-100	very poor

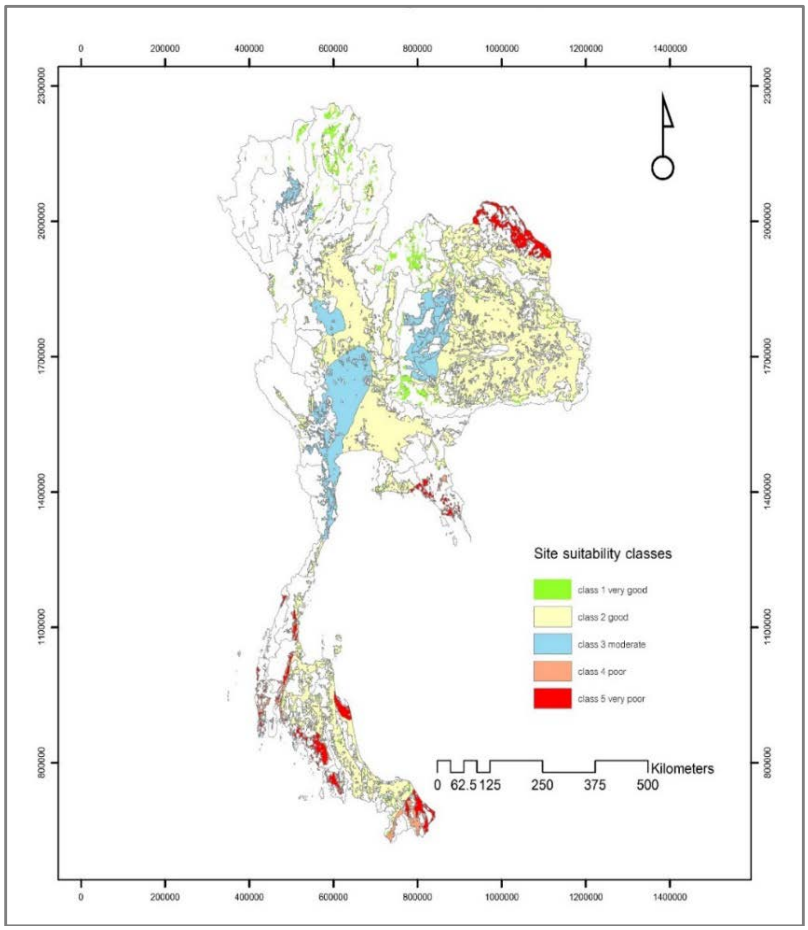


Figure 1 Site suitability map of teak plantation in Thailand.

จากแผนที่ความเหมาะสมในการปลูกไม้สักใน Figure 1 และข้อมูลที่แสดงรายละเอียดใน Table 3 สามารถแบ่งพื้นที่ตามสมรรถนะที่ดินในการปลูกไม้สักได้เป็น 5 ระดับ ได้แก่ระดับดีมาก มีพื้นที่ 4,383 ไร่ ระดับดี 89.66 ล้านไร่ ระดับปานกลาง 25.0 ล้านไร่ ระดับค่อนข้างเลว 3.22 ล้านไร่ และระดับเลวมีพื้นที่ 4,783 ไร่ รวมพื้นที่ที่สามารถปลูกสวนป่าไม้สักเพื่อเศรษฐกิจของประเทศทั้งหมดเท่ากับ 117.88 ล้านไร่ และหากมุ่งเน้นไปที่พื้นที่ที่จำแนกความเหมาะสมตั้งแต่ระดับปานกลางขึ้นไปจนถึงระดับดีมากจะพบว่ามีพื้นที่ที่สามารถปลูกไม้สักได้อย่างเหมาะสมกว่า 114.65 ล้านไร่ Sukchan and Noda (2012) ได้แบ่งพื้นที่ความเหมาะสมในการปลูกไม้สักในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยออกเป็น 3-5 ระดับ โดยใช้คุณสมบัติดิน และการเติบโตของไม้สัก พบว่าส่วนใหญ่พื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wichiennopparat *et al.* (2015) ได้จัดทำแผนที่ความเหมาะสมของดินสำหรับปลูกไม้สักในบริเวณจังหวัดบุรีรัมย์และอุบลราชธานี โดยได้แบ่งความเหมาะสมออกเป็น 5 ระดับ พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่าพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่จัดอยู่นะดับความเหมาะสมปานกลาง และระดับดีเช่นกัน จาก Figure 1 หากตัดพื้นที่ป่าตามกฎหมาย และพื้นที่อื่นซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินออกไปแล้วเป็นที่น่าสังเกต

ว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยสามารถปลูกสวนป่าไม้สักได้โดยมีความเหมาะสมของพื้นที่ในระดับปานกลางขึ้นไปทั้งสิ้น ดังนั้นจึงเป็นโอกาสอันดีของผู้เกี่ยวข้องในการส่งเสริมให้ภาคเอกชนหันมาสนใจการปลูกสวนป่าไม้สักอย่างจริงจังโดยการมุ่งเน้นไปในพื้นที่ที่ทำการเกษตรได้ผลผลิตต่ำ หรือพื้นที่รกร้างไร้การทำประโยชน์ซึ่งยังมีอีกเป็นจำนวนมาก

Table 3 Area and site suitability for teak clones matching in Thailand.

Class	Area (rai)	Site suitability	Site-clone matching
1	4,383	very good	336, 335, 265, 324, 273, 160, 271, 267, 89, 333
2	89,655,931	good	336, 335, 265, 324, 273, 160, 271, 267, 89, 333
3	24,990,601	moderate	120, 245, 282, 116, 327, 83, 129, 290, 146, 158
4	3,220,318	poor	246, 36, 119, 336, 292, 345, 91, 159, 27, 130
5	4,783	very poor	246, 36, 119, 336, 292, 345, 91, 159, 27, 130

สรุป

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเหมาะสมของไม้สักสายต้นต่างๆ ที่พัฒนาพันธุ์โดยกรมป่าไม้เพื่อปลูกเป็นสวนป่าในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย โดยการประเมินค่าความเพิ่มพูนทางพันธุ์ (genetic gain) ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร เพื่อคัดเลือกสายต้นที่มีความเหมาะสมในแต่ละลักษณะพื้นที่ พื้นที่ละ 10 สายต้น จากทั้งหมด 100 สายต้น จากนั้นได้จัดทำแผนที่แสดงความเหมาะสมของพื้นที่ด้วยข้อมูลความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเลปานกลาง และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี รวมถึงคัดเลือกเฉพาะพื้นที่ที่มีเอกสารสิทธิตามกฎหมาย และอยู่ในพื้นที่เกษตรกรรมซึ่งมีโอกาสในการเปลี่ยนรูปแบบการทำการเกษตรมาเป็นการปลูกสร้างสวนป่าเชิงพาณิชย์ของภาคเอกชน ผลการศึกษาพบว่าสายต้นที่ดีที่สุด 10 อันดับแรกในพื้นที่ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรีได้แก่หมายเลข 336, 335, 265, 324, 273, 160, 271, 267, 89 และ 333 ในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชรได้แก่หมายเลข 120, 245, 282, 116, 327, 83, 129, 290, 146 และ 158 และในท้องที่จังหวัดสงขลาได้แก่สายต้นหมายเลข 246, 36, 119, 336, 292, 345, 91, 159, 27 และ130 ตามลำดับ จากการประมวลผลข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถแบ่งพื้นที่ตามสมรรถที่ดินในการปลูกไม้สักได้เป็น 5 ระดับ ได้แก่ระดับดีมาก มีพื้นที่ 4,383 ไร่ ระดับดี 89.66 ล้านไร่ ระดับปานกลาง 25.0 ล้านไร่ ระดับค่อนข้างเลว 3.22 ล้านไร่ และระดับเลวมีพื้นที่ 4,783 ไร่ รวมพื้นที่ที่สามารถปลูกสวนป่าไม้สักเพื่อเศรษฐกิจของประเทศทั้งหมดเท่ากับ 117.88 ล้านไร่

การเติบโตของไม้สักแต่ละสายต้นมีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่ขึ้นอยู่แตกต่างกัน ดังจะเห็นได้จากขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของสายต้นเดียวกันแต่มีขนาดที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ปลูก ดังนั้นการปลูกไม้สักเพื่อเศรษฐกิจจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของสายต้นกับพื้นที่เป็นสำคัญ เพราะจะส่งผลถึงกำลังผลิต และผลตอบแทนโดยตรง ดังนั้นผู้ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการปลูกไม้เศรษฐกิจจะต้องส่งเสริมให้มีการปลูกสวนป่าไม้สักในพื้นที่ และสายต้นที่เหมาะสมเท่านั้น รวมถึงควรเลี่ยงการใช้กล้าไม้ที่ไม่ทราบแหล่งพันธุกรรมที่แน่ชัดในการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบในระยะยาว อีกทั้งต้องเร่งการขยายพันธุ์กล้าไม้จากสายต้นที่ดี ในปริมาณมาก

และกระจายกล้าไม้ให้ถึงมือผู้ปลูกอย่างทั่วถึง และรวดเร็วที่สุดเพื่อเพิ่มผลตอบแทนทางเศรษฐกิจแก่ผู้ประกอบการสวนป่า รวมถึงควรมีการนำสายต้นที่ผ่านการคัดเลือกจากผลการศึกษาในครั้งนี้ไปขยายผลในรูปของแปลงทดลองในพื้นที่อื่นๆ ทั่วประเทศเพื่อทดสอบการเติบโตในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมป่าไม้. 2556. **องค์ความรู้ไม้สักไทย**. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ทศพร วัชรางกูร, จตุพร มังคลารัตน์, ประพาย แก่นนาค, สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล, สมชาย นองเนือง และวิโรจน์ ครองกิจศิริ. 2553. **รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยและคาดคะเนการเจริญเติบโต และผลผลิตของสวนป่าไม้เศรษฐกิจ**. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

พงศ์ โสโน และนิรันดร์ ลอยชื่น. 2521. **อัตราการเจริญเติบโตของสักในป่าห้วยทาก อำเภองาว จังหวัดลำปาง จากการวิเคราะห์ตอไม้ที่ทำออกเพื่อการปลูกสร้างสวนป่า ปี 2521**. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สถานีบำรุงพันธุ์ไม้สัก. 2548. **ข้อมูลการเจริญเติบโตของไม้สัก**. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล, ประสิทธิ์ เพียรอนุรักษ์ และจำนรรจ์ เพียรอนุรักษ์. 2543. **การวิจัย และพัฒนาพันธุ์ไม้สัก เพื่อการปลูกสร้างสวนป่าเชิงพาณิชย์**. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล. 2550. การพัฒนาสายพันธุ์ไม้สักเพื่อการปลูกสร้างสวนป่าเศรษฐกิจ. *ใน* **การสัมมนาทางวนวัฒนวิทยาครั้งที่ 8**. 6-8 มิถุนายน 2550. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อนิวรรต เฉลิมพงษ์. 2535. การเจริญเติบโตของไม้สักในสวนป่าห้วยทาก. *ใน* **สัมมนา 50 ปี สวนสักห้วยทากเฉลิมพระเกียรติ 60 พรรษามหาราชินี**. 5-8 สิงหาคม 2535. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

อภิชาต ขาวสะอาด. 2528. **คู่มือการปรับปรุงพันธุ์ไม้สัก**. ฝ่ายวนวัฒนวิจัย, กองบำรุง, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

Assis, T.F. and M.D.V. Resende. 2011. Genetic improvement of forest tree species. Crop Breed. **Appl. Biotechnol** 11.

Baker, W.A. 1975. **Manual of Quantitative Genetics**. Students book corp. Washington.

Ball, J.B., D. Pandey and S. Hirai. 1999. Global Overview of Teak Plantations. *In* **Proceeding of the Regional seminar site, Technology and Productivity of Teak Plantations**. 26-29 January, 1999. Chiang Mai, Thailand.

Boonyuen, S., J. Mungkararat, P. Kannak, P. Pianhanurak, S. Wattanasuksakul and C. Pianhanurak. 2007. First evaluation clonal test of Teak (*Tectona grandis* L.f.) from rooted cutting seedlings set 1 at 5 year old. *In* **The 5th silvicultural seminar**. 27-29 March, 1991. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok.

Espitia, C. M., M.G Olman., C.P. Carlos. 2011. Expected genetic gain in teak (*Tectona grandis* L.f.) in Cordoba, Colombia. **Applied Life Science** 14 (1).

Goh, D.K., D. Alloysius, J. Gidiman, H.K. Han, B. Mallet and O. Monteuuis. 2005. **Selection and propagation of superior teak for quality improvement in plantations: case study of the ICSB/Cirad-Forêt joint project**. Kerala Forest Research Institute, India and International Tropical Timber Organization, Japan.

_____. and O. Monteuuis. 2005. Rationale for developing intensive teak clonal plantations, with special reference to Sabah. **Bois et Forêts des Tropiques** 285: 5-15.

Goh, D.K.S., G. Chaix, H. Baillères and O. Monteuuis. 2007. Mass production and quality control of teak. clones for tropical plantations. **The Yayasan Sabah Group and CIRAD**. Available source: http://bft.cirad.fr/cd/BFT_293_65-77.pdf, February 1, 2017.

Jayasankar, S., L.C. Babu, K. Sudhakara and P.D. Kumar. 1999. Evaluation of provenances for seedling attributes in teak (*Tectona grandis* Linn. F.). **Silvae Genet**. 48: 115–122.

Kaosa-ard, A., V. Suangtho and E.D. Kjaer. 1998. Genetic improvement of teak (*Tectona grandis*) in Thailand. **Forest Genetic Resources** 26: 21-29.

Kjaer, E.D., H.R. Siegismund and V. Suangtho. 1996. A multivariate study on genetic variation in teak (*Tectona grandis* L.f). Silvae. **Genet**. 45: 361–368.

Kumaravelu, G. 1993. Teak in India. pp. 27–34. *In* Henry, W. (ed.) **Teak in Asia**, FORSPA Publication No. 4, Bangkok.

Mascarenhas, A.F., S.V. Kendurkar, P.K. Gupta, S.S. Khuspi and D.C. Agrawal. 1987. Tissue culture in Teak. *In* Bonga, J.M. and J. Durzan, (eds.) **Cell and Tissue Culture in Forestry**, Vol. II.

Murillo, O. and Y. Badilla. 2004. **Breeding teak in Costa Rica**. IUFRO Forest Genetics Meeting Proceedings. NC State University, Charleston.

Nicodemus, A., B. Nagarajan, A.K. Mandal and K. Subramanian. 2000. Genetic improvement of teak in India Potentials and Opportunities in Marketing and Trade of Plantation Teak: Challenge for the New Millennium. *In* **Proceedings of 3rd Regional Seminar on Teak**. 31 July–August, 2000. Faculty of Forestry, Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia.

Pandey, D. and C. Brown. 2000. **Teak: a global overview**. Unasylva 51: 3–13.

Pinyopusarerk, K. 1990. ***Acacia auriculiformis*: An Annotated Bibliography**. Winrock International-F/FRED and ACIAR, Bangkok, Thailand.

Rao, R.J. 2004. **Fast-growing teak clone developed**. The Hindu. Available source: http://www.thehindu.com/2004/06/15/stories/2004061501870500.htm, February 1, 2017.

Sukchan, S and I. Noda. 2012. **Improvement of soil suitability mapping for teak plantations in Northeast Thailand**. JIRCAS working report no. 74. JIRCAS.

Swain, D., S.C. Mohanty, R. Sharma, A.K. Mandal and B.N. Gupta. 1996. Preliminary analysis of quantitative characters in Teak. **Proc. Indian Natn. Sci. Acad**. (62): 169-172.

Tangmitcharoen, S., S. Nimpila, J. Phuangjumpee. and P. Piananurak. 2012. **Two-year results of a clonal test of teak (*Tectona grandis* L.f.) in the Northeast of Thailand**. JIRCAS working report no. 74. JIRCAS, Japan.

Viriyabuncha, C., S. Janmahasatien and K. Paewsa-ad. 2005. **Assessment of the Potentiality of Re-afforestation Activities in Climate Change Mitigation**. Department of National park, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok.

Wichiennopparat, W., M. Wanpinit, T. Visaratana, B. Kietvuttinon, I. Noda, S. Sukchan, A. Sasrisang and N. Soonthornwit. 2015. **Soil Suitability Map for Teak Plantation in Buriram and Ubon Ratchathani Provinces**. Royal Forest Department, Bangkok.

White, K.J. 1991. **Teak: Some Aspects of Research and Development**. Report No. 1991/17, FAO/RAPA, Bangkok.

นิพนธ์ต้นฉบับ

การทดสอบถิ่นกำเนิดของไม้กระถินเทพาอายุ 1 ปี ที่สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา

Provenance Trials of 1-year old *Acacia mangium* Willd. at Wang Nam Khiew Forestry Research and Training Station, Nakhon Ratchasima Province

สมพร แม่ลิ่ม[1*]
ณัฐวัฒน์ คลังทรัพย์[1]
บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์[2]

Somporn Maelim[1*]
Nathawat Khlangsap[1]
Bunvong Thaiutsa[2]

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[2]มูลนิธิโครงการหลวง อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
Royal Project Foundation, Chaingmai 50200, Thailand
[*]Corresponding Author, E-mail: fforspm@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 16 ตุลาคม 2560 รับลงพิมพ์ 13 พฤศจิกายน 2560

ABSTRACT

In Thailand, *Acacia mangium* Willd. as an exotic and fast-growing tree can be used to the wide range, such as, furniture, sawn wood, pulp and paper, and wood pellets. This experiment brought seeds from 14 different provenances to be planted at Wang Nam Khiew Forestry Research and Training Station. The studies aimed to test variation and comparative growth and heritability of those provenances. The results showed that *A. mangium* Willd. had survival rate between 76.39 - 97.22 percent. Diameter at ground level (D_0) was between 4.97 - 6.12 cm, diameter at breast height (DBH) was between 3.45 - 4.51 cm and height (Ht) was between 3.65 - 4.62 m. There were a significant difference in all traits when tested for variability. Heritability for D_0, DBH and Ht were 50.41, 49.93 and 60.93%, respectively. When ranked scores to find the best provenances, it was found that provenance code no. 8 from Upper Aramia, PNG presented the best growth. At this early stage, it could be recommended that the most suitable provenance for planting is that from Upper Aramia (Papua New Guinea).

Keywords: *Acacia mangium*, variation, growth, heritability, provenance trials

บทคัดย่อ

กระถินเทพาเป็นไม้ต่างถิ่นที่เติบโตได้ดีในประเทศไทย สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ทำเฟอร์นิเจอร์ ไม้แปรรูป เยื่อและกระดาษ เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด การทดลองนี้ได้นำเมล็ดพันธุ์จากถิ่นกำเนิดต่างๆ จำนวน 14 แหล่ง มาทำการปลูกที่สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว เพื่อทำการทดสอบความผันแปรและเปรียบการเติบโตของถิ่นกำเนิด ค่าสภาวะถ่ายทอดพันธุกรรม ผลการทดลองพบว่ากระถินเทพามีอัตราการรอดตายอยู่ระหว่าง 76.39-97.22 เปอร์เซนต์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินมีค่าอยู่ระหว่าง 4.97-6.12 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมีค่าระหว่าง 3.45-4.51 เซนติเมตร และความสูงมีค่าระหว่าง 3.65-4.62 เมตร เมื่อทดสอบความแปรปรวนพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทุกลักษณะ ค่าสภาวะถ่ายทอดพันธุกรรมของ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูง มีค่าเท่ากับ 50.41 49.93 และ 60.93% ตามลำดับ เมื่อจัดลำดับเพื่อหาถิ่นกำเนิดที่ดีที่สุดพบว่าถิ่นกำเนิด 8 จาก Upper Aramia, PNG มีค่าการเติบโตดีที่สุด จากผลการศึกษาในเบื้องต้นพอสรุปได้ว่าการปลูกสร้างสวนป่ากระถินเทพาควรเลือกถิ่นกำเนิดจากประเทศปาปัวนิวกินีจะให้การเติบโตที่ดีที่สุด

คำสำคัญ: กระถินเทพา ความผันแปร การเติบโต สภาวะถ่ายทอดพันธุกรรม การทดสอบถิ่นกำเนิด

คำนำ

กระถินเทพามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Acacia mangium* Willd. อยู่ในวงศ์ Leguminosae เป็นพืชตระกูลถั่ว เป็นพันธุ์ไม้พื้นเมืองของประเทศออสเตรเลีย ในรัฐควีนส์แลนด์ ซึ่งมีสภาพทั่วไปใกล้เคียงกับป่าดิบชื้น เป็นไม้ขนาดกลางถึงใหญ่ เติบโตได้ดีในดินหลายชนิด เช่น ดินที่มีหินปะปน ดินที่ถูกชะล้างมาก่อน ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ นอกจากนี้ยังขึ้นได้ดีบนดินลึกที่เกิดจากการสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิด หรือดินที่เกิดจากการทับถมของตะกอนในบริเวณที่ลุ่ม ในรัฐควีนแลนด์จะพบกระถินเทพาขึ้นทั่วไปบนดินซึ่งค่อนข้างเป็นกรด (pH 4-4.5) และไม่ค่อยพบมากนักในบริเวณที่ดินค่อนข้างเป็นด่าง (pH > 7) (กันตินันท์ และชิงชัย, 2545) การปลูกสร้างสวนป่ากระถินเทพาในประเทศไทยอย่างจริงจังพบว่า บริษัทไม้อัดไทยจำกัด ได้นำกระถินเทพาเข้ามาปลูกตั้งแต่ปี 2523 (บุญวงศ์, 2537) ซึ่งได้ทำการปลูกเป็นระยะเวลาติดต่อกันมาหลายรอบอายุตัดฟัน โดยทำการปลูกสลับกับไม้ยูคาลิปตัสเพื่อทำการปรับปรุงดิน รอบตัดฟันที่ปลูกมีอายุประมาณ 6-8 ปี (กันตินันท์ และชิงชัย, 2545)

กระบวนการปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่ามักใช้เวลานาน (Zoble and Talbert, 1984) แต่อาจใช้กลยุทธ์การคัดเลือกเมื่อไม้ยังมีอายุน้อยเพื่อเร่งให้มีรอบของการปรับปรุงพันธุกรรมที่มากขึ้น (Lambeth *et al*., 1983) นอกจากนี้การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (Genotype X Environment Interactions) มักเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอันดับความสัมพันธ์ระหว่างยีน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องระบุแหล่งที่มาของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม ก่อนการตัดสินใจเกี่ยวกับการวางแผนการปรับปรุงพันธุ์ โปรแกรมคัดเลือก และวิธีการทดสอบ (Matheson and Raymond, 1986) การอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนของแหล่งพันธุกรรมขึ้นอยู่กับความรู้ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความผันแปรภายในของชนิดพันธุ์ (Na Takuathung *et al*., 2012) ดังนั้นการศึกษาความผันแปรของถิ่นกำเนิดจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญในงานปรับปรุงพันธุกรรมของไม้ทุกชนิด เพื่อทำการคัดกรองความผันแปรที่จะส่งผลให้มีผลผลิตสูงขึ้นและใช้ในงานปรับปรุงพันธุ์ในอนาคต การคัดเลือกถิ่นกำเนิดที่ดีที่สุดของชนิดพันธุ์ที่อยู่ในแผนย่อมจะส่งผลให้ได้รับผลผลิตและผลตอบแทนที่คุ้มค่า

ในประเทศไทยงานวิจัยที่เกี่ยวของกับการทดสอบถิ่นกำเนิดของไม้ท้องถิ่นยังมีค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่เน้นไม้ที่มีค่าทางเศรษฐกิจต่างถิ่นที่โตเร็ว เช่น กระถินณรงค์ (วาทินี, 2542; Swatdipakdi, 1992) สนทะเล (ศุภสิทธิ์, 2543; Rattanachol, 1997; Thaiutsa *et al*., 2002) สนประดิพัทธ์ (Sengloung, 2002) ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า (Maelim, 2000; Maid 2006) สนสองใบ (Popromsree, 2006) ขี้เหล็กบ้าน (Na Takuatung, 2005) และยางนา (อุษารัตน์ และคณะ, 2556) ในส่วนของกระถินเทพาได้มีการศึกษาอยู่บ้างกว่า 30 ปีที่แล้ว เช่น Pipatwattanakul (1989) และ Lawskul (1991) ได้ทำการศึกษาที่สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา และถิ่นกำเนิดที่ใช้ทำการศึกษาส่วนใหญ่มาจากประเทศออสเตรเลีย ปัจจุบันมีการค้นพบถิ่นกำเนิดใหม่ๆ ซึ่งนำเมล็ดไปปลูกพบว่ามีการเติบโตที่ดีแต่ยังไม่มีการศึกษาในประเทศไทย วัตถุประสงค์ของการทดลองในครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบการเติบโตของกระถินเทพาจาก 14 ถิ่นกำเนิด ตรวจสอบค่าสภาวะถ่ายทอดพันธุกรรม และเพื่อคัดเลือกถิ่นกำเนิดที่สามารถปรับตัวเข้ากับพื้นที่ที่ทำการศึกษาได้ดี

อุปกรณ์ และวิธีการ

แหล่งเมล็ด

เมล็ดที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจาก CSIRO ออสเตรเลีย มีทั้งหมด 13 ถิ่นกำเนิด และใช้ถิ่นกำเนิดในประเทศไทย 1 ถิ่นกำเนิดคือ สะแกราชเพื่อใช้เป็นถิ่นกำเนิดเปรียบเทียบ (Table 1) เมล็ดกระถินเทพาที่ใช้นี้ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเติบโตได้ดีในประเทศเวียดนาม นอกจากนี้ Bouasavanh and Thaiutsa (1999) ได้ทำการศึกษาศูนย์วนวัฒนวิจัยน้ำซวงประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวพบว่าไม้กระถินเทพาที่มีถิ่นกำเนิดจากปาปัวนิวกินีและรัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลียเติบโตดีที่สุดทั้งแง่ของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูง และปริมาตรของลำต้นเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ยูคาลิปตัสชนิดและถิ่นกำเนิดต่างๆ

Table 1 Details of *Acacia mangium* provenances.

Provenance Codes	CSIRO Seedlot	Type	Location	
1	21300	Improved	SPA Dong Ha	Vietnam
2	21215	Improved	CSO Vietnam	Vietnam
3	20935	Improved	SSO Siloo	Philippines
4	20045	Wild	Pascoe river	QLD, Australia
5	20135	Wild	Pohaturi	PNG
6	20134	Wild	Binaturi	PNG
7	20131	Wild	Lower Fly	PNG
8	20130	Wild	Upper Aramia	PNG
9	20128	Wild	Balimo	PNG
10	20127	Wild	Lake murray	PNG
11	19863	Wild	Aiambak fly river	PNG
12	19679	Wild	Bituri WP	PNG
13	19678	Wild	Oriomo WP	PNG
14	-	-	Sakaerat	Thailand

สถานที่ทำการศึกษา

ทำการศึกษาที่สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว ตั้งอยู่ในท้องที่ตำบลอุดมทรัพย์ อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา เส้นรุ้งที่ 14 องศา 30 ลิปดาเหนือ และ เส้นแวงที่ 101 องศา 55 ลิปดาตะวันออก ริมทางหลวงหมายเลข 304 ซึ่งเชื่อมระหว่างอำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี กับอำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร ประมาณ 300 กิโลเมตร (วันชัย, 2542) พื้นที่ส่วนให้เป็นลูกคลื่นลานลอด มีความสูงอยู่ระหว่าง 300 ถึง 400 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 26.4 องศาเซลเซียส และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,000 มิลลิเมตร/ปี ลักษณะทางธรณีส่วนใหญ่เป็นหินทรายแทรกสลับด้วยหินทรายปนกรวด มีดินลึกปานกลาง ระบายน้ำดี เนื้อดินชั้นบนเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย ส่วนดินชั้นล่างเป็นดินปนเศษหิน สีดินเป็นสีน้ำตาลเหลือง หรือสีแดง มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ pH ประมาณ 5.0-6.0 (นันทชัย และคณะ, 2558)

ผังการทดลอง

แปลงทดสอบถิ่นกำเนิดไม้กระถินเทพา วางผังการทดลองแบบสุ่มในบล๊อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำปลูกกระถินเทพา 14 ถิ่นกำเนิดที่ต้องการศึกษา ในแต่ละแปลงย่อยปลูกกระถินเทพา จำนวนถิ่นกำเนิดละ 6 แถว แถวละ 6 ต้น รวม 36 ต้น ใช้ระยะปลูก 3 × 3 เมตร

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวัดข้อมูลการเติบโตด้านความโตของต้นไม้ทุกต้นในแปลงทดลอง ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน (diameter at ground level, D_0) (เซนติเมตร) เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height, DBH) (เซนติเมตร) และการเติบโตทางด้านความสูง (เมตร)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. คำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูง และอัตราการรอดตาย ของแต่ละถิ่นกำเนิด ในแต่ละซ้ำของการทดลอง วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) ของแต่ละลักษณะ ค่าอัตราการรอดตายจะแปลงเป็นค่า Arcsin ก่อนแล้วจึงนำเข้าวิเคราะห์ทางสถิติ หากมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จะเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)

2. เปรียบเทียบความผันแปรของถิ่นกำเนิดและสิ่งแวดล้อม ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรของถิ่นกำเนิด (provenance coefficient of variation, PCV) และค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรของสิ่งแวดล้อม (environmental coefficient of variation, ECV) จะคำนวณจากค่าการเติบโตโดยวิธีการของ Loha *et al.* (2006)

$$PCV = \frac{(\sigma^2_{pro})}{Mean} \times 100 \quad (1)$$

$$ECV = \frac{(\sigma^{1/2}_{pro})}{Mean} \times 100 \quad (2)$$

3. ความสามารถในการถ่ายทอดพันธุกรรม (broad sense heritability, H^2) คำนวณจากอัตราส่วนของความผันแปรของถิ่นกำเนิด (provenance variance) กับความผันแปรทั้งหมด (total (phenotypic) variance) Loha *et al.* (2006)

$$H^2 = \frac{(\sigma^2_{pro})}{(\sigma^2_{pro} + \sigma^2_e)} \quad (3)$$

4. หาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเติบโตโดยหาค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ (Correlation coefficient, r) ระหว่างลักษณะต่างๆ

5. การจัดลำดับ (rank) ของถิ่นกำเนิดจะใช้วิธีการของ Maid (2006) โดยให้ความสำคัญของการเติบโตในลักษณะต่างๆ เท่ากัน

ผลและวิจารณ์

อัตราการรอดตาย

อัตราการรอดตายของการทดสอบถิ่นกำเนิดไม้กระถินเทพา เมื่ออายุ 1 ปี เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีสำคัญระหว่างถิ่นกำเนิด (F=2.51*) (Table 2) กระถินเทพา ถิ่นกำเนิด 14 (สะแกราช) มีอัตราการรอดตายมากที่สุดคือ 97.22 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ถิ่นกำเนิด 4 (Pascoe river, QLD) 96.53 เปอร์เซ็นต์ ถิ่นกำเนิด 8 (Upper Aramia, QLD) 95.83 เปอร์เซ็นต์ และถิ่นกำเนิด 3 (Siloo, Philippines) 95.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Table 2 Analysis of variance for survival percentage (convert to arcsin) (Sur), diameter at ground level (D_0), diameter at breast height (DBH) and height (Ht) of *Acacia mangium*.

Source of variation	DF	Variance component				Expected mean square[1]
		Sur	D_0	DBH	Ht	
Block	3	3.94	6.33	3.46	20.47	
Provenance	13	2.51*	5.13**	4.97**	10.77**	$\sigma^2_e+4\sigma^2_{pro}$
Error		0.03	4.47	2.56	0.97	σ^2_e

Remarks: * = significant (P<0.05); ** = highly significant (P<0.01)

[1] σ^2_e = environmental variance; σ^2_{pro} = provenance variance

ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่ากระถินเทพาจากถิ่นกำเนิดต่างๆ มีอัตราการรอดตายค่อนข้างสูง คือมีค่าเฉลี่ยของทุกถิ่นกำเนิดเท่ากับ 90.02 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการศึกษาของ Lawskul (1991) ที่รายงานว่ากระถินเทพาในแปลงทดสอบถิ่นกำเนิดอายุ 2 ปี ที่สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงถึง 99.75 เปอร์เซ็นต์ สุรีย์ (2522) รายงานว่าอัตราการรอดตายของกระถินเทพาขึ้นอยู่กับการเลือกพื้นที่ การคัดเลือกถิ่นกำเนิด และความปราณีตในการจัดการ อย่างไรก็ตามกระถินเทพาเป็นไม้ที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ส่งผลให้สามารถเติบโตได้ดีในเกือบทุกสภาพ

ถิ่นกำเนิด 14 (สะแกราช) เป็นถิ่นกำเนิดที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับสถานที่ทดลอง จึงส่งผลให้มีการปรับตัวและเกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมจนเข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ ผ่านกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติหรือการคัดเลือกโดยมนุษย์ในช่วงชีวิตเดียวหรือมากกว่า (สุวรรณ, 2557) โดยหมู่ไม้อาจมีลักษณะดีหรือไม่ดีก็ได้ ขึ้นอยู่กับความสามารถในการปรับตัวและแหล่งที่มาของเมล็ดที่ใช้ปลูกตอนเริ่มแรก (Eldridge *et al*., 1997)

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน

ผลการศึกษาพบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.97 - 6.12 เซนติเมตร (Table 3) เมื่อทดสอบสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (F=5.13**) ถิ่นกำเนิดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินสูงสุดคือ ถิ่นกำเนิด 6 (Binaturi, PNG) 6.12 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ ถิ่นกำเนิด 8 (Upper Aramia, PNG) 6.10 เซนติเมตร ถิ่นกำเนิด 13 (Oriomo WP, PNG) 5.93 เซนติเมตร ถิ่นกำเนิด 9 (Balimo, PNG) 5.92 เซนติเมตร และถิ่นกำเนิด10 (Lake murray, PNG) 5.90 เซนติเมตร ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่า 5 อันดับแรกพบว่าเป็นถิ่นกำเนิดที่มาจากประเทศปาปัวนิวกินีทั้งนั้น แม้จะใช้เมล็ดที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์จากประเทศเวียดนาม ฟิสิปปินส์ ก็ยังมีการเติบโตด้อยกว่าถิ่นกำเนิดจากปาปัวนิวกินี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมของประเทศไทยมีความคล้ายคลึงกับประเทศปาปัวนิวกินีมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lawskul (1991) ที่พบว่ากระถินเทพาจากประเทศปาปัวนิวกินีเติบโตได้ดีในประเทศไทย

Table 3 Average survival percentage (Sur, %), diameter at ground level (D_0, cm), diameter at breast height (DBH, cm) and height (Ht, m) of 1-year old *Acacia mangium*.

Provenance Codes	Sur ±SE (%)	D_0 ± SE (cm)	DBH±SE (cm)	Ht ± SE (m)
1	93.75±5.26^{abc}	5.68±0.87^{abcde}	4.13±0.69^{ab}	4.32±0.49^{bcd}
2	88.19±5.73^{bcd}	4.98±0.49^{f}	3.69±0.25^{cd}	4.13±0.34^{de}
3	95.14±4.74^{abc}	5.75+0.77^{abcd}	4.22±0.55^{ab}	4.55±0.78^{ab}
4	96.53±3.50^{ab}	5.77±1.04^{abc}	4.09±0.65^{abc}	4.33±0.51^{bcd}
5	88.19±5.73^{bcd}	5.26±1.02^{cdef}	3.84±0.72^{bcd}	4.04±0.41^{e}
6	87.50±9.21^{abcd}	6.12±0.72^{a}	4.35±0.44^{a}	4.31±0.33^{bcd}
7	76.39±8.64^{d}	5.13±0.24^{ef}	3.64±0.14^{f}	3.74±0.11^{f}
8	95.83±3.59^{abc}	6.10±0.48^{ab}	4.51±0.49^{a}	4.62+0.39^{a}
9	88.89±10.14^{abcd}	5.92±0.61^{ab}	4.29±0.44^{a}	4.40±0.38^{abc}
10	85.42±9.98^{bcd}	5.90±0.74^{ab}	4.22±0.42^{ab}	4.34±0.37^{abcd}
11	90.28±6.61^{abcd}	5.18±0.86^{def}	3.83±0.64^{bcd}	4.22±0.52^{cde}
12	84.72±10.76^{cd}	5.56+1.00^{bcdef}	4.11±0.66^{abc}	4.10±0.47^{de}
13	92.36±9.98^{abc}	5.93±0.57^{ab}	4.28±0.56^{a}	4.43±0.64^{abc}
14	97.22±3.21^{a}	4.97±0.90^{f}	3.45±0.69^{f}	3.65±0.30^{f}
Overall men	90.02	5.61	4.07	4.25
F-value	2.51*	5.13**	4.97**	10.77**

Remarks: * = significant (P<0.05) ** = highly significant (P<0.01)

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก

ผลการศึกษาพบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.45-4.51 เซนติเมตร (Table 3) เมื่อทดสอบสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (F=4.97**) ถิ่นกำเนิดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกสูงสุดคือ ถิ่นกำเนิด 8 (Upper Aramia, PNG) 4.51 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ถิ่นกำเนิด 6 (Binaturi, PNG) 4.35 เซนติเมตร ถิ่นกำเนิด 9 (Balimo, PNG) 4.29 เซนติเมตร ถิ่นกำเนิด 13 (Oriomo WP, PNG) 4.28 เซนติเมตร และถิ่นกำเนิด 3 (Siloo, Philippines) 4.22 เซนติเมตร ตามลำดับ

เช่นเดียวกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก 5 อันดับแรกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ดีที่สุดล้วนมาจากประเทศปาปัวนิวกินี เช่นเดียวกับ Samountry (1998) พบว่ากระถินเทพาอายุ 1 ปี ในแปลงทดสอบถิ่นกำเนิด ถิ่นกำเนิดจากปาปัวนิวกินี (PNG) มี DBH ระหว่าง 1.9-3.0 เซนติเมตร ส่วนถิ่นกำเนิดจากควีนส์แลนด์ (QLD) มีค่า DBH ระหว่าง 1.9-2.0 เซนติเมตร ที่เวียดนาม Nghia and Kha (1998) ได้รายงานว่ากระถินเทพาอายุ 20 เดือน ที่ปลูกที่ La Nga มี DBH ระหว่าง 3.2- 5.0 เซนติเมตร เช่นเดียวกับที่ฟิลิปปินส์กระถินเทพาจากปาปัวนิวกินีก็สามารถเติบโตได้ดีกว่ากระถินเทพาจากถิ่นกำเนิดควีนส์แลนด์ จากผลการทดลองของ Arnold *et al*. (1998) กระถินเทพาที่นำมาปลูกที่ Abayawan อายุ 8 เดือน ถิ่นกำเนิดจากปาปัวนิวกินีมี DBH อยู่ระหว่าง 4.5-5.1 เซนติเมตร ส่วนถิ่นกำเนิดจากควีนส์แลนด์มี DBH ระหว่าง 4.5-4.7 เซนติเมตร

ความสูง

ผลการศึกษาพบว่าความสูงมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.65-4.62 เมตร (Table 3) เมื่อทดสอบสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (F=10.77**) ถิ่นกำเนิดที่มีความสูงมากที่สุดคือถิ่นกำเนิด 8 (Upper Aramia, PNG)

4.62 เมตร รองลงมาได้แก่ถิ่นกำเนิด 3 (Siloo, Philippines) 4.55 เมตร ถิ่นกำเนิด 13 (Oriomo WP, PNG) 4.43 เมตร ถิ่นกำเนิด 9 (Balimo, PNG) 4.40 เมตร และถิ่นกำเนิด10 (Lake murray, PNG) 4.34 เมตร ตามลำดับ

ด้านความสูงจะพบว่ามีกระถินเทพาจากประเทศฟิลิปปินส์สอดแทรกขึ้นมา แต่อีก 4 อันดับที่มีความสูงเฉลี่ยสูงที่สุดก็ยังคงเป็นถิ่นกำเนิดจากปาปัวนิวกินี เช่นเดียวกับ Samountry (1998) พบว่ากระถินเทพาอายุ 1 ปี ในแปลงทดสอบถิ่นกำเนิด ถิ่นกำเนิดจากปาปัวนิวกินี (PNG) มีความสูงระหว่าง 2.0-2.9 เมตร ส่วนถิ่นกำเนิดจาก ควีนส์แลนด์ (QLD) มีค่าความสูงระหว่าง 2.3-2.5 เมตร ที่เวียดนาม Nghia and Kha (1998) ได้รายงานว่ากระถินเทพาอายุ 20 เดือน ที่ปลูกที่ La Nga มีความสูงอยู่ระหว่าง 3.0- 4.1 เมตร เช่นเดียวกับที่ฟิลิปปินส์กระถินเทพาจากปาปัวนิวกินีก็สามารถเติบโตได้ดีกว่ากระถินเทพจากถิ่นกำเนิด ควีนส์แลนด์ จากผลการทดลองของ Arnold *et al*. (1998) กระถินเทพาที่นำมาปลูกที่ Abayawan อายุ 8 เดือน ถิ่นกำเนิดจากปาปัวนิวกินีและควีนส์แลนด์มีความสูงเฉลี่ย 2.1 เมตร

สภาวะถ่ายทอดพันธุกรรม

ผลการหาค่าสภาวะถ่ายทอดพันธุกรรมอย่างกว้าง (broad sense heritability) ส่วนใหญ่พบว่ามีค่ามากกว่า 50% (Table 4) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก มีค่าเท่ากับ 50.41% และ 49.93% ตามลำดับ ส่วนค่าสภาวะถ่ายทอดพันธุกรรม ของความสูงมีค่าเท่ากับ 60.93% นั่นหมายความว่าขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางทั้งสองลักษณะจะมีความผันแปรตามสิ่งแวดล้อมมากกว่าความสูง สอดคล้องกับการทดลองของ Na Takuathung *et al*. (2012) ที่พบว่าค่าสภาวะถ่ายทอดพันธุกรรมของลักษณะการเติบโตของขี้เหล็กบ้านเมื่อไม้มีอายุ 2 และ 6 เดือน มีค่ามากกว่า 60% ขึ้นไป เช่นเดียวกับ ชนะ (2540) พบว่าค่าสภาวะถ่ายทอดพันธุกรรมของการเติบโตของไม้กล้าไม้ประดู่ป่าในเรือนเพาะชำ อายุ 1 ปี มีค่ามากกว่า 80%

ผลการหาค่าค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ของลักษณะการเติบโตของกระถินเทพาอายุ 1 ปี พบว่ามีความสัมพันธ์ไปทิศทางเดียวกันคือมีความสัมพันธ์ด้านบวกสูงมาก (Table 5)

Table 4 Provenance and environmental coefficient of variation and broad sense heritability for growth traits of *A. mangium*.

Trait	Overall mean	Coefficient of variation (%)		Heritability (%)
		Provenance	Environment	
D_0	5.61	38.31	37.69	50.41
DBH	4.07	39.20	39.31	49.93
Ht	4.25	36.15	23.17	60.93

Table 5 Inter-trait correlations of growth parameters of *A. mangium* provenances. (*n*=14)

Parameter	D_0	DBH	Ht
D_0	1.0	0.97**	0.81**
DBH		1.0	0.90**
H			1.0

Remarks: D_0 = diameter at ground level, DBH = diameter at breast height, Ht = height

การจัดลำดับถิ่นกำเนิด

จากการจัดลำดับคะแนนถิ่นกำเนิดโดยใช้ลักษณะการเติบโตมาเป็นตัวให้คะแนน ผลการจัดลำดับพบว่า ถิ่นกำเนิด 8 (Upper Aramia, PNG) อยู่ในลำดับที่ 1 คือมีการเติบโตดีในทุกลักษณะ รองลงมาคือถิ่นกำเนิด 13 (Oriomo WP, PNG) ถิ่นกำเนิด 6 (Binaturi, PNG) ถิ่นกำเนิด 9 (Balimo, PNG) และถิ่นกำเนิด 3 (Siloo, Philippines) ตามลำดับ (Table 6)

จากการที่ลักษณะการเติบโตของกระถินเทพาจากถิ่นกำเนิดต่างๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (Table 2) จึงมีความเป็นไปได้ในการคัดเลือกถิ่นกำเนิดที่ดีเพื่อวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงพันธุ์ไม้ชนิดนี้ต่อไป ถิ่นกำเนิดที่มีการเติบโตสูงที่สุดในอันดับแรกๆ ควรถูกคัดเลือกเพื่อนำเมล็ดมาใช้ในงานปลูกสร้างสวนป่าในบริเวณสถานที่ทำการศึกษาและบริเวณใกล้เคียงที่มีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกัน

Table 6 Ranking of 14 provenances of *A. mangium* based on diameter at ground level (D_0), diameter at breast height (DBH)and height (Ht).

Provenance Code	D_0 (cm)	DBH (cm)	Ht (m)	Total score	Composite Ranking
1	5.68 (8)	4.13 (7)	4.32 (7)	22	8
2	4.98 (13)	3.69 (12)	4.13 (10)	35	12
3	5.75 (7)	4.22 (5)	4.55 (2)	14	5
4	5.77 (6)	4.09 (9)	4.33 (6)	21	7
5	5.26 (10)	3.84 (10)	4.04 (12)	32	11
6	6.12 (1)	4.35 (2)	4.31 (8)	11	3
7	5.13 (12)	3.64 (13)	3.74 (13)	38	13
8	6.10 (2)	4.51 (1)	4.62 (1)	4	1
9	5.92 (4)	4.29 (3)	4.40 (4)	11	4
10	5.90 (5)	4.22 (6)	4.34 (5)	16	6
11	5.18 (11)	3.83 (11)	4.22 (9)	31	10
12	5.56 (9)	4.11 (8)	4.10 (11)	28	9
13	5.93 (3)	4.28 (4)	4.43 (3)	10	2
14	4.97 (14)	3.45 (14)	3.65 (14)	42	14

สรุป

กระถินเทพามีการเติบโตที่ดีและสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียวได้เป็นอย่างดี กระถินเทพาที่มาจากถิ่นกำเนิดปาปัวนิวกินีมีการเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือถิ่นกำเนิดจากเวียดนาม และถิ่นกำเนิดท้องถิ่นจากสะแกราช ตามลำดับ ถิ่นกำเนิดสะแกราชแม้จะมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายสูง แต่ก็มีการเติบโตที่น้อยกว่าถิ่นกำเนิดอื่นๆ ส่วนถิ่นกำเนิดจากเวียดนามแม้จะผ่านกระบวนการปรับปรุงพันธุ์มาแล้ว แต่ก็ยังมีการเติบโตที่น้อยกว่าถิ่นกำเนิดจากปาปัวนิวกินีซึ่งเป็นแหล่งเมล็ดตามธรรมชาติ หากมีการดำเนินการปลูกกระถินเทพาเพื่อวัตถุประสงค์ทางเศรษฐกิจควรเลือกใช้เมล็ดหรือแหล่งพันธุ์จากปาปัวนิวกินีเป็นหลัก

การคัดคัดเลือกถิ่นกำเนิดในระยะแรกๆ ของการเติบโตในการทดลองนี้ใช้การเติบโตเพียงแค่ 1 ปี ก็น่าจะยืนยันและพิสูจน์ได้เบื้องต้นแล้วว่ากระถินเทพาจากแหล่งใดเหมาะสม เนื่องจากระยะตัดฟันของกระถินเทพาสั้นแค่ 6-8 ปี จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงผลว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญอย่างชัดเจนในทุกลักษณะ อย่างไรก็ตามความหลากหลายทางพันธุกรรม

ของกระถินเทพาก็เป็นข้อควรพิจารณา จึงควรนำเมล็ดพันธุ์รุ่นใหม่และถิ่นกำเนิดใหม่ๆ เข้ามา เพราะหากใช้เมล็ดหรือแหล่งพันธุ์ที่เฉพาะเจาะจงเกินไปจะส่งผลเสียกับฐานพันธุกรรมในอนาคต

คำนิยม

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยภาคสนามจากคณะวนศาสตร์ และขอขอบคุณ CSIRO และ Australian Tree Seed Centre ที่ได้ให้การสนับสนุนเมล็ดพันธุ์ไม้ทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง ภายใต้การประสานงานของคุณคงศักดิ์ ภิญโญภูษาฤกษ์ วนศาสตร์รุ่นที่ 33

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กันตินันท์ ผิวสอาด และ ชิงชัย วิริยะบัญชา. 2545. **การเจริญเติบโตและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้กระถินเทพา.** ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้.

ชนะ ผิวเหลือง. 2540. การทดสอบสายพันธุ์และถิ่นกำเนิดของกล้าไม้ประดู่ในเรือนเพาะชำ. **วารสารวนศาสตร์** 16: 23-33.

นันทชัย พงศ์พัฒนานุรักษ์, วสันต์ จันทร์แดง, แสงสรรค์ ภูมิสถาน, สราวุธ สังข์แก้ว, รุ่งเรือง พูลศิริ, พิชิต ลำไย, ปิยวัตน์ ดิลกสัมพันธ์, นรินธร จำวงษ์, พยัตติพล ฉรงคะชวนะ, ยุทธพงษ์ คีรีมังคละ และ นพพร จันทร์เกิด. 2558. **แผนพัฒนาป่าสาธิตวังน้ำ เขียวอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา (พ.ศ. 2559 - 2563).** คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์. 2537. กระถินเทพาไม้ที่น่าจับตามอง สำหรับพื้นที่เสื่อมโทรม ฝนชุก และดินมีความชุ่มชื้นสูง. *ใน* **ร้อยบทความป่าไม้ 2538**. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วันชัย อรุณประภารัตน์. 2542. แนวทางการใช้ประโยชน์พื้นที่สถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว, น. 25-32. *ใน* คณะวนศาสตร์, ผู้รวบรวม. **สวนรวมพรรณไม้ป่าเฉลิมพระเกียรติ ร. 9 ณ สถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วาทินี ทองเชตุ. 2542. **ความผันแปรระหว่างถิ่นกำเนิดของชลศักย์ในใบไม้กระถินณรงค์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภสิทธิ์ ชุนเชาวฤทธิ์. 2543. **การทดสอบถิ่นกำเนิดของไม้สนทะเลที่สถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์ห้วยยาง อำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรีย์ ภูมิภมร. 2522. **เมล็ดพรรณไม้ป่าในเขตร้อน**. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ. 2557. **แนวทางการพัฒนาแหล่งเมล็ดพันธุ์ไม้ป่า**. สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.

อุษารัตน์ เทียนไชย, สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ และ สุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ. 2556. สถานภาพปัจจุบันและแนวทางการจัดการของการอนุรักษ์พันธุกรรมนอกถิ่นกำเนิดไม้ยางนาของกรมป่าไม้. **วารสารวนศาสตร์** 32 (ฉบับพิเศษ): 119-132.

Arnold, R.J., A. Gonzales and A. Abraquez. 1998. Domestication of exotic species in Bukidnon province, Philippines, pp. 136-142. *In* Turnbull, J.W., H.R. Crompton and K. Pinyopusarerk (eds) **Recent Developments in Acacia Plantation**. Proceeding of an international workshop held in Hanoi, Vietnam 27-30 October. ACIAR Proceeding No. 82.

Bouasavanh, S. and B. Thaiutsa. 1999. Three-year-old growth of exotic species and provenances

planted in Lao PDR, pp. 13-17. *In* **Proceeding of International Workshop of BIO-REFOR, November 3-5, 1998**. Manila, Philippines.

Eldridge, K., J. Davidson, C. Hardwood and G.V. Wyk. 1997. **Eucalypt Domestication and Breeding**. Oxford University Press, Oxford.

Lambeth, C.C., J.P. Van Buijtenen, S.D. Duke and R.B. Mc Cullaugh. 1983. Early selection is effective in 20-year-old genetics tests of loblolly pine. **Silvae Genet**. 32: 210-215.

Lawskul, S. 1991. **Provenance trials of *Acacia mangium* Willd. at Lad Krating Plantation, Chachoengsao**. MSc. Thesis, Kasetsart University.

Loha, A., M. Tigabu, D. Teketay, K. Lundkvist and A. Fries. 2006. Provenance variation on seed morphometric traits, germinations, and seedling growth of *Cordia africana* Lam. **New Forests** 32(1): 71-86.

Maelim, S. 2000. **Provenance Variation on Certain Morphological Characteristics of Indonesian *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake at Lad Krating Plantation, Chachoengsao**. MSc. Thesis, Kasetsart University.

Maid, M. 2006. **Provenance Variation and Progeny Testing of *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake Grown at Lad Krating Plantation, Chachoengsao Province**. MSc. Thesis, Kasetsart University.

Matheson, A.C. and C.A. Raymond. 1986. A review of provenance x environment interaction: its practical importance and use with particular reference to the tropics. **Commonw. For. Rev**. 65: 283-302.

Na Takuathung, C. 2005. **Provenance Variation on Wood Quality of *Acacia mangium* Willd**. MSc. Thesis, Kasetsart University.

_____., D. Pipatwattanakul and S. Bhumibhamon. 2012. Provenance variation in seed morphometric traits and growth performance of *Senna siamea* (Lam.) Erwin et Barneby at Lad Krating Plantation, Chachoengsao Province, Thailand. **Kasetsart J. (Nat. Sci.)** 46: 394-407.

Nghia, N.H. and L.D. Kha. 1998. Selection of Acacia species and provenances for planting in Vietnam, pp. 130-135. *In* Turnbull, J.W., H.R. Crompton and K. Pinyopusarerk (eds) **Recent Developments in Acacia Plantation**. Proceeding of an international workshop held in Hanoi, Vietnam 27-30 October. ACIAR Proceeding No. 82.

Pipatwattanakul, D. 1989. **Provenance Variation in Wood Basic Density of *Acacia mangium* Willd. at Lad Krating Plantation, Chachoengsao**. MSc. Thesis, Kasetsart University.

Popromsree, K. 2006. **Provenance Variation on Certain Characteristics and in Situ Gene Conservation Forest of Merkus Pine (*Pinus merkusii* Jungh. & De Vriese)**. MSc. Thesis, Kasetsart University.

Rattanachol, K. 1997. **Provenance Variation on Morphological, Anatomical and Physiological Characteristics of *Casuarina equisetifolia* Grown at Lad Krating Plantation, Chachoengsao**. MSc. Thesis, Kasetsart University.

Samountry, X. 1998. *Acacia mangium*: Potential species for commercial plantations in Lao PDR, pp. 102-105. *In* Turnbull, J.W., H.R. Crompton and K. Pinyopusarerk (eds) **Recent Developments in Acacia Plantation**. Proceeding of an international workshop held

in Hanoi, Vietnam 27-30 October. ACIAR Proceeding No. 82.

Sengloung, R. 2002. **Provenance Variation on Certain Morphological Characteristics of *Casuarina junghuhniana* Miq. at Lad Krating Plantation in Chachoengsao, Thailand.** MSc. Thesis, Kasetsart University.

Swatdipakdi, R. 1992. **Provenance Variation in Growth Performances and Some Phyllode Characteristics of *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. at Lad Krating Plantation, Chachoengsao**. MSc. Thesis, Kasetsart University.

Thaiutsa, B., P. Meekaew and S. Chunchaowarit. 2002. International provenance trials of Casuarina equisetifolia in southern Thailand, pp. 19-25. *In* Katsuaki, I., M. Masaya and S. Kazou (eds). **Proceeding of the International Workshop of BIO-REFOR, October 7-11, 2001**. Tokyo, Japan.

Zobel, B. and J. Talbert, 1984. **Applied Forest Tree Improvement**. Wiley, New York.

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประมาณแก่นและการกักเก็บคาร์บอนของไม้พะยูง ณ สถานีวนวัฒนวิจัยหมูสี จังหวัดนครราชสีมา

Estimation of Heartwood and Carbon Storage of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre at Mu Si Silvicultural Research Station, Nakhon Ratchasima Province

อังสุมา พิณทอง[1,2*]
ธิติ วิสารัตน์[2]
ชุติกานต์ หุตะแสงชัย[2]
พรเทพ เหมือนพงษ์[1]
สาพิศ ดิลกสัมพันธ์[1]

Angsuma Pinthong[1,2*]
Thiti Visaratana[2]
Chutikan Hutasangchai[2]
Ponthep Meunpong[1]
Sapit Diloksumpun[1]

[1] คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[2]สำนักวิจัย และพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้
Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department
[*]Corresponding Author, E-mail: angsuma.paw@hotmail.com

รับต้นฉบับ 1 สิงหาคม 2560 รับลงพิมพ์ 14 กันยายน 2560

ABSTRACT

Estimation of heartwood and carbon storage from 5 provenances of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre was conducted at Mu Si silvicultural research station, Nakhon Ratchasima province which 4×4 m. spacing objected to estimate heartwood quantity by established allometric equations between heartwood and any given dimension of trees. In addition, carbon was studied by analyzed carbon concentration in all part of tree. Results found that survival rate from KH, MS, ML, SK and DL provenance were 49.33, 24.21, 58.93, 49.45 and 60.60 percent, respectively. DBH were 21.89, 21.64, 21.08, 21.72 and 23.40 cm., respectively and MAI were 0.70-0.78 cm.year^{-1}, total height were 20.82, 20.61, 20.35, 20.67 and 21.67 m., respectively which MAI between 0.68-0.72 m.year^{-1}. Basal area were 12.33, 5.99, 13.60, 12.24 and 17.32 m^{3}ha^{-1}, respectively. Quantity of heartwood from KH, MS, ML, SK and DL provenances were 17.77, 9.34, 17.94, 18.49 and 31.07 tonha^{-1}, respectively. Heartwood quantity of 5 provenances were significance different ($P<0.05$). Heartwood trended to increase when increasing DBH. For aboveground biomass from KH, MS, ML, SK and DL were 113.93, 56.59, 120.28, 114.39 and 174.78 tonha^{-1}, respectively and aboveground carbon content were 54.39, 27.05, 57.39, 54.65 and 83.64 tonCha^{-1}, respectively. DL was the best provenance in term of heartwood volume, and also aboveground biomass and carbon storage.

Keywords: *Dalbergia cochinchinensis* Pierre, Heartwood, Carbon storage

บทคัดย่อ

การประมาณแก่นและการกักเก็บคาร์บอนของไม้พะยูง 5 ถิ่นกำเนิด ที่อายุ 30 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยหมูสี จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งปลูกด้วยระยะปลูก 4×4 เมตร เพื่อศึกษาปริมาณแก่น โดยการสร้างสมการแอลโลเมตริกจากความสัมพันธ์ของมิติของต้นไม้กับมวลชีวภาพแก่น และศึกษาการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้พะยูง 5 ถิ่นกำเนิด ผลการศึกษาพบว่า ไม้พะยูงถิ่นกำเนิดเขาใหญ่ มหาสารคาม มวกเหล็ก ศรีสะเกษ และดงลาน มีอัตราการรอดตาย 49.33, 24.21, 58.93, 49.45 และ 60.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยเท่ากับ 21.89, 21.64, 21.08, 21.72 และ 23.40 เซนติเมตร ตามลำดับ คิดเป็นความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี 0.70-0.78 เซนติเมตรต่อปี มีความสูงทั้งหมดเฉลี่ย เท่ากับ 20.82, 20.61, 20.35, 20.67 และ 21.67 เมตร ตามลำดับ คิดเป็นความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี 0.68-0.72 เมตรต่อปี มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 12.33, 5.99, 13.60, 12.24 และ 17.32 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีปริมาณแก่น เท่ากับ 17.77, 9.34, 17.94, 18.49 และ 31.07 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ โดยปริมาณแก่นทั้ง 5 ถิ่นกำเนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเพิ่มขึ้น สำหรับมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมีค่าเท่ากับ 113.93, 56.59, 120.28, 114.39 และ 174.78 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เท่ากับ 54.39, 27.05, 57.39, 54.65 และ 83.64 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ทั้งนี้ถิ่นกำเนิดดงลานเป็นถิ่นกำเนิดที่มีปริมาณแก่นมากที่สุด มีมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมากที่สุด

คำสำคัญ: พะยูง แก่น การกักเก็บคาร์บอน

คำนำ

ในช่วงระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา เกิดกระแสนิยมใช้ประโยชน์แก่นไม้พะยูงเป็นอย่างมาก เนื่องจากแก่นมีลวดลายและสีสวยงาม เนื้อไม้มีความละเอียด แข็งแรง ทนทาน จึงมีการนำมาทำเครื่องเรือน เครื่องใช้ การก่อสร้าง การแกะสลัก ตลอดจนด้วยชื่อที่เป็นมงคล ทำให้แก่นไม้พะยูงมีราคาสูงมาก โดยสีสันและลวดลายของไม้พะยูงนั้นแตกต่างกันออกไปในแต่ละท้องที่ เช่น สีส้ม แดงเลือดหมู แดงอมม่วง ม่วงอมน้ำตาลดำ หรือน้ำตาลดำ (วิชาญ และคณะ, 2557) อย่างไรก็ตามในประเทศไทยยังไม่มีการปลูกไม้พะยูงในรูปแบบสวนป่าเหมือนกับไม้สัก หรือยูคาลิปตัส จึงทำให้เกิดการลักลอบตัดไม้พะยูงในป่าธรรมชาติโดยเฉพาะทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย ไม้พะยูงจึงถูกจัดให้เป็นชนิดไม้ที่มีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ตามบัญชีแดงของสหภาพเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติ (IUCN, 2009) ทั้งนี้กรมป่าไม้ได้มีการวิจัยและดำเนินการอนุรักษ์ไม้พะยูง โดยมีการจัดสร้างแปลงทดสอบถิ่นกำเนิด (provenance trials) และแปลงอนุรักษ์พันธุ์ (gene conservation plot) ตลอดจนดำเนินการสร้างแปลงอนุรักษ์พันธุกรรม (gene bank) ด้วย (สุวรรณ, 2556) ดังนั้นการศึกษาปริมาณแก่นไม้พะยูงที่ปลูกในรูปแบบสวนป่า จะเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าไม้พะยูง จากแม่ไม้ที่มีลักษณะดี ให้ปลูกได้ โตดี มีปริมาณแก่นสูง เมื่อถึงช่วงเวลาการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสม ซึ่งการเติบโตของไม้พะยูงที่ปลูกในรูปแบบสวนป่ามีการเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.94 เซนติเมตรต่อปี และความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.76 เมตรต่อปี จัดได้ว่าเป็นไม้ที่มีอัตราการเติบโตปานกลาง (พรเทพ, 2559) จึงสามารถส่งเสริมปลูกเป็นไม้เศรษฐกิจได้ จะทำให้การใช้ประโยชน์ไม้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น ลดการนำเข้าไม้ และเพิ่มการส่งออกไม้พะยูง ก่อให้เกิดการสร้างรายได้ ตลอดจนยังเป็นการทดแทนไม้ชนิดอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน และลดปัญหาการบุกรุกในพื้นที่ป่าธรรมชาติ

นอกจากประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจของการใช้ประโยชน์เนื้อไม้แล้วนั้น ในด้านนิเวศวิทยา การศึกษาปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน ยังช่วยให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนของไม้พะยูงด้วย เนื่องด้วยมวลชีวภาพทำให้เกิดการไหลเวียนของพลังงาน และการหมุนเวียนของธาตุอาหาร ในกระบวนการของระบบนิเวศ และสายใยอาหาร ตลอดจนกระบวนการสร้างมวลชีวภาพช่วยให้เกิดดุลยภาพระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิต และมวลชีวภาพยังเป็นตัวควบคุมความมั่นคงของสิ่งแวดล้อมและลดมลภาวะ (พงษ์ศักดิ์, 2552) โดยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนขึ้นอยู่กับปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ (เสริมพงศ์และจงรัก, 2543) ดังนั้นการศึกษาการประมาณแก่นและการกักเก็บคาร์บอนของไม้พะยูง เพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าไม้พะยูงให้มีปริมาณแก่นมากตามความต้องการของตลาด ตลอดจนเป็นแนวทางในการดูดซับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนที่กำลังเผชิญอยู่ในปัจจุบัน

อุปกรณ์ และวิธีการ

ดำเนินการวัดการเติบโตของไม้พะยูง 5 ถิ่นกำเนิด ได้แก่ ถิ่นกำเนิดเขาใหญ่ (KH) จำนวน 222 ต้น มหาสารคาม (MS) จำนวน 230 ต้น มวกเหล็ก (ML) จำนวน 442 ต้น ศรีสะเกษ (SK) จำนวน 544 ต้น และดงลาน (DL) จำนวน 606 ต้น ที่ปลูกด้วยระยะปลูก 4×4 เมตร รูปแบบการปลูกแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ในแปลงทดลองพื้นที่ 42.5 ไร่ จำนวนทั้งสิ้น 2,044 ต้น โดยวัดการเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงทั้งหมดของไม้พะยูง 5 ถิ่นกำเนิด จากนั้นคัดเลือกต้นไม้ตัวอย่างจากการจัดอันตรภาคชั้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ครอบคลุม 5 ถิ่นกำเนิด ได้ต้นไม้ตัวอย่างจำนวน 8 ต้น ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 12.20, 15.00, 16.80, 20.96, 25.00, 27.90, 30.00 และ 36.60 เซนติเมตร นำมาศึกษามวลชีวภาพ เพื่อสร้างสมการประมาณมวลชีวภาพ

โดยทำการเก็บข้อมูลต้นไม้ตัวอย่าง ได้แก่ วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก วัดความสูงทั้งหมดของต้นไม้แยกส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ในส่วนที่เป็นลำต้น ตัดทอนเป็นท่อนๆ ละ 1 เมตร ชั่งน้ำหนักสดลำต้น และแยกส่วนที่เป็นเปลือก กระพี้ และแก่น แล้วชั่งน้ำหนักสดของแต่ละส่วน สำหรับส่วนที่เป็นใบและกิ่ง ชั่งน้ำหนักสดทั้งหมด จากนั้นเก็บตัวอย่างส่วนที่เป็นเปลือก กระพี้ แก่น กิ่ง และใบนำไปวิเคราะห์มวลชีวภาพ โดยนำตัวอย่างไปอบด้วยตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักคงที่ จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักแห้งของตัวอย่างทั้งหมด นำค่าน้ำหนักแห้งจากตัวอย่าง คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ดังสมการที่ (1) (ชิงชัย, 2546 อ้างถึง ก้องเกียรติ และคณะ, 2530) และนำข้อมูลไปวิเคราะห์มวลชีวภาพทั้งหมดในแต่ละส่วนของต้นไม้ตัวอย่าง ดังสมการที่ (2) (ชิงชัย, 2546 อ้างถึง ก้องเกียรติ และคณะ, 2530)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสดตัวอย่าง}-\text{น้ำหนักแห้งตัวอย่าง}}{\text{น้ำหนักแห้งตัวอย่าง}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{น้ำหนักแห้ง} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสดทั้งหมด}}{100+\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น}} \quad (2)$$

สร้างสมการประมาณมวลชีวภาพและแก่นไม้พะยูง โดยนำค่ามวลชีวภาพส่วนที่เป็นเปลือก กระพี้ แก่น กิ่ง และใบ ของต้นไม้ตัวอย่าง มาสร้างสมการรูปแบบแอลโลเมตริก (allometric equation) ในรูปของสมการยกกำลัง (power equation) ของมวลชีวภาพกับขนาดของต้นไม้ ดังสมการที่ (3) (Satoo and Senda, 1958) และทำการประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและแก่นไม้พะยูงทั้ง 5 ถิ่นกำเนิด

$$Y = aX^b \quad (3)$$

เมื่อ Y = มวลชีวภาพเปลือก (W_{Bark}), กระพี้ (W_S), แก่น (W_H), กิ่ง (W_B) และใบ (W_L)

X = มิติของต้นไม้ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูง)

a และ b เป็นค่าคงที่ของสมการ

สำหรับการวิเคราะห์คาร์บอนนำตัวอย่างส่วนของเปลือก กระพี้ แก่น กิ่ง และใบ บดหรือสับให้ละเอียดไปวิเคราะห์คาร์บอนในห้องปฏิบัติการ ด้วยเครื่อง 2400 Series II CHNS/O Analyzer (Perkin Elmer) เพื่อหาความเข้มข้นของคาร์บอน (carbon concentration) ที่สะสมในมวลชีวภาพ จากนั้นนำค่าความเข้มข้นคาร์บอนมาคูณค่ามวลชีวภาพในแต่ละส่วนของไม้พะยูงทั้ง 5 ถิ่นกำเนิด

ผลและวิจารณ์

1. การเติบโตของไม้พะยูง 5 ถิ่นกำเนิด

ไม้พะยูง ในแปลงทดลองที่สถานีวนวัฒนวิจัยหมูสี จังหวัดนครราชสีมา ปลูกด้วยระยะปลูก 4×4 เมตร ได้แก่ ถิ่นกำเนิดเขาใหญ่ มหาสารคาม มวกเหล็ก ศรีสะเกษ และดงลาน พบว่า มีอัตราการรอดตาย 49.33, 24.21, 58.93, 49.45 และ 60.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 12.33, 5.99, 13.60, 12.24 และ 17.32 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ โดยถิ่นกำเนิดดงลาน มีอัตราการรอดตายมากที่สุด การเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้พะยูง 5 ถิ่นกำเนิด พบว่า ถิ่นกำเนิดดงลานมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 23.40 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ ถิ่นกำเนิดเขาใหญ่ ศรีสะเกษ มหาสารคาม และมวกเหล็ก มีค่าเท่ากับ 21.89, 21.72, 21.64 และ 21.08 เซนติเมตร ตามลำดับ คิดเป็นความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 0.78, 0.73, 0.72, 0.72 และ 0.70 เซนติเมตรต่อปี ตามลำดับ (Table 1) การเติบโตทางด้านความสูง พบว่า ถิ่นกำเนิดดงลานมีความสูงทั้งหมดเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 21.67 เมตร รองลงมาได้แก่ ถิ่นกำเนิดเขาใหญ่ ศรีสะเกษ มหาสารคาม และมวกเหล็ก มีค่าเท่ากับ 20.82, 20.67, 20.61 และ 20.35 เมตร ตามลำดับ คิดเป็นความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 0.72, 0.69, 0.69, 0.69 และ 0.68 เมตรต่อปี ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ ธิติ และเกรียงไกร (2556ก) พบว่า การเติบโตของไม้พะยูง อายุ 25 ปี ระยะปลูก 2×3 เมตร ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยเพียง 12.23 เซนติเมตร ซึ่งน้อยกว่าการเติบโตถิ่นกำเนิดมวกเหล็ก และเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ ชัชรินทร์ และพรเทพ (2558) พบว่า การเติบโตของไม้พะยูง อายุ 26 ปี ระยะปลูก 3×3 เมตร ที่สถานีวนวัฒนวิจัยทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 24.55 เซนติเมตร มีค่าสูงกว่าการศึกษาในครั้งนี้ และเมื่อเปรียบเทียบการเติบโตทางด้านความสูงของไม้พะยูง อายุ 25 ปี มีค่าเท่ากับ 16.47 เมตร (ธิติ และเกรียงไกร, 2556ก) พบว่า น้อยกว่าถิ่นกำเนิดมวกเหล็ก และเมื่อเปรียบเทียบกับไม้พะยูง อายุ 26 ปี ที่มีความสูง ทั้งหมดเฉลี่ย เท่ากับ 20.14 เมตร (ชัชรินทร์ และพรเทพ, 2558) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาครั้งนี้ ทั้งนี้สาเหตุที่ทำให้แต่ละพื้นที่มีการเติบโตที่แตกต่างกันมาก อาจเนื่องมาจากความแตกต่างกันของระยะปลูก คุณภาพของพื้นที่ สภาพภูมิอากาศ ในแต่ละแปลงทดลอง ซึ่งส่งผลต่อการเติบโตของต้นไม้ในแต่ละพื้นที่ ดังนั้นไม้พะยูงที่เติบโตในพื้นที่ต่างกัน ในช่วงอายุที่ต่างกัน จึงทำให้การเติบโตแตกต่างกันได้ ดังเช่นการศึกษาการเติบโตและผลผลิตของสวนป่ากรมป่าไม้และสวนป่าเอกชน ในพื้นที่ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง โดยทศพร และคณะ (2553) กล่าวว่า ค่าเฉลี่ยของการเติบโตในแต่ละชั้นอายุของสวนป่า ขึ้นอยู่กับความผันแปรของคุณภาพพื้นที่ของสวนป่าที่ทำการศึกษาในแต่ละชั้นอายุ

2. มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้พะยูง 5 ถิ่นกำเนิด

จากการสร้างสมการเพื่อประมาณมวลชีวภาพส่วนที่เป็นเปลือก กระพี้ แก่น กิ่ง และใบ ของพะยูงทั้ง 5 ถิ่นกำเนิด ดังแสดงใน Table 2 นำมาประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดของไม้พะยูง 5 ถิ่นกำเนิด พบว่า ถิ่นกำเนิดดงลาน มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมาก

ที่สุด เท่ากับ 174.78 ต้นต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ ถิ่นกำเนิดมวกเหล็ก ศรีสะเกษ เขาใหญ่ และมหาสารคาม เท่ากับ 120.28, 114.39, 113.93 และ 56.59 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 3) เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาไม้พะยูงอายุ 25 ปี ระยะปลูก 2×3 เมตร ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา มีค่าเท่ากับ 209.90 ต้นต่อเฮกตาร์ (ธิติ และเกรียงไกร, 2556ก) เห็นได้ว่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้พะยูงที่สถานีวนวัฒนวิจัยหมูสี จังหวัดนครราชสีมา มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินน้อยกว่าค่าจากการศึกษาของธิติ และเกรียงไกร (2556ก) ที่มีอัตราการรอดตายของไม้พะยูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากปัจจัยทางด้านสภาพพื้นที่ และความหนาแน่นของหมู่ไม้ที่แตกต่างกัน เพราะปัจจัยที่ควบคุมผลผลิต ได้แก่ สภาพอากาศ ลักษณะภูมิประเทศ คุณสมบัติของพื้นที่ ธรณีวิทยา อายุ และชีววิทยา รวมทั้งมนุษย์ พืช และสัตว์ (ชิงชัย, 2546 อ้างถึง Gessel, 1967)

มวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้น ถิ่นกำเนิดดงลานมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 124.63 ต้นต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ ถิ่นกำเนิดมวกเหล็ก ศรีสะเกษ เขาใหญ่ และมหาสารคาม เท่ากับ 86.67, 82.04, 81.68 และ 40.56 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มวลชีวภาพส่วนที่เป็นกิ่ง ถิ่นกำเนิดดงลานมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 47.36 ต้นต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ ถิ่นกำเนิดมวกเหล็ก ศรีสะเกษ เขาใหญ่ และมหาสารคาม เท่ากับ 31.46, 30.40, 30.29 และ 15.08 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มวลชีวภาพส่วนที่เป็นใบ ถิ่นกำเนิดดงลานมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 2.78 ต้นต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ ถิ่นกำเนิดมวกเหล็ก เขาใหญ่ ศรีสะเกษ และมหาสารคาม เท่ากับ 2.14, 1.96, 1.94 และ 0.95 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 3)

Table 1 Average growth of 5 provenances of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre.

Provenance	Diameter at breast height					Total height					Survival rate (%)	Total basal area (m^2 ha^{-1})
	Max (cm)	Min (cm)	Mean (cm)	SD	MAI (cm $year^{-1}$)	Max (m)	Min (m)	Mean (m)	SD	MAI (m $year^{-1}$)		
KH	35.50	11.20	21.89[b]	5.49	0.73	28.07	13.95	20.82[b]	3.27	0.69	49.33	12.33
MS	39.90	10.20	21.64[b]	5.95	0.72	30.13	13.18	20.61[b]	3.47	0.69	24.21	5.99
ML	39.80	10.60	21.08[b]	5.08	0.70	30.08	13.49	20.35[b]	2.99	0.68	58.93	13.60
SK	39.50	10.40	21.72[b]	5.67	0.72	29.95	13.34	20.67[b]	3.30	0.69	49.45	12.24
DL	38.90	10.40	23.40[a]	5.88	0.78	29.67	13.34	21.67[a]	3.43	0.72	60.60	17.32
Average	**38.72**	**10.56**	**21.95**	**5.61**	**0.74**	**29.58**	**13.46**	**20.82**	**3.29**	**0.70**	**48.50**	
significant			*					*				

Remark: ANOVA analysis, * when $P<0.05$

Table 2 Allometric equation for estimating aboveground biomass of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre in different tree parts (number: 8 tree)

Tree parts	Allometric equation	R^2
Bark	$0.0065(DBH^2H)^{0.8839}$	0.9678
Sapwood	$0.0130(DBH^2H)^{1.0225}$	0.9816
Heartwood	$0.0000002(DBH^2H)^{2.0490}$	0.9510
Branch	$0.0002(DBH^2H)^{1.3932}$	0.9806
Leaf	$0.0028(DBH^2H)^{0.8304}$	0.9724

Table 3 Aboveground biomass of 5 provenances of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre.

Provenance	Aboveground biomass (ton ha^{-1})						
	Stem	Bark	Sapwood	Heart-wood	Branch	Leaf	Total
KH	81.68	7.55	56.37	17.77^{bc}	30.29	1.96	113.93
MS	40.56	3.67	27.55	9.34^{ab}	15.08	0.95	56.59
ML	86.67	8.22	60.51	17.94^{c}	31.46	2.14	120.28
SK	82.04	7.49	56.05	18.49^{abc}	30.40	1.94	114.39
DL	124.63	10.82	82.75	31.07^{a}	47.36	2.78	174.78
Average	**83.12**	**7.55**	**56.65**	**18.92**	**30.90**	**1.96**	**115.99**
significant				*			

Remark: ANOVA analysis, * when $P<0.05$

3. ปริมาณแก่น และอัตราส่วนแก่นของไม้พะยูง 5 ถิ่นกำเนิด

ไม้พะยูงถิ่นกำเนิดดงลาน มีปริมาณแก่นมากที่สุด เท่ากับ 31.07 ตันต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ ถิ่นกำเนิดศรีสะเกษ มวกเหล็ก เขาใหญ่ และมหาสารคาม เท่ากับ 18.48, 17.94. 17.77 และ 9.34 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 3) เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ปริมาณแก่นทั้ง 5 ถิ่นกำเนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) และเมื่อพิจารณาแยกตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกดัง Table 4 พบว่า ปริมาณแก่นไม้พะยูงเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่เพิ่มขึ้น โดยไม้พะยูงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 21-25 เซนติเมตร มีปริมาณแก่นเฉลี่ย 38.39 กิโลกรัมต่อต้น คิดเป็นอัตราส่วนของแก่นต่อน้ำหนักมวลชีวภาพลำต้น 15.79 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาของ ชัชรินทร์ และพรเทพ (2558) ที่ประมาณอัตราส่วนของแก่นโดยสร้างสมการรีเกรสชั่นเส้นตรงจากความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของแก่นกับเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก พบว่า ไม้พะยูงอายุ 26 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 24.55 เซนติเมตร มีอัตราส่วนของแก่นต่อลำต้น เท่ากับ 33.39 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าการศึกษาครั้งนี้ ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 21-25 เซนติเมตร และเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ นวพงษ์ และพรเทพ (2558) ที่ศึกษาปริมาณแก่น โดยการเจาะลำต้น และวัดขนาดความยาวของส่วนเปลือก กระพี้ แก่น และประเมินอัตราส่วนของแก่นทั้งลำต้น พบว่า แก่นไม้พะยูงที่อายุ 27 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยหมูสี มีอัตราส่วนของแก่นสูงถึง 68 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงมากกว่าการศึกษาครั้งนี้เป็นอย่างมาก ทั้งนี้อาจด้วยวิธีการศึกษาที่แตกต่างกัน ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการชั่งน้ำหนักของแก่นโดยตรง และหาค่ามวลชีวภาพเป็นการประมาณแก่น ตลอดจน

เรื่องของปัจจัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ สภาพภูมิอากาศ การจัดการ รวมถึงระยะปลูกที่ใช้ ส่งผลต่อการเติบโตของต้นไม้ได้เช่นกัน

Table 4 Heartwood biomass of 5 provenances of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre.

Diameter at breast height (cm)	Biomass (kg tree^{-1})		Heartwood/Stem (%)
	Stem	Heartwood	
10-15	51.22	2.29	4.19
16-20	119.54	11.33	9.09
21-25	236.86	38.39	15.79
26-30	433.95	105.93	23.98
31-35	739.50	243.78	32.61
36-40	1,206.05	509.42	41.06

4. การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้พะยูง 5 ถิ่นกำเนิด

เมื่อนำส่วนที่เป็นเปลือก กระพี้ แก่น กิ่ง และใบ ของไม้พะยูงไปวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นคาร์บอนจากห้องปฏิบัติการ พบว่า แก่นมีความเข้มข้นคาร์บอนมากที่สุด เท่ากับ 52.74 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา ได้แก่ ใบ เท่ากับ 49.13 เปอร์เซ็นต์ กระพี้ เท่ากับ 47.37 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเปลือก และกิ่ง มีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับ 45.93 และ 45.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 5)

Table 5 Carbon content of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre in different parts.

Part of tree	Carbon content (%)
Bark	45.93
Sapwood	47.37
Heartwood	52.74
Branch	45.87
Leaf	49.13
Average	**48.21**

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินทั้งหมดของไม้พะยูง 5 ถิ่นกำเนิด พบว่า ถิ่นกำเนิดดงลาน มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมากที่สุด เท่ากับ 83.64 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ ถิ่นกำเนิดมวกเหล็ก ศรีสะเกษ เขาใหญ่ และมหาสารคาม เท่ากับ 57.39, 54.65, 54.39 และ 27.05 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 6) ซึ่งมีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินน้อยกว่าการศึกษาของธิติ และเกรียงไกร (2556ข) อายุ 25 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช ที่มีค่า 101.70 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ทั้งนี้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพ กล่าวคือ ในการวิเคราะห์หาปริมาณของคาร์บอนที่เก็บสะสมในแหล่งกักเก็บคาร์บอนแหล่งใดแหล่งหนึ่งของต้นไม้ ทำการวิเคราะห์จากค่ามวลชีวภาพและปริมาณความเข้มข้นของธาตุคาร์บอนที่สะสมอยู่ในเนื้อไม้ ซึ่งค่าความเข้มข้นของธาตุคาร์บอนที่สะสมในเนื้อไม้จะมีค่าสัมพันธ์โดยตรงกับมวลชีวภาพ (IPCC, 2006) ดังนั้นต้นไม้ที่มีการสะสมมวลชีวภาพมาก และมีประสิทธิภาพสูงในการกักเก็บคาร์บอน ย่อมส่งผลต่อปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในแต่ละส่วน จึงต้องมีการจัดการต้นไม้ให้มีการเติบโตที่ดี จะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนของไม้ในแต่ละพื้นที่ด้วย อย่างเช่นการศึกษา

ครั้งนี้ถิ่นกำเนิดดงลานมีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมาก จึงมีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมากที่สุด

เมื่อพิจารณาการกักเก็บคาร์บอนส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของไม้พะยูงทั้ง 5 ถิ่นกำเนิด พบว่า ถิ่นกำเนิดดงลาน มีการกักเก็บคาร์บอนส่วนที่เป็นลำต้นมากที่สุด เท่ากับ 60.55 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ ถิ่นกำเนิดมวกเหล็ก ศรีสะเกษ เขาใหญ่ และมหาสารคาม เท่ากับ 41.90, 39.75, 39.54 และ 19.66 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ สำหรับการกักเก็บคาร์บอนส่วนที่เป็นกิ่ง พบว่า ถิ่นกำเนิดดงลาน ยังคงมีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด เท่ากับ 21.73 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ ถิ่นกำเนิดมวกเหล็ก ศรีสะเกษ เขาใหญ่ และมหาสารคาม เท่ากับ 14.43, 13.94, 13.89 และ 6.91 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และการกักเก็บคาร์บอนส่วนที่เป็นใบ พบว่า ถิ่นกำเนิดดงลานมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 1.37 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ ถิ่นกำเนิดมวกเหล็ก เขาใหญ่ ศรีสะเกษ และมหาสารคาม เท่ากับ 1.05, 0.96, 0.95 และ 0.47 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 6)

Table 6 Aboveground carbon stock of 5 provenances of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre.

Provenance	Aboveground carbon storage (ton ha^{-1})						
	Stem	**Bark**	**Sapwood**	**Heartwood**	**Branch**	**Leaf**	**Total**
KH	39.54	3.47	26.70	9.37	13.89	0.96	54.39
MS	19.66	1.69	13.05	4.93	6.91	0.47	27.05
ML	41.90	3.77	28.66	9.46	14.43	1.05	57.39
SK	39.75	3.44	26.55	9.75	13.94	0.95	54.65
DL	60.55	4.97	39.20	16.38	21.73	1.37	83.64
Average	**40.28**	**3.47**	**26.83**	**9.98**	**14.18**	**0.96**	**55.42**

สรุป

ไม้พะยูง 5 ถิ่นกำเนิด ได้แก่ ถิ่นกำเนิดเขาใหญ่ มหาสารคาม มวกเหล็ก ศรีสะเกษ และดงลาน ที่ปลูกด้วยระยะปลูก 4×4 เมตร ที่สถานีวนวัฒนวิจัยหมูสี จังหวัดนครราชสีมา มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย เท่ากับ 21.89, 21.64, 21.08, 21.72 และ 23.40 เซนติเมตร ตามลำดับ คิดเป็นความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 0.73, 0.72, 0.70, 0.72 และ 0.78 เซนติเมตรต่อปี ตามลำดับ มีความสูงทั้งหมดเฉลี่ย เท่ากับ 20.82, 20.61, 20.35, 20.67 และ 21.67 เมตร ตามลำดับ และมีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 0.69, 0.69, 0.68, 0.69 และ 0.72 เมตรต่อปี ตามลำดับ โดยมีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 113.93, 56.59, 120.28, 114.39 และ 174.78 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเท่ากับ 54.39, 27.05, 57.39, 54.65 และ 83.64 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และไม้พะยูงทั้ง 5 ถิ่นกำเนิด มีปริมาณแก่น เท่ากับ 17.77, 9.34, 17.94, 18.49 และ 31.07 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ถิ่นกำเนิดดงลานมีความเหมาะสมในการส่งเสริมการปลูกไม้พะยูง และหากมีการศึกษาเพิ่มเติม ควรเพิ่มจำนวนตัวอย่างแยกออกเป็นแต่ละถิ่นกำเนิด และศึกษาเพิ่มเติมในพื้นที่อื่นที่มีการปลูกไม้พะยูงด้วยถิ่นกำเนิดเดียวกัน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ชัชรินทร์ เป็นบุญ และพรเทพ เหมือนพงษ์. 2558. ความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตและขนาดแก่นของไม้พะยูง อายุ 26 ปี ณ สถานีวนวัฒนวิจัยทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี, น. 145-153. *ใน* **การประชุมการป่าไม้ประจำปี พ.ศ. 2558 ป่าไม้ไทยใครกำหนด**. 22-26 เมษายน 2558. คณะวนศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชิงชัย วิริยะบัญชา. 2546. **คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหมู่ไม้**. ฝ่ายวนวัฒนวิจัยและพฤกษศาสตร์ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

ทศพร วัชรางกูร, จตุพร มังคลารัตน์, ประพาย แก่นนาค, สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล, สมชาย นองเนือง และวิโรจน์ ครองกิจศิริ. 2553. **รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัย การคาดคะเนการเจริญเติบโตและผลผลิตของสวนป่าไม้เศรษฐกิจ ภายใต้แผนงานวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์ไม้สวนป่าเชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรม**. กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการ ป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ธิติ วิสารัตน์ และเกรียงไกร โพธิงาม. 2556ก. การเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ากระถินณรงค์ กระถินเทพา ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และพะยูง, น.164-178. *ใน* **ผลงานวิชาการป่าไม้ การประชุมการป่าไม้ประจำปี พ.ศ. 2556 "ผลผลิตและงานวิจัยป่าไม้ สู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน"**. 5-9 สิงหาคม 2556.กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ธิติ วิสารัตน์ และเกรียงไกร โพธิงาม. 2556ข. การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนป่ากระถินณรงค์ กระถินเทพา ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และพะยูง อายุ 25 ปี, น. 179-190. *ใน* **ผลงานวิชาการป่าไม้ การประชุมการป่าไม้ประจำปี พ.ศ. 2556 "ผลผลิตและงานวิจัยป่าไม้ สู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน"**. 5-9 สิงหาคม 2556. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

นวพงษ์ เกื้อสกุล และพรเทพ เหมือนพงษ์. 2558. ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีและสมการเพื่อประเมินอัตราส่วนแก่นของไม้พะยูงในประเทศไทย, น. 150-154. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย.** คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พงษ์ศักดิ์ สหุนาพุ. 2552. การประมาณมวลชีวภาพของพืชและของป่าไม้. **วารสารการจัดการป่าไม้** 3 (5): 63–88.

พรเทพ เหมือนพงษ์. 2559. ไม้พะยูง: จากเสาล้อมคอกวัวถึงพระราชวังต้องห้าม, น. 188-189. *ใน* **8 ทศวรรษ วนศาสตร์ ศาสตร์แห่งชีวิต**. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิชาญ เอียดทอง, อรพรรณ จันทร์แก้ว, สุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ และกุศล ตั้งใจพิทักษ์. 2557. บันทึกถึงความผันแปรสีและลวดลายแก่นไม้พะยูง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. **วารสารการจัดการป่าไม้** 8 (15): 23-36.

สุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ. 2556. พะยูง: แนวทางการอนุรักษ์และจัดการทรัพยากรพันธุกรรม, น. 427-438. *ใน* **ผลงานวิชาการป่าไม้ การประชุมการป่าไม้ประจำปี พ.ศ. 2556 "ผลผลิตและงานวิจัยป่าไม้ สู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน"**. 5-9 สิงหาคม 2556. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

เสริมพงศ์ นวลงาม และจงรัก วัชรินทร์รัตน์. 2543. บทบาทของการปลูกสร้างสวนป่าต่อการกักเก็บคาร์บอนที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา. **วารสารวนศาสตร์** 19 (21): 96-103.

IPCC. 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. International Panel on Climate Change.IGES, Hayama, Japan.

IUCN. 2009. **IUCN red list of threatened species (version 2009.1)** IUCN. Available source: http://www.iucnreslist.org, August 14, 2009.

Satoo, T. and M. Senda. 1958. Meterials for the studies of growth in stand. IV. Amount of leaves and production of wood in young plantation of *Chameacyparis obtusa*. Bull. **Tokyo University.For.** 54: 7-100.

นิพนธ์ต้นฉบับ

พลวัตของสังคมป่าเต็งรัง และปริมาณการกักเก็บคาร์บอน บริเวณป่าชุมชนบ้านหนองใหญ่ จังหวัดกาญจนบุรี

Dynamics of Dry Dipterocarp Forest and Carbon Sequestration at Nongyai Community Forest, Kanchanaburi Province

กุลธิดา คำใจ[1,2*]
พรเทพ เหมือนพงษ์[2]
สาพิศ ดิลกสัมพันธ์[2]

Kulthida Kamjai[1,2*]
Ponthep Meunpong[2]
Sapit Diloksumpun[2]

[1]สำนักการอนุญาต กรมป่าไม้
Permission Bureau, Royal Forest Department
[2] คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding Author, E-mail: yui67_kul@hotmail.com

รับต้นฉบับ 24 สิงหาคม 2560 รับลงพิมพ์ 18 กันยายน 2560

ABSTRACT

The study on dynamics of dry dipterocarp forest and carbon sequestration was conducted at Nongyai community forest, Kanchanaburi province. The study was carried out on 90 x 90 meter permanent plot aiming at clarification on dry dipterocarp forest dynamics and carbon sequestration of the community forest which was managed by communities from adjacent villages. The measurement includes diameter at breast height (DBH) and total height of both trees and saplings, seedlings were counted for quantity changes. The data were of the years 2013 and 2016 compared by diversity index, importance value index, gain of biomass and carbon accumulations that were calculated by using allometric equations.

The results revealed that *Pterocarpus macrocarpus* Kurz*, Sindora siamensis* Teijsm. ex Miq, *Xylia xylocarpa* Taub, *Shorea obtusa* Wall and *Shorea siamensis* Miq were the most abundant, widely distributed and dominant tree species. Slightly difference was found between 2013 and 2016 in terms of plant species changes, number and species diversity. That were, in 2016 number of seedlings were increased 3 species; sapling were increased 2 species while only one tree species was decreased. Shannon-Wiener index of 2016 was 2.59, comparing to the result of 2013 , it decreased by 0.01 while evenness index was the same; richness index had a slightly decreased .Biomass content and aboveground carbon accumulation in 2013 were 11,489.42 kg/rai

and 5,400.02 kg/rai, respectively, in 2016 were 13,404.99 kg/rai and 6,300.35 kg/rai, respectively. Three years, gain of biomass were 1,915.57 kg/rai; gain of carbon accumulation were 900.33 kg/rai or mean annual increment of biomass was 638.53 kg/rai/year and mean annual increment of carbon accumulation was 300.11 kg/rai/year.

Keywords: Dynamics, Dry dipterocarp forest, Carbon sequestration, Nongyai community forest

บทคัดย่อ

การศึกษาพลวัตของสังคมป่าเต็งรัง และปริมาณการกักเก็บคาร์บอน บริเวณป่าชุมชน บ้านหนองใหญ่ จังหวัดกาญจนบุรี ได้ทำการสำรวจเก็บข้อมูลในแปลงตัวอย่างถาวร ขนาด 90 × 90 เมตร จำนวน 1 แปลง ในปี พ.ศ. 2559 ซึ่งเป็นแปลงศึกษาวิจัยที่กรมป่าไม้เคยศึกษาเรื่องความหลากหลายทางชีวภาพ และการสะสมคาร์บอนของป่าชุมชน ปี พ.ศ. 2556 โดยได้ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูงของไม้ใหญ่และไม้รุ่น และนับจำนวนกล้าไม้ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความหลากหลายทางชีวภาพ ความหนาแน่นของหมู่ไม้ ความเด่นหรือการปกคลุมพื้นที่ของหมู่ไม้ ความเพิ่มพูนมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพรรณพืช โดยใช้สมการแอลโลเมตรี

ผลการศึกษาพบว่า พรรณไม้เด่นในพื้นที่ ได้แก่ ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) มะค่าแต้ (*Sindora siamensis* Teijsm. ex Miq.) แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.) เต็ง (*Shorea obtusa* Wall.) และ รัง (*Shorea siamensis* Miq.) ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสังคมพืชทางชนิด จำนวน และความหลากหลายของชนิดพันธุ์ ระหว่างปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2559 มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย กล่าวคือ ในปี พ.ศ. 2559 กล้าไม้มีจำนวนชนิดพันธุ์เพิ่มขึ้น 3 ชนิด ไม้รุ่นเพิ่มขึ้น 2 ชนิด ในขณะที่ไม้ใหญ่กลับพบว่าลดลง 1 ชนิด ค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener มีค่า 2.59 ซึ่งลดลง 0.01 เมื่อเปรียบเทียบกับ ปี พ.ศ. 2556 ในขณะที่ความสม่ำเสมอของชนิดพันธุ์ (evenness index) มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง และความร่ำรวยของชนิดพันธุ์ (richness index) มีค่าลดลงเล็กน้อย มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอน ในปี พ.ศ.2556 มีค่า 11,489.42 กิโลกรัม/ไร่ และ 5,400.02 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ แต่ในปี พ.ศ. 2559 มีค่า 13,404.99 กิโลกรัม/ไร่ และ 6,300.35 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ในช่วงระยะเวลา 3 ปี มวลชีวภาพมีค่าเพิ่มขึ้น 1,915.57 กิโลกรัม/ไร่ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน เพิ่มขึ้น 900.33 กิโลกรัม/ไร่ หรือคิดเป็นความเพิ่มพูนมวลชีวภาพเฉลี่ยรายปี 638.53 กิโลกรัม/ไร่/ ปี ความเพิ่มพูนปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยรายปี 300.11 กิโลกรัม/ไร่/ ปี

คำสำคัญ: พลวัต ป่าเต็งรัง การกักเก็บคาร์บอน ป่าชุมชนบ้านหนองใหญ่

คำนำ

ปัจจุบันภาวะโลกร้อน (global warming) หรือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) ทวีความรุนแรงและสร้างความเสียหายในหลายประเทศทั่วโลก สาเหตุสำคัญมาจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศโลก โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีปริมาณมากที่สุดในบรรยากาศ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (fossil fuels) การสูญเสียคาร์บอนที่กักเก็บในรูปเนื้อไม้ เนื่องจากการตัดไม้ทำลายป่า การสูญเสียคาร์บอนจากดินจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การตัดไม้ทำลายป่า การเผาป่า การถางป่าเพื่อการ

เพาะปลูก เป็นตัวการสำคัญที่สุด ในการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ เนื่องจากต้นไม้และป่าไม้ทำหน้าที่เปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นก๊าซออกซิเจน ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ก่อนที่ก๊าซจะขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ดังนั้น เมื่อพื้นที่ป่าลดน้อยลง ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงขึ้นไปสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศได้มากขึ้น ป่าชุมชนมีประโยชน์ต่อชุมชนทั้งทางตรงและทางอ้อม ประโยชน์ทางตรง ได้แก่ เป็นแหล่งผลิตไม้ฟืน อาหาร สมุนไพร สำหรับประโยชน์ทางอ้อม ได้แก่ เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร แหล่งกักเก็บคาร์บอนและแหล่งผลิตออกซิเจน ช่วยรักษาสมดุลของธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ป่าชุมชนนับว่ามีส่วนสำคัญในการรักษาและเพิ่มพื้นที่ป่าไม้โดยอาศัยการมีส่วนร่วมของชุมชนในท้องถิ่น ป่าชุมชนที่สมบูรณ์สะท้อนถึงศักยภาพในการเป็นแหล่งรักษาความหลากหลายทางชีวภาพ และลดก๊าซเรือนกระจกที่เป็นตัวการสร้างภาวะโลกร้อนหรือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่สำคัญยิ่ง

ป่าชุมชนบ้านหนองใหญ่ จังหวัดกาญจนบุรี มีสภาพเป็นป่าเต็งรัง มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของประชาชนในชุมชนท้องถิ่น ประกอบกับลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมที่เปลี่ยนแปลงไป ความต้องการใช้ทรัพยากรเพิ่มขึ้น ยิ่งทำให้มีการพึ่งพิงทรัพยากรป่าไม้มากขึ้น ทำให้พื้นที่ป่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันยังขาดข้อมูลในด้านการเปลี่ยนแปลง ของสภาพป่าทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาทิศทางการเปลี่ยนแปลงความหลากหลายทางชีวภาพ ความหนาแน่นของหมู่ไม้ ความเด่นหรือการปกคลุมพื้นที่ของหมู่ไม้ และปริมาณการสะสมคาร์บอนเหนือพื้นดินภายในป่าชุมชนบ้านหนองใหญ่ จังหวัดกาญจนบุรี จึงได้ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลซ้ำในปี พ.ศ. 2559 เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลในอดีต ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลที่สำคัญประกอบการพิจารณาและวางแผนในการบริหารจัดการพื้นที่ให้มีศักยภาพมากยิ่งขึ้น ก่อผลิตผลและสภาพแวดล้อมที่ดีรองรับต่อความต้องการของชุมชนในการปรับตัวและลดผลกระทบจากสภาวการณ์เปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในขณะนี้

อุปกรณ์ และวิธีการ

การวางแผนรวบรวมข้อมูล

ใช้ข้อมูลทุติยภูมิของกรมป่าไม้จากโครงการศึกษาและติดตามความหลากหลายทางชีวภาพและการสะสมคาร์บอนของป่าชุมชน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 กรณีศึกษาป่าชุมชนบ้านหนองใหญ่ หมู่ที่ 11 ตำบลหนองปรือ อำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี (กรมป่าไม้, 2556) เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง ดังแสดงใน Figure 1

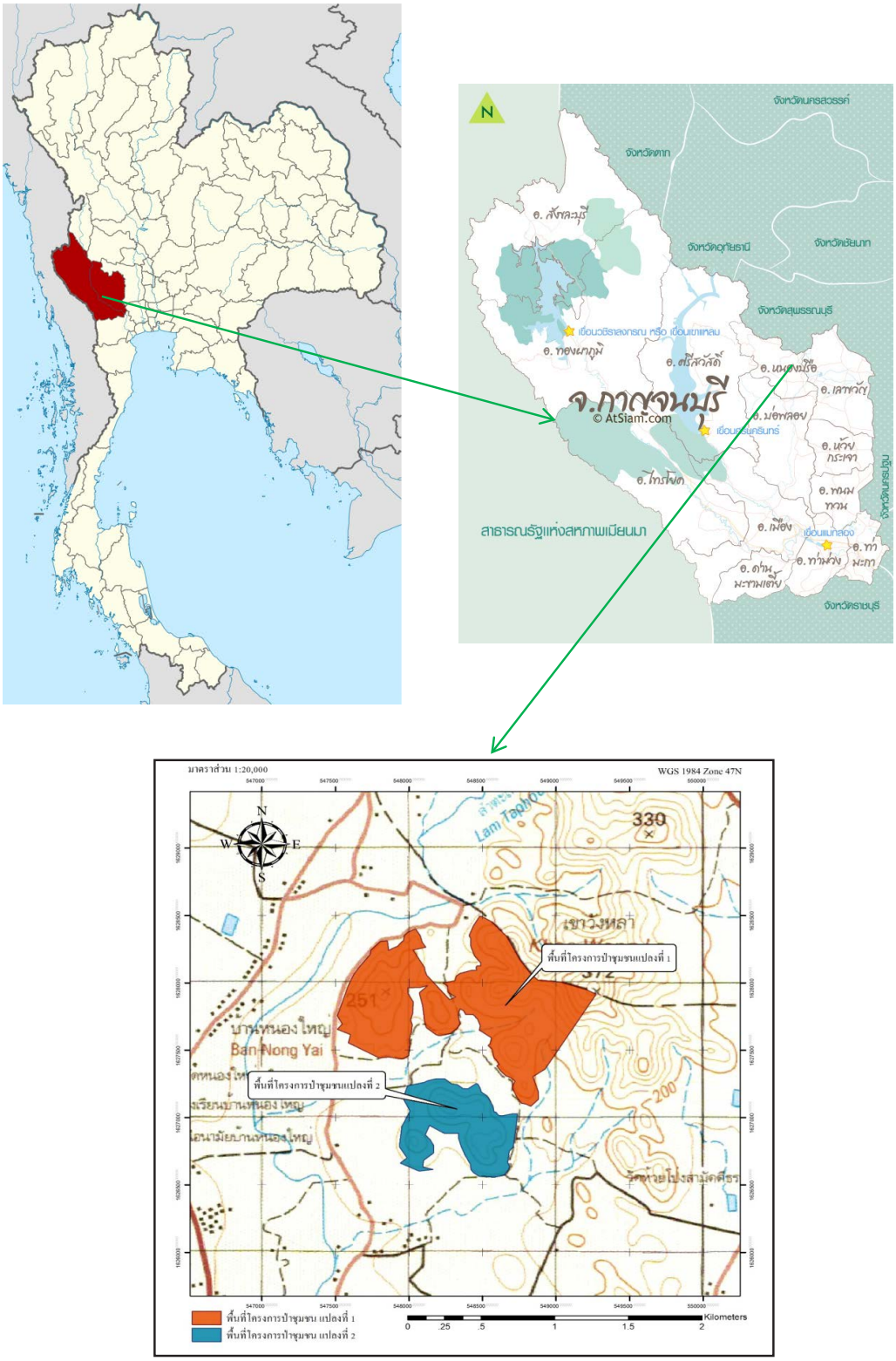


Figure 1 Nongyai community forest, Kanchanaburi province.

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

ทำการเก็บข้อมูลในแปลงตัวอย่างถาวรขนาด 90 × 90 เมตร เป็นแปลงถาวรเดิมที่วางไว้แล้ว จำนวน 1 แปลง ที่ได้บันทึกค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่มุมแปลงด้านล่างซ้ายของแปลงตัวอย่างไว้ โดยบันทึกข้อมูลเรียงตามลำดับบนแถบโลหะ และในแปลงตัวอย่างแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 × 10 เมตร จำนวน 81 แปลง เพื่อบันทึกข้อมูลต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) 4.5 เซนติเมตร และสูงมากกว่า 1.30 เมตรขึ้นไป ระบุ ชนิดไม้ ความโต และความสูง หากเป็นไผ่ทำการสำรวจโดยระบุชนิด ขนาดเส้นรอบวงที่ระดับความสูงเพียงอก จำนวนลำและความยาวเฉลี่ยของลำในแต่ละกอ ในทุกแปลงย่อยที่มุมด้านล่างซ้าย ทำการวางแปลงขนาด 4 × 4 เมตร จำนวน 9 แปลง ในแนวทแยง 45 องศา เพื่อบันทึกข้อมูลชนิดไม้รุ่น ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกน้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร แต่มีความสูงตั้งแต่ 1.30 เมตรขึ้นไป และวางแปลงขนาด 1 × 1 เมตร จำนวน 9 แปลง ในแปลงตัวอย่างขนาด 4 × 4 เมตร เพื่อบันทึกข้อมูลชนิดและจำนวนกล้าไม้ที่มีความสูงน้อยกว่า 1.30 เมตร

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายของไม้ใหญ่ ไม้รุ่น และกล้าไม้ (คำนวณจากแปลงตัวอย่างทุกแปลง) ดังนี้

1.1 Shannon - Wiener index หรือ Shannon's index *(H')* ตามวิธีของ (Shannon and Weaver, 1949) ดังนี้

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i \ln p_i$$

โดย H' = ค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener

p_i = สัดส่วนระหว่างจำนวนต้นไม้ชนิดที่ i ต่อ จำนวนต้นไม้ทั้งหมดในแปลง

S = จำนวนชนิดไม้ทั้งหมดในแปลงที่ศึกษา

1.2 ความสม่ำเสมอของชนิดพันธุ (evenness index) ตามวิธีของ Pielou (1975) ดังนี้

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

โดย E = ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ

H' = ค่าดัชนีความหลากหลาย

S = จำนวนชนิดไม้ทั้งหมดในแปลงที่ศึกษา

1.3 ความร่ำรวยของชนิดพันธุ์ (richness index; R_1) ตามวิธีของ Margalef (1958) ดังนี้

$$R_1 = \frac{S\text{-}1}{\ln(n)}$$

โดย S = จำนวนชนิดไม้ทั้งหมดในแปลงที่ศึกษา

n = จำนวนต้นไม้ทั้งหมดในแปลง

2. การวิเคราะห์สังคมพืช นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจคำนวณหาค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ความหนาแน่น (density; D) คือ จำนวนพรรณพืชชนิดหนึ่งชนิดใดต่อหน่วยพื้นที่ (อุทิศ, 2541) มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$D = \frac{\text{จำนวนพรรณพืชชนิดหนึ่งที่พบในแปลงตัวอย่างทั้งหมด}}{\text{พื้นที่รวมของแปลงตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการสำรวจ}}$$

2.2 ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density; RD) นิยมวัดหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (อุทิศ, 2541) มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$RD = \frac{\text{ความหนาแน่นของพรรณพืชชนิดหนึ่ง}}{\text{ความหนาแน่นของพรรณพืชทุกชนิด}} \times 100$$

2.3 ความถี่ (frequency; F) คือ ค่าความบ่อยครั้งของชนิดพรรณพืชชนิดหนึ่งชนิดใดที่ปรากฏในแปลงตัวอย่าง นิยมวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ (อุทิศ, 2541) มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$F = \frac{\text{จำนวนแปลงตัวอย่างที่พรรณพืชชนิดหนึ่งปรากฏอยู่}}{\text{จำนวนแปลงตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการสำรวจ}} \times 100$$

2.4 ความถี่สัมพัทธ์ (relative frequency; RF) นิยมวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ (อุทิศ, 2541) มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$RF = \frac{\text{ความถี่ของพรรณพืชชนิดหนึ่ง}}{\text{ผลรวมความถี่ของพรรณพืชทุกชนิด}} \times 100$$

2.5 ความเด่น (dominance; Do) หมายถึง ความมีอิทธิพลของพรรณพืชในสังคมพืชนั้น (อุทิศ, 2541) มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$Do = \frac{\text{พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของพรรณพืชชนิดหนึ่ง}}{\text{พื้นที่แปลงตัวอย่างที่ทำการสำรวจทั้งหมด}} \times 100$$

$$\text{พื้นที่หน้าตัดของพรรณพืชแต่ละต้น (ตารางเมตร)} = \frac{\pi DBH^2}{4}$$

2.6 ความเด่นสัมพัทธ์ (relative dominance; RD_O) เป็นค่าเปรียบเทียบทางด้านความเด่นของพรรณพืชกับความเด่นของพรรณพืชทั้งหมดในสังคมพืช (อุทิศ, 2541) มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$RDo = \frac{\text{ความเด่นของพรรณพืชชนิดหนึ่ง}}{\text{ผลรวมความเด่นของพรรณพืชทุกชนิด}} \times 100$$

2.7 ดัชนีความสำคัญ (importance value index; IVI) เป็นผลรวมค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ ความถี่สัมพัทธ์ และความเด่นสัมพัทธ์ (อุทิศ, 2541) มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$IVI = RD + RF + RD_O$$

3. ปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพ

3.1 คำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรายต้นของไม้ใหญ่ โดยนำผลรวมมวลชีวภาพของลำต้น (Ws) มวลชีวภาพของกิ่งก้าน (Wb) และมวลชีวภาพของใบ (Wl) ตามสมการแอลโลเมตรี ดังนี้

<u>ไม้ใหญ่</u> (Ogawa *et al*., 1965)

มวลชีวภาพของลำต้น (Ws) = $0.0396\ (D^2H)^{0.9326}$

มวลชีวภาพของกิ่งก้าน (Wb) = $0.003487\ (D^2H)^{1.027}$

มวลชีวภาพของใบ (Wl) = $(28.0/Wtc+0.025)^{-1}$

โดย Wtc = Ws + Wb

<u>ไม้รุ่น</u> (ธิติ และชลธิดา, 2547)

มวลชีวภาพของลำต้น (Ws) = $0.0702\ (D^2H)^{0.8737}$

มวลชีวภาพของกิ่งก้าน (Wb) = $0.0093\ (D^2H)^{0.9403}$

มวลชีวภาพของใบ (Wl) = $0.00244\ (D^2H)^{1.0517}$

โดย D = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

และ H = ความสูง (เมตร)

3.2 คำนวณมวลชีวภาพของไผ่บงดำ (*Bambusa tulda*) จากสมการแอลโลเมตรี (Kutintara *et al*., 1995)

$$Wt = 0.49522\ (D^2)^{0.8726}$$

โดย D = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

3.3 คำนวณปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ใหญ่รายต้น นำมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรายต้นของไม้ใหญ่ และไม้รุ่นคูณด้วยค่าคงที่ 0.47 (IPCC, 2006)

3.4 นำผลรวมปริมาณคาร์บอนของรายต้นของไม้ใหญ่ ไม้รุ่น และไผ่ ที่สำรวจทั้งหมด คำนวณค่าคาร์บอนไม้ใหญ่และไม้รุ่นแยกกัน เทียบสัดส่วนกับพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมด เพื่อหาปริมาณคาร์บอนทั้งหมดของป่าชุมชนบ้านหนองใหญ่

4. เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความหลากหลายทางชีวภาพ ความหนาแน่นและความเด่นของหมู่ไม้ การเพิ่มพูนมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพรรณพืช บริเวณป่าชุมชนบ้านหนองใหญ่ ระหว่างปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2559

ผลและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงของสังคมพืช

ปี พ.ศ. 2556 พบกล้าไม้ 8 ชนิด คิดเป็นจำนวน 10,311.11 ต้น/ไร่ ไม้รุ่น 2 ชนิด คิดเป็นจำนวน 33.33 ต้น/ไร่ ไม้ใหญ่ 45 ชนิด คิดเป็นจำนวน 284.64 ต้น/ไร่ ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (Shannon - Wiener index) มีค่า 2.60 ความสม่ำเสมอของชนิดพันธุ์ (evenness index) มีค่า 0.68 และความร่ำรวยของชนิดพันธุ์ (richness index) มีค่า 6.29 ผลข้อมูลของปี พ.ศ. 2559 พบกล้าไม้ 11 ชนิด คิดเป็นจำนวน 17,955.56 ต้น/ไร่ ไม้รุ่น 4 ชนิด คิดเป็นจำนวน 66.67 ต้น/ไร่ ไม้ใหญ่ 44 ชนิด คิดเป็นจำนวน 259.36 ต้น/ไร่ ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ มีค่า 2.59 ความสม่ำเสมอของชนิดพันธุ์ มีค่า 0.68 และความร่ำรวยของชนิดพันธุ์ มีค่า 6.20 (Table 1)

Table 1 Comparison of some quantitative characteristics between 2013 and 2016.

Years	Seedling		Sapling		Tree		Shannon - Wiener index	evenness index	richness index
	Species number (species)	Density (trees/ rai)	Species number (species)	Density (trees/ rai)	Species number (species)	Density (trees/ rai)			
2013	8	10,311.11	2	33.33	45	284.64	2.60	0.68	6.29
2016	11	17,955.56	4	66.67	44	259.36	2.59	0.68	6.20

จากการสำรวจพบว่า ในปี พ.ศ. 2559 กล้าไม้มีจำนวนชนิดพันธุ์เพิ่มขึ้น จำนวน 3 ชนิด คือ ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) มะหาด (*Celtis tetrandra* Roxb.) และตีนนก (*Vitex pinnata* Linn.) ไม้รุ่นมีจำนวนชนิดพันธุ์เพิ่มขึ้น จำนวน 2 ชนิด คือ แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.) และเสี้ยว (*Bauhinia saccocalyx* Pierre) ไม้ใหญ่มีจำนวนชนิดพันธุ์ลดลงจำนวน 1 ชนิด คือ พลับพลา (*Grewia paniculata* Roxb.) เนื่องจากพลับพลาเป็นพรรณไม้ในกลุ่มของไม้เบิกนำ (pioneer species) (Millet and Truong, 2011) เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไปพรรณไม้ชนิดใหม่ที่สามารถปรับตัวได้ดีกว่าซึ่งเป็นพรรณไม้ท้องถิ่นเข้ามาทดแทน พรรณไม้เบิกนำจึงล้มตายและหมดไปจากพื้นที่ ดังนั้นจึงพบว่า ในแปลงตัวอย่างถาวร พลับพลา ตายทุกต้น ส่วนชนิดไม้ที่ตายเพียงบางต้น ได้แก่ กระพี้เขาควาย (*Millettia leucantha* Kurz) แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.) ตะคร้อ (*Schleichera oleosa* Merr.) เต็ง (*Shorea obtusa* Wall.) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) ประดู่ชิงชัน (*Dalbergia oliveri* Gamble ex Prain) พะยอม (*Shorea roxburghii* G. Don) มะเกลือเลือด (*Terminalia corticosa* Pierre ex Laness.) มะค่าแต้ (*Sindora siamensis* Teijsm. ex Miq.) รัก (*Melanorrhoea usitata* Wall.) รัง (*Shorea siamensis* Miq.) ตีนนก (*Vitex pinnata* Linn.) สมอเหลือง (*Terminalia chebula* Retz.) หนามเค็ด (*Catunaregam tomentosa* (Blume ex DC.) Tirveng.) และชนิดไม้ที่เลื่อนชั้นอายุเพิ่มขึ้นมา ได้แก่ ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) มะค่าแต้ (*Sindora siamensis* Teijsm. ex Miq.) เสี้ยว (*Bauhinia saccocalyx* Pierre) แสลงพัน (*Bauhinia involucellate* Kurz) และปอสา (*Broussonetia papyrifera* (L.) Vent.) เมื่อเปรียบเทียบกับป่าชุมชนเขาสน ตำบลกระปุก อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งเป็นป่าเต็งรังผสมป่าเบญจพรรณ โดยมีพรรณไม้อยู่ 70 ชนิด และมีความหนาแน่น 297.96 ต้น/ไร่ (นิวัติ, 2548) พบว่าป่าเต็งรัง ในการศึกษาครั้งนี้ มีจำนวนชนิดพันธุ์และมีความหนาแน่นน้อยกว่า แต่มีจำนวนชนิดพันธุ์และความหนาแน่นมากกว่า เมื่อเทียบกับป่าเต็งรังในพื้นที่สวนป่ามัญจาคีรี อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น ซึ่งมีจำนวนชนิดพันธุ์ 20 ชนิด และความหนาแน่นเพียง 125.28 ต้น/ไร่ เท่านั้น (วสันต์ และคณะ, 2553) สำหรับค่าดัชนีความหลากหลาย พบว่า ในปี พ.ศ. 2559 ค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener มีค่า 2.59 ลดลง 0.01 ความสม่ำเสมอของชนิดพันธุ์ 0.68 มีค่าคงเดิม และความร่ำรวยของชนิดพันธุ์ 6.20 มีค่าลดลง 0.09 ผลสอดคล้องกับ ธเนศ และคณะ (2556) ที่พบว่า การเปลี่ยนแปลงความหลากหลายทางชีวภาพในป่าเต็งรังเซคเตอร์แม่หวด ป่าสาธิตงาว จังหวัดลำปาง จากการสำรวจ ในปี พ.ศ. 2544 มีค่าดัชนีความหลากหลายเฉลี่ย 2.19 ส่วนในปี พ.ศ. 2555 มีค่าดัชนีความหลากหลายเฉลี่ย 2.06 ลดลง 0.13 และมีค่าใกล้เคียงกับ ปราโมทย์ (2551) ที่ศึกษาลักษณะของสังคมพืชในพื้นที่สถานีวิจัยพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ จังหวัดหนองคาย ซึ่งใช้วิธีการตาม Shannon -Wiener พบว่า ดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์เฉลี่ยของป่าเต็งรัง มีค่า 2.60 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับป่าเต็งรังผสมป่าเบญจพรรณในป่าชุมชนเขาสน ของนิวัติ (2548) ซึ่งมีจำนวนชนิดพันธุ์และความหนาแน่นมากกว่า พบว่า ค่าดัชนีความหลากหลายของ

Shannon-Wiener มีค่า 3.00 ความสม่ำเสมอของชนิดพันธุ์ 0.72 และความร่ำรวยของชนิดพันธุ์ 7.80 แสดงให้เห็นว่าป่าแห่งนี้มีความหลากชนิด ความสม่ำเสมอ และความมากมายของชนิดพรรณพืชมากกว่าป่าเต็งรังที่ศึกษาในครั้งนี้

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสังคมพืชทางชนิด จำนวน และความหลากหลายของชนิดพันธุ์ ระหว่างปี พ.ศ. 2556 และ ปี พ.ศ. 2559 มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย อาจเกิดจากเหตุผลหลายประการด้วยกัน เช่น ไม้ใหญ่ในแปลงตัวอย่างถาวรในกลุ่มของไม้เบิกนำล้มตายและหมดไปจากพื้นที่ มีกลุ่มพรรณไม้ท้องถิ่นเข้ามาเจริญเติบโตแทนที่ หรืออาจเกิดจากภัยธรรมชาติ เช่น ภัยแล้ง ไฟป่า โรคหรือแมลงศัตรูทำลาย และอาจเกิดจากไม้รุ่นในปี พ.ศ. 2556 บางส่วนเติบโตจนเลื่อนชั้นไปเป็นไม้ใหญ่ (ingrowth) บางส่วนอาจล้มตายไป และมีชนิดพันธุ์ใหม่ๆ ขยายเข้ามาเติบโตจากพื้นที่ข้างเคียง สอดคล้องกับแนวคิดของ Oosting (1956) ที่ได้กล่าวไว้ว่า สังคมพืชส่วนมากมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ พืชที่ขึ้นอยู่ในสังคมมีการแปรผันทางอายุและช่วงเวลาของการมีชีวิตอยู่ กลุ่มที่อ่อนแอและกลุ่มที่มีอายุมากต้องถูกกำจัดออกไปจากสังคม สำหรับต้นที่มีอายุน้อยสามารถแผ่ขยายออกปกคลุมพื้นที่ว่างเปล่าข้างเคียง การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เป็นไปอย่างช้าๆ แตกต่างกัน ลักษณะดังกล่าวนี้เป็นรูปแบบหนึ่งของพลวัต คือ เป็นการทดแทนสังคมพืช (ดอกรัก และอุทิศ, 2552)

ค่าดัชนีความสำคัญ

การนำเอาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ ค่าความถี่สัมพัทธ์ และค่าความเด่นสัมพัทธ์ของไม้ใหญ่รวมกันได้เป็นค่าดัชนีความสำคัญ สามารถทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงลำดับความสำคัญระหว่างปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2559 ผลการศึกษาแสดงไว้ใน Table 2 พบว่าในปี พ.ศ. 2556 ประดู่ป่าเป็นชนิดพันธุ์ที่มีความสำคัญสูงที่สุด ชนิดพันธุ์ที่มีความสำคัญรองลงมาได้แก่ มะค่าแต้ แดง เต็ง รัง พลับพลา สมอตีนนก มะเกลือเลือด กระพี้เขาควาย ตะคร้อ ตามลำดับ ส่วนการสำรวจในปี พ.ศ. 2559 พบว่า ประดู่ป่า ยังคงเป็นชนิดพันธุ์ที่มีความสำคัญที่สุด ส่วนชนิดพันธุ์ที่มีความสำคัญรองลงมาได้แก่ มะค่าแต้ แดง เต็ง รัง ตีนนก มะเกลือเลือด กระพี้เขาควาย ตะคร้อ หนามเค็ด ตามลำดับ จากการสำรวจพบว่าความสำคัญของ ประดู่ป่า มะค่าแต้ แดง เต็ง รัง มีลำดับความสำคัญอยู่ลำดับที่ 1-5 เช่นเดิม ส่วนลำดับรองลงมามีการเปลี่ยนแปลงของชนิดพันธุ์ เนื่องจากไม้ใหญ่สูญหายไปจากการตาย

Table 2 The 10 greatest IVI of trees at Nongyai community forest.

2013					2016				
Species	**RD**	**RF**	**RDo**	**IVI**	**Species**	**RD**	**RF**	**RDo**	**IVI**
Pterocarpus macrocarpus Kurz	33.38	14.64	43.21	91.23	*Pterocarpus macrocarpus* Kurz	34.73	15.51	44.46	94.70
Sindora siamensis Teijsm. ex Miq.	9.72	10.98	13.84	34.54	*Sindora siamensis* Teijsm. ex Miq.	10.36	11.43	14.71	36.50
Xylia xylocarpa Taub.	10.41	11.18	7.19	28.78	*Xylia xylocarpa* Taub.	10.66	11.22	7.44	29.33
Shorea obtusa Wall.	11.10	8.29	5.77	25.16	*Shorea obtusa* Wall.	11.04	8.37	5.91	25.32
Shorea siamensis Miq.	6.52	8.09	5.53	20.15	*Shorea siamensis* Miq.	6.40	8.16	5.44	20.00
Grewia paniculata Roxb.	3.26	5.20	3.18	11.65	*Vitex pinnata* Linn.	2.82	3.67	3.83	10.33
Vitex pinnata Linn.	2.85	3.66	4.09	10.60	*Terminalia corticosa* Pierre ex Laness.	2.82	4.90	2.58	10.29
Terminalia corticosa Pierre ex Laness.	2.78	4.82	2.44	10.03	*Millettia leucantha* Kurz	2.67	3.88	1.79	8.33
Millettia leucantha Kurz	2.64	3.85	1.67	8.16	*Schleichera oleosa* Merr.	1.98	3.06	1.38	6.42
Schleichera oleosa Merr.	1.87	3.08	1.31	6.27	*Catunaregam tomentosa* (Blume ex DC.) Tirveng.	1.29	3.06	0.71	5.07

การเปลี่ยนแปลงลำดับความสำคัญของไม้ใหญ่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสังคมพืชที่เกิดขึ้นได้ตลอดเวลา หากปล่อยให้เปลี่ยนแปลงไปตามธรรมชาติ ชนิดพันธุ์ที่อยู่ลำดับต้นๆ อาจไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก เนื่องจากชนิดพันธุ์เหล่านี้มีความเหมาะสมและความสามารถในการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อม ส่วนชนิดพันธุ์อื่นๆ อาจมีการเปลี่ยนลำดับความสำคัญสูงขึ้นหรือต่ำลงก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปและความสามารถในการปรับตัวของชนิดพันธุ์นั้นๆ (ธเนศ และคณะ, 2556)

มวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอน

การศึกษามวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ใหญ่ ไม้รุ่น และไผ่ โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเปรียบเทียบการเพิ่มพูนมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพรรณพืช บริเวณป่าชุมชนบ้านหนองใหญ่ ระหว่างปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2559 พบว่า มวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ใหญ่ ไม้รุ่น และไผ่ บริเวณป่าชุมชนบ้านหนองใหญ่ ในปี พ.ศ. 2559 มีมวลชีวภาพรวม 13,404.99 กิโลกรัม/ไร่ หรือ 83.78 ตัน/เฮกตาร์ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวม 6,300.35 กิโลกรัม/ไร่ หรือ 39.38 ตัน/เฮกตาร์ ผลสอดคล้องกับมวลชีวภาพของป่าเต็งรังที่รวบรวมข้อมูลของ กัลยา และสาพิศ (2554) ที่พบว่าป่าเต็งรังมีมวลชีวภาพรวมแปรผันระหว่าง 67-158 ตัน/เฮกตาร์ และมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมระหว่าง 34-80 ตัน/เฮกตาร์ ดังแสดงใน Table 3-4 ดังนี้

Table 3 Aboveground Biomass and carbon accumulation of Nongyai community forest.

Tree groups	2013		2016	
	Biomass (kg/rai)	Carbon accumulation (kg/rai)	Biomass (kg/rai)	Carbon accumulation (kg/rai)
Tree	11,337.42	5,328.59	13,162.59	6,186.42
Sapling	1.33	0.62	3.48	1.64
Bamboo	150.67	70.81	238.92	112.29
Total	**11,489.42**	**5,400.02**	**13,404.99**	**6,300.35**

Table 4 Biomass and carbon gain at Nongyai community forest.

Tree groups	Biomass		Carbon accumulation	
	Gain (kg/rai)	MAI (kg/rai/year)	Gain (kg/rai)	MAI (kg/rai/year)
Tree	1,825.17	608.39	857.83	285.94
Sapling	2.15	0.72	1.02	0.34
Bamboo	88.25	29.42	41.48	13.83
Total	**1,915.57**	**638.53**	**900.33**	**300.11**

ระหว่างปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2559 มีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพ 1,915.57 กิโลกรัม/ไร่ หรือ 11.97 ตัน/เฮกตาร์ ความเพิ่มพูนมวลชีวภาพเฉลี่ยรายปี 638.53 กิโลกรัม/ไร่/ปี หรือ 3.99 ตัน/เฮกตาร์/ปี ซึ่งมีค่ามากกว่าความเพิ่มพูนมวลชีวภาพเฉลี่ยรายปีของป่าเต็งรังในพื้นที่สวนป่ามัญจาคีรี ที่มีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพเฉลี่ยรายปี 2.53 ตัน/เฮกตาร์/ปี (วสันต์ และคณะ, 2553) ความเพิ่มพูนปริมาณการกักเก็บคาร์บอน 900.33 กิโลกรัม/

ไร่ หรือ 5.63 ตัน/เฮกตาร์ ความเพิ่มพูนปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยรายปี 300.11 กิโลกรัม/ไร่/ปี หรือ 1.88 ตัน/เฮกตาร์/ปี เมื่อเทียบสัดส่วนกับพื้นที่ป่าชุมชนบ้านหนองใหญ่ทั้งหมด 889.025ไร่ พบว่า ป่าชุมชนบ้านหนองใหญ่ มีมวลชีวภาพเฉลี่ยรายปี 567,669.13 กิโลกรัม/ปี หรือ 567.67 ตัน/ปี และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยรายปี 266,805.29 กิโลกรัม/ ปี หรือ 266.81 ตัน/ปี สรุปได้ว่า มวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน บริเวณป่าชุมชนบ้านหนองใหญ่ ในปี พ.ศ. 2559 เพิ่มขึ้นจาก ปี พ.ศ. 2556 ถึงแม้ว่าจำนวนชนิดและจำนวนต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวรจะลดลงแต่ต้นไม้ที่เหลืออยู่ในแปลงมีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความโต (DBH) และความสูง (H) เพิ่มมากขึ้น ทำให้มวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ

สรุป

จากการศึกษาพลวัตของสังคมป่าเต็งรัง และปริมาณการกักเก็บคาร์บอน บริเวณป่าชุมชนบ้านหนองใหญ่ ในระหว่างปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2559 พบว่า ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสังคมพืชทางชนิด จำนวน และความหลากหลายของชนิดพันธุ์ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย กล่าวคือ ในปี พ.ศ. 2559 กล้าไม้มีจำนวนชนิดพันธุ์เพิ่มขึ้น 3 ชนิด ไม้รุ่นเพิ่มขึ้น 2 ชนิด ไม้ใหญ่ลดลง 1 ชนิด และค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener มีค่า 2.59 ซึ่งลดลง 0.01 ความสม่ำเสมอของชนิดพันธุ์ 0.68 (เท่าเดิม) และความร่ำรวยของชนิดพันธุ์ 6.20 ลดลง 0.09 อาจเกิดจากเหตุผลหลายประการด้วยกัน เช่น ไม้ใหญ่ในแปลงตัวอย่างถาวรในกลุ่มของไม้เบิกนำล้มตายและหมดไปจากพื้นที่ มีกลุ่มพรรณไม้ท้องถิ่นเข้ามาเจริญเติบโตแทนที่ หรืออาจเกิดจากภัยธรรมชาติ เช่น ภัยแล้ง ไฟป่า โรคหรือแมลงศัตรูทำลาย และอาจเกิดจากไม้รุ่นในปี พ.ศ. 2556 บางส่วนเติบโตจนเลื่อนชั้นไปเป็นไม้ใหญ่ บางส่วนอาจล้มตายไป และมีชนิดพันธุ์ใหม่ๆ ขยายเข้ามาเติบโตจากพื้นที่ข้างเคียง ส่วนดัชนีความสำคัญของของต้นไม้ 5 ชนิดพันธุ์แรกของทั้งสองช่วงเวลานั้นเป็นชนิดพันธุ์เดียวกัน คือ ประดู่ป่า มะค่าแต้ แดง เต็ง และ รัง แสดงให้เห็นว่าเป็นชนิดพันธุ์ที่มีความสามารถในการปรับตัวให้อยู่ในสภาพแวดล้อมของป่าเต็งรังแห่งนี้ได้ดี สำหรับมวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพรรณพืช มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่า เมื่อชุมชนบ้านหนองใหญ่หันมาให้ความสนใจและตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ เข้ามามีส่วนร่วมในการบริหารจัดการป่าชุมชนบ้านหนองใหญ่ร่วมกับกรมป่าไม้ ทำให้ป่ามีแนวโน้มใกล้เคียงป่าธรรมชาติที่สมบูรณ์ กล่าวคือ ต้นไม้ที่มีขนาดเล็กมีปริมาณมากเพียงพอที่สามารถทดแทนเป็นไม้ขนาดใหญ่ต่อไปในอนาคตได้

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะ คือ 1) ควรปลูกเสริมในป่าชุมชน โดยเลือกชนิดพันธุ์ที่มีความสามารถในการปรับตัวให้อยู่ในสภาพแวดล้อมของป่าเต็งรังแห่งนี้ได้ดี ได้แก่ ประดู่ป่า มะค่าแต้ แดง เต็ง และ รัง เพื่อช่วยอนุรักษ์พันธุกรรมของพรรณไม้ในท้องถิ่นให้คงอยู่และลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยผ่านกระบวนการด้านการกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้ และ 2) ควรมีการเก็บข้อมูลในแปลงตัวอย่างอย่างต่อเนื่อง เพื่อทราบถึงพลวัตในป่าเต็งรังแห่งนี้ในระยะยาว เพื่อเป็นข้อมูลในการใช้วางแผนการจัดการพื้นที่ในอนาคตได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมป่าไม้. 2556. **รายงานผลโครงการศึกษาและติดตามความหลากหลายทางชีวภาพและการสะสมคาร์บอนของป่าชุมชน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 กรณีศึกษาป่าชุมชนบ้านหนองใหญ่ หมู่ที่ 11 ตำบลหนองปรือ อำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี**. สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 10 (ราชบุรี), กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

กัลยา วัฒยากร และสาพิศ ดิลกสัมพันธ์. 2554. บทที่ 5 วัฏจักรคาร์บอน, น. 99-128. *ใน* **การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย เล่มที่ 1**. ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

ดอกรัก มารอด และอุทิศ กุฏอินทร์. 2552. **นิเวศวิทยาป่าไม้**. คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธเนศ ไชยสุนทรกิตติ, ขวัญชัย ดวงสถาพร และปัสสี ประสมสินธ์. 2556. พลวัตของพืชพรรณในช่วงเวลา 10 ปี ในป่าเต็งรัง เซคเตอร์แม่หวด ป่าสาธิตงาว จังหวัดลำปาง. **วารสารวนศาสตร์** 32 (พิเศษ): 152-160.

ธิติ วิสารัตน์ และ ชลธิดา เชิญขุนทด. 2547. องค์ประกอบของชนิดพันธุ์พืชและปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ในป่าดิบแล้ง. *ใน* **การประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางป่าไม้**. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

นิวัติ คชานันท์. 2548. **ความหลากชนิดของพรรณพืชและการใช้ประโยชน์ของชุมชนท้องถิ่น: กรณีศึกษาป่าชุมชนเขาสน อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปราโมทย์ จงกลวานิชสุข. 2551. **ลักษณะของสังคมพืชในพื้นที่สถานีวิจัยพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ จังหวัดหนองคาย**. กองคุ้มครองสัตว์ป่าและพืชป่าตามอนุสัญญา, กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

วสันต์ จันทร์แดง, ลดาวัลย์ พวงจิตร และสาพิศ ดิลกสัมพันธ์. 2553. การประเมินการกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัสบริเวณสวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น. **วารสารวนศาสตร์** 29 (3): 36-44.

อุทิศ กุฏอินทร์. 2541. **นิเวศวิทยา**. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Chapter 4 Forestland. **National Greenhouse Gas Inventories Programme**. IGES, Japan.

Kutintara, U., D. Marod, M. Takahashi and T. Nakashizuka. 1995. Growth and dynamics of bamboos in a tropical seasonal forest, pp. 125-139. *In* **International Workshop on Changes of Tropical Forest Ecosystems**, National Research Council, Bangkok.

Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. **General Systematics** 3: 36-71.

Millet, J. and L. H. Truong. 2011. Assessment of the diversity and distribution of the threatened tree species in a logged forest in Vietnam. **Tropical Conservation Science** 4 (1): 82-96.

Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogino and T. Kira. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. II. Plant Biomass. **Nature and Life in Southeast Asia** 4: 49-80.

Oosting, H.J. 1956. **The Study of Plant Community**. W.H. Freeman and Comp, SanFrancisco.

Pielou, E.C. 1975. **Ecological Diversity**. Willey & Sons, New York.

Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. **The Mathematical Theory of Communication**. Univ. Illinois Press, Urbana.

นิพนธ์ต้นฉบับ

การตลาดและการวิเคราะห์ทางการเงินของการเลี้ยงชันโรงในจังหวัดจันทบุรี

Marketing and Financial Analysis of Stingless Beekeeping in Chanthaburi Province

สันติ สุขสอาด **Santi Suksard**
อนันตชัย ศรีทอง* **Anantachai Srithong***

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding Author, E-mail: dookduy_as@hotmail.com

รับต้นฉบับ 21 มิถุนายน 2559 รับลงพิมพ์ 29 กรกฎาคม 2559

ABSTRACT

The objectives of this study were to determine production, marketing and financial analysis of stingless beekeeping in Chanthaburi province. Data was gathered by interviewing 54 stingless beekeepers and 3 middlemen. The statistical analysis were used frequency, percentage and mean for general data, production and marketing. There were benefit-cost ratio, net present value, internal rate of return for financial analysis with the given life of project is 10 years, discount rate of 4, 6, 8, 10 and 12 percent.

Stingless beekeeper were average age 48.62 years. Their main occupation were gardening, number of household members were average 1.55 person. Most of stingless beekeepers had simple steps of reproducing. After one year from reproducing could harvest honey and wax. In 2015 there were total honey keeping 313,600 ml and wax 92 kg. Problems of stingless beekeeping were lacking materials to make box 94.73 percent. The most honey packaging for sale contained old whiskey bottle 750 ml and wax used plastic rap to pack for sale. Stingless beekeepers mostly offer their own sale price, with honey selling price were 350-2,000 baht (180-750 ml), and wax price were 2,000 baht/kg. Their mostly were direct sale to them consumers, the government acts as a marketing promotion instead of them. However stingless beekeepers were 6.25 percent to used facebook for advertising .The problem of this marketing was shortage of honey to sell 100 percent. Financial analysis of 9 stingless beekeepers indicated that B/C >1, NPV >0 and IRR > the determining discount rate, so the investment had been profitable.

Keywords: stingless bee, marketing, financial analysis

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิต การตลาด และวิเคราะห์ทางการเงินของการเลี้ยงชันโรงในจังหวัดจันทบุรี โดยใช้แบบสัมภาษณ์ในการเก็บข้อมูลของผู้เลี้ยงชันโรงจำนวน 54 ชุด และพ่อค้าคนกลางจำนวน 3 ชุด ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป การผลิตและการตลาด สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ และค่าเฉลี่ย การวิเคราะห์ทางการเงิน โดยใช้อายุโครงการ 10 ปี อัตราส่วนลดที่ร้อยละ 4, 6, 8, 10 และ 12 โดยวิเคราะห์หาค่าอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนภายใน

ผู้เลี้ยงชันโรงมีอายุเฉลี่ย 48.62 ปี ส่วนใหญ่มีอาชีพหลักทำสวน มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 1.55 คน ผู้เลี้ยงชันโรงส่วนใหญ่จะมีขั้นตอนในการแยกรังที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งหลังจากแยกรังแล้วอย่างน้อย 1 ปี จึงสามารถเก็บน้ำผึ้งชันโรงและชันผึ้งได้ ในปี พ.ศ. 2558 ปริมาณน้ำผึ้งชันโรงที่เก็บได้คือ 313,600 มิลลิลิตร และเก็บชันผึ้งได้ 92 กิโลกรัม ปัญหาและอุปสรรคด้านการเลี้ยงชันโรง คือขาดแคลนวัตถุดิบในการสร้างรังร้อยละ 94.73 การขายน้ำผึ้งชันโรงส่วนใหญ่บรรจุในขวดเหล้าเก่าขนาด 750 มิลลิลิตร และชันผึ้งใช้พลาสติกแรปห่อชันผึ้ง ผู้เลี้ยงชันโรงส่วนใหญ่เป็นผู้กำหนดราคาเอง น้ำผึ้งชันโรงมีราคาขาย 350 - 2,000 บาท (180 - 750 มิลลิลิตร) และชันผึ้งราคา 2,000 บาทต่อกิโลกรัม ผู้เลี้ยงชันโรงส่วนใหญ่ขายน้ำผึ้งชันโรงและชันผึ้งให้กับผู้บริโภคโดยตรง หน่วยงานรัฐทำหน้าที่ส่งเสริมการตลาดให้กับผู้เลี้ยงชันโรง แต่พบผู้เลี้ยงชันโรงร้อยละ 6.25 ที่ใช้เฟซบุ๊คในการโฆษณา ปัญหาของการตลาดคือขาดแคลนน้ำผึ้งในการขายคิดเป็นร้อยละ 100 การวิเคราะห์ทางการเงินของการเลี้ยงชันโรงทั้ง 9 ราย พบว่าการเลี้ยงชันโรงมีความคุ้มค่าในการลงทุนในทุกอัตราส่วนลดที่กำหนด โดยมีค่า B/C > 1 NPV > 0 และ IRR > อัตราส่วนลดที่กำหนด กล่าวคือการลงทุนดังกล่าวได้รับกำไร

คำสำคัญ: ชันโรง การตลาด การวิเคราะห์ทางการเงิน

คำนำ

ชันโรงเป็นผึ้งสายพันธุ์หนึ่งที่ไม่มีเหล็กในชันโรงเป็นทั้งแมลงอุตสาหกรรมและแมลงกินได้เพราะสามารถใช้ประโยชน์จากชันผึ้ง และน้ำผึ้งได้ รวมไปถึงเป็นแมลงที่ช่วยผสมเกสรของพืช ปัจจุบันชันโรงในธรรมชาติมีจำนวนลดลงอย่างมาก เนื่องจากปัญหาการบุกรุกพื้นที่ป่าทำให้ชันโรงในธรรมชาติมีน้อยผลิตชันผึ้งและน้ำผึ้งไม่พอเพียงต่อความต้องการของตลาดมนุษย์จึงจำเป็นต้องนำชันโรงมาเลี้ยงเพื่อเพิ่มผลผลิต การเลี้ยงชันโรงจะเลี้ยงในกล่องที่ทำขึ้นจากไม้ โดยมีวัตถุประสงค์คือเพื่อให้ได้น้ำผึ้งชันโรง และชันผึ้ง จากการสัมภาษณ์ผู้เลี้ยงชันโรงเบื้องต้นพบว่าการเลี้ยงชันโรงในปัจจุบันให้ผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด และชันโรงยังมีบทบาทสำคัญกับการเพิ่มผลผลิตให้กับชาวสวนผลไม้ เนื่องจากชันโรงมีประสิทธิภาพในการผสมเกสรดอกไม้ได้ดีกว่าผึ้ง และชันโรงมีกล้ามเนื้อส่วนอกที่แข็งแรงสามารถบินลอยตัวอยู่ได้นานบินร่อนลงอย่างนุ่มนวลในการเก็บเกสร และดูดน้ำหวานทำให้กลีบดอกไม่ซ้ำ (สมนึก, 2541) ด้วยเหตุผลนี้ชันโรงจึงเป็นแมลงที่สำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตให้กับไม้ผลและเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับชาวสวนผลไม้ กรมส่งเสริมการเกษตรจึงจัดตั้งศูนย์อนุรักษ์และขยายพันธุ์ผึ้งขึ้นโดยในประเทศไทยมีทั้งหมด 5 ที่ คือ จังหวัดเชียงใหม่ พิษณุโลก ขอนแก่น จันทบุรี และชุมพร โดยที่จังหวัดจันทบุรีจะเน้นส่งเสริมในเรื่องของการเลี้ยงชันโรงมากกว่าผึ้ง เนื่องจากจังหวัดจันทบุรีมีสภาพอากาศที่ร้อนชื้นจึงเหมาะสมกับการดำรงชีวิตของชันโรงที่ชอบ

อากาศร้อนชื้น และมีพื้นที่ปลูกผลไม้มากที่เหมาะจะเป็นแหล่งอาหารของชันโรงด้วย (อัญชลี, 2556)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาเรื่องการตลาด และการวิเคราะห์ทางการเงินของผู้เลี้ยงชันโรงในจังหวัดจันทบุรี ทำให้ทราบถึงข้อมูลทั่วไปของการเลี้ยงชันโรง ข้อมูลทั่วไปทางด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากชันโรง ปัญหาและอุปสรรคในด้านของการผลิตและการตลาดของผู้เลี้ยงชันโรง ตลอดจนถึงผลตอบแทนที่ได้รับจากการเลี้ยงชันโรง เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจของผู้สนใจที่จะเลี้ยงชันโรง อีกทั้งเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับหน่วยงานของรัฐ หรือผู้ที่มีความสนใจในหัวข้อวิจัยใช้เป็นข้อมูลประกอบการศึกษาและเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งต่อไป

ในการศึกษาครั้งนี้วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิต และการตลาดของการเลี้ยงชันโรง และเพื่อวิเคราะห์ทางการเงินของผู้เลี้ยงชันโรงในจังหวัดจันทบุรี

อุปกรณ์ และวิธีการ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับชันโรง รวบรวมได้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น วารสาร หนังสือ ผลงานวิจัย เว็บไซต์ต่างๆ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

2. ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการใช้แบบสัมภาษณ์ในการสัมภาษณ์ผู้เลี้ยงชันโรง และพ่อค้าคนกลางที่รับซื้อผลิตภัณฑ์จากชันโรงในจังหวัดจันทบุรี การกำหนดขนาดตัวอย่าง จากจำนวนผู้เลี้ยงชันโรงที่ศูนย์อนุรักษ์และขยายพันธุ์ผึ้งที่ 4 จันทบุรี ได้รวบรวมไว้มีจำนวน 60 ราย จากนั้นทำการคำนวณหาจำนวนผู้เลี้ยงชันโรงอย่างที่เหมาะสมโดยใช้สูตร Krejcie และ Morgan (Krejcie and Morgan, 1970) ได้จำนวนผู้เลี้ยงชันโรงเท่ากับ 53 ราย ทำการศึกษา 54 รายโดยใช้แบบสัมภาษณ์ชุดที่ 1 ใช้ในการเก็บข้อมูลผู้เลี้ยงชันโรง ข้อมูลที่เก็บประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไปของผู้เลี้ยง การผลิตและการตลาด ปัญหาทางการผลิตและการตลาด ค่าใช้จ่ายและรายได้จากการเลี้ยงชันโรง และแบบสัมภาษณ์ชุดที่ 2 ใช้ในการสัมภาษณ์พ่อค้าคนกลางที่รับซื้อผลิตภัณฑ์จากชันโรงจำนวน 3 ราย ข้อมูลที่เก็บประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไปของผู้ซื้อ ประเภทของผู้ซื้อ ปริมาณการซื้อ การนำไปใช้ประโยชน์ ปัญหาและแนวทางแก้ไขการซื้อและขาย

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปและการผลิต เป็นการนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากแบบสัมภาษณ์จากผู้เลี้ยงชันโรงและพ่อค้าคนกลางที่รับซื้อผลิตภัณฑ์จากชันโรง เพื่อให้ทราบข้อมูลทั่วไปและการผลิตของการเลี้ยงชันโรง สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ประกอบการอธิบาย

2. การวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการตลาดของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากชันโรง ทำการวิเคราะห์ส่วนประสมการตลาด (marketing mix) หรือ 4Ps ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ ราคา การจัดจำหน่าย และการส่งเสริมการตลาดของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากชันโรง โดยใช้การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (descriptive analysis) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงบรรยายโดยนำเสนอในรูปของค่าความถี่ ร้อยละ และค่าเฉลี่ย

3. การวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคเกี่ยวกับการผลิต และการตลาด โดยใช้ตารางแจกแจงความถี่และค่าร้อยละเพื่อประกอบการอธิบายและสรุปข้อเสนอแนะสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาต่อไป

4. การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (quantitative analysis) ทำการวิเคราะห์ทางการเงินของการเลี้ยงชันโรง โดยกำหนดอัตราส่วนลดไว้ที่ 5 ระดับ คือร้อยละ 4, 6, 8, 10 และ 12 โดยระยะเวลาของโครงการคือ 10 ปี โดยใช้ตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงการ (สันติ, 2545; สันติ และอรรถชัย, 2557) ดังต่อไปนี้

4.1 อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-cost ratio: B/C) โดยคำนวณได้จากสูตร

$$B/C = \sum_{t=1}^{n} B_t(1+i)^{-t} / \sum_{t=1}^{n} C_t(1+i)^{-t}$$

กำหนดให้ B_t = ผลประโยชน์ หรือรายได้ของโครงการในปีที่ t (บาท)

C_t = ต้นทุนของโครงการในปีที่ t (บาท)

i = อัตราส่วนลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม (%)

t = ระยะเวลาของโครงการ (1, 2, 3, 4,..., n) (ปี)

n = ระยะเวลาสิ้นสุดของโครงการ คือ 10 ปี

เงื่อนไขในการตัดสินใจในการลงทุนโดยทั่วไปคือค่า B/C มีค่ามากกว่า 1

4.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value: NPV) โดยคำนวณได้จากสูตร

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+i)^t}$$

เงื่อนไขในการตัดสินใจในการลงทุนโดยทั่วไปคือค่า NPV มีค่ามากกว่า 0

4.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return: IRR) โดยคำนวณได้จากสูตร

$$IRR = DR_L + (DR_U - DR_L) \times (NPV_L / NPV_L - NPV_U)$$

กำหนดให้ DR_L = อัตราส่วนลดที่ทำให้ NPV > 0

DR_U = อัตราส่วนลดที่ทำให้ NPV < 0

NPV_L = มูลค่าปัจจุบันสุทธิของ DR_L

NPV_U = มูลค่าปัจจุบันสุทธิของ DR_U

เมื่อนำค่า IRR ไปเปรียบเทียบกับค่าอัตราส่วนลด หากค่า IRR มีค่าสูงกว่าอัตราส่วนลด แสดงว่าโครงการนั้นมีความเหมาะสมในการลงทุน

ผลและวิจารณ์

สภาพทั่วไปของผู้เลี้ยงชันโรง

ผู้เลี้ยงชันโรงส่วนใหญ่มีอายุ 46-50 ปี คิดเป็นร้อยละ 24.07 รองลงมามีอายุ 36 - 40 ปี กับ 51 - 55 ปี มีจำนวนเท่ากัน 41 - 45 ปี, 56 - 60 ปี, มากกว่า 60 ปี และมีอายุน้อยกว่า 36 ปี คิดเป็นร้อยละ 18.52, 16.67, 11.11, 9.26 และ 1.85 ตามลำดับ โดยมีอายุเฉลี่ย 48.62 ปี

ระดับการศึกษาของผู้เลี้ยงชันโรง พบว่าจบการศึกษาระดับประถมศึกษาคิดเป็นร้อยละ 48.15 รองลงมาจบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย, มัธยมศึกษาตอนต้น, ปริญญาตรี, และปริญญาโท คิดเป็นร้อยละ 18.52, 16.67, 14.81 และ 1.85 ตามลำดับ

อาชีพหลักของผู้เลี้ยงชันโรงส่วนใหญ่คือทำสวน คิดเป็นร้อยละ 90.74 รองลงมาคือทำอาชีพรับราชการ เลี้ยงกุ้ง เพาะเห็ด ภารโรง และพนักงานเทศบาล โดยทั้งหมดมีจำนวนเท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 1.85

จำนวนสมาชิกในครัวเรือนของผู้เลี้ยงชันโรง พบว่าจำนวนสมาชิกในครัวเรือนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 62.96 รองลงมามีจำนวน 2 คน, 3 คน และ 4 คน คิดเป็นร้อยละ 24.07, 7.41 และ 5.56 ตามลำดับ จำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 1.55 คน และพบว่าผู้เลี้ยงจะใช้แรงงานในครัวเรือนเลี้ยงชันโรงทั้งหมด

การเลี้ยงชันโรงพบว่าผู้เลี้ยงชันโรง 3 รายที่เลี้ยงไว้ในเขตชายคาบ้านไม่ได้เลี้ยงในสวนผลไม้ ซึ่งบ้านของผู้เลี้ยงทั้ง 3 นั้นมีพื้นที่ติดกับสวนผลไม้ และพบผู้เลี้ยงที่เลี้ยงชันโรงไว้ในสวนผลไม้จำนวน 51 ราย โดยมีลักษณะการวางตำแหน่งรังชันโรงที่พบมี 6 รูปแบบ คือ 1) วางรังชันโรงที่ชายคาบ้าน และในพื้นที่สวนผลไม้ ร้อยละ 29.41 2) วางรังชันโรงกระจายทั่วทั้งพื้นที่สวน ร้อยละ 31.37 3) วางรังชันโรงไว้ที่บริเวณชายขอบของพื้นที่ของสวนผลไม้ร้อยละ 17.65 ซึ่งการวางรังลักษณะนี้เนื่องจากมีการใช้ยาฆ่าแมลงในสวน เพื่อลดความเสี่ยงที่ชันโรงจะตายจากการใช้ยาฆ่าแมลง ผู้เลี้ยงจึงนำรังมาวางไว้ชายขอบพื้นที่เพื่อให้ชันโรงสามารถบินออกไป

หาอาหารนอกพื้นที่สวนที่ไม่มีการใช้ยาฆ่าแมลงได้ 4) วางรังชันโรงแบบเกาะกลุ่มร้อยละ 5.88 โดยการวางรังชันโรงเป็นกลุ่มๆ กลุ่มละ 5 - 10 รัง และแต่ละกลุ่มจะวางกระจายทั่วทั้งพื้นที่สวน 5) วางรังชันโรงไว้ในโรงเรือน และภายนอกโรงเรือนร้อยละ 5.88 ซึ่งการวางรังในลักษณะนี้จะพบแต่โรงเรือนที่มีขนาดเล็กที่วางได้ 6 - 10 รัง โดยผู้เลี้ยงจะนำโรงเรือนขนาดเล็กไปตั้งไว้ในสวนผลไม้ และมีรังชันโรงอยู่ภายนอกโรงเรือนวางกระจายทั่วทั้งพื้นที่สวน และ 6) วางรังชันโรงไว้ภายในโรงเรือนร้อยละ 9.80 ซึ่งลักษณะของโรงเรือนที่จะเป็นโรงเรือนขนาดใหญ่ที่วางรังได้ 50 - 100 รัง

ขั้นตอนการผลิต

จากการศึกษาพบว่าผู้เลี้ยงชันโรงส่วนใหญ่จะมีขั้นตอนการผลิตที่คล้ายกัน ต่างกันแค่เพียงในส่วนของช่วงเวลาของวันในการแยกรัง ซึ่งสามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. เตรียมกล่องรังไม้ที่มีฝากล่องสามารถเปิดปิดได้เพื่อใช้ในการเปิดดูแล แยกรังเพิ่ม และเก็บผลผลิต กล่องรังไม้มีขนาดกว้าง × ยาว × สูง ประมาณ 20 × 40 × 20 เซนติเมตร และเจาะรูด้านกว้างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร เพื่อใช้เป็นทางเข้าออกรังของชันโรง

2. การแยกรัง ต้องเลือกรังชันโรงที่แข็งแรง โดยดูจากจำนวนชันโรงวรรณะงาน และถ้วยตัวอ่อนจะต้องมีจำนวนมาก และต้องมีถ้วยนางพญาอยู่ภายในรังนั้นด้วย ซึ่งการแยกรังต้องแบ่งถ้วยตัวอ่อน และถ้วยอาหารมาใส่ในกล่องรังใหม่ โดยใส่ถ้วยน้ำหวานไว้ใกล้กับปากทางเข้ารัง ใส่ถ้วยตัวอ่อนไว้ด้านในของรัง และใส่ถ้วยนางพญาไปในรังใหม่ด้วย จากนั้นนำชันจากรังเก่ามาทาบริเวณปากทางเข้าออกรังในกล่องรังใหม่แล้วปิดฝารัง

3. รังใหม่ที่ได้ให้นำมาวางที่ตั้งของรังเก่า โดยให้มีทิศทางเข้ารังและความสูงของรังจากพื้นอยู่ในตำแหน่งเดียวกับรังเก่า นำรังเก่าย้ายไปตั้งที่ห่างจากรังเดิมอย่างน้อย 10 เมตร เพื่อไม่ให้ตัวชันโรงวรรณะงานที่ออกไปหาอาหารหารังเก่าเจอจึงเข้ารังใหม่

4. การเก็บน้ำผึ้งชันโรงและชันผึ้ง ผู้เลี้ยงชันโรงนิยมเก็บน้ำผึ้งชันโรงในช่วงที่ทำการแยกรัง โดยขณะที่แยกรังจะแบ่งถ้วยน้ำหวานจากรังที่ต้องการจะแยกออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนที่เหลือไว้ในรังเดิม ส่วนที่แบ่งใส่รังใหม่ และส่วนที่ต้องการเก็บมาเป็นผลผลิต จากนั้นนำถ้วยมาคั้นน้ำผึ้งชันโรงออก ผลผลิตที่ได้คือ น้ำผึ้งชันโรงและชันผึ้งตามที่ต้องการ ทั้งนี้ผู้เลี้ยงสามารถตัดถ้วยน้ำหวานออกมาโดยไม่มีการแยกรังได้

ปริมาณการผลิต

ผู้เลี้ยงชันโรงสามารถเก็บน้ำผึ้งชันโรงและชันผึ้งได้หลังจากแยกรังแล้ว 1 ปี โดยเก็บผลผลิตได้ปีละครั้ง ปริมาณน้ำผึ้งชันโรงที่ผู้เลี้ยงเก็บได้ในแต่ละปีขึ้นอยู่กับจำนวนรังชันโรงที่ผู้เลี้ยงมีอยู่ รังชันโรงที่มีขนาดกว้าง × ยาว × สูง คือ 20 × 40 × 20 เซนติเมตร สามารถให้ปริมาณน้ำผึ้งชันโรง 175 - 700 มิลลิลิตร และชันผึ้ง 0.125 - 0.5 กิโลกรัม ทั้งนี้ปริมาณน้ำผึ้งชันโรงและชันผึ้ง ขึ้นอยู่กับพืชอาหารในพื้นที่ที่เลี้ยงชันโรงด้วย ซึ่งในปี พ.ศ.2558 เก็บน้ำผึ้งชันโรงได้ 313,600 มิลลิลิตร และเก็บชันผึ้งได้ 92 กิโลกรัม

ปัญหาและอุปสรรคด้านการผลิต

1. ขาดแคลนวัสดุในการสร้างรังร้อยละ 94.73 สำหรับปัญหานี้คือ ผู้เลี้ยงชันโรงขาดไม้ และอุปกรณ์ในการสร้างรัง ทั้งวิธีการสร้างกล่องรังยังยุ่งยาก วิธีแก้ปัญหาของผู้เลี้ยงคือซื้อกล่องรัง ซึ่งมีผู้ขายกล่องรังสำหรับเลี้ยงชันโรงโดยเฉพาะ

2. ประสบปัญหาในการแยกรังร้อยละ 65.78 ปัญหาที่ผู้เลี้ยงชันโรงประสบคือ เรื่องของศัตรูของชันโรง วิธีแก้ปัญหาคือในระยะแรกของการแยกรังต้องหมั่นดูแลรังชันโรง ถ้าพบศัตรูของชันโรงให้รีบกำจัดออก

ทันที และสังเกตตัวชันโรงถ้ามีปริมาณมากขึ้นแสดงว่าชันโรงสามารถป้องกันศัตรูได้เองแล้ว

3. ขาดแหล่งอาหารสำหรับเลี้ยงชันโรงร้อยละ 5.26 ปัญหาคือ จำนวนชันโรงมีมากกว่าพืชอาหารที่มีในพื้นที่ ทำให้ปริมาณน้ำผึ้งที่เก็บในแต่ละปีได้ปริมาณน้อย วิธีแก้ปัญหาคือการเปลี่ยนตำแหน่งรังบ่อยๆ หรือนำไปเลี้ยงนอกพื้นที่ของตนเอง และการปลูกพืชอาหารเพิ่ม เช่น ผักสวนครัว ข้าวโพด และผักโขม เป็นต้น

การตลาดของผลผลิตจากการเลี้ยงชันโรง

ในการศึกษาการตลาดจะทำการวิเคราะห์ส่วนประสมทางการตลาดของผู้เลี้ยงชันโรงโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ผลิตภัณฑ์ ผลิตผลที่ได้จากชันโรง มีดังนี้

1.1 น้ำผึ้งชันโรง มีผู้เลี้ยงชันโรงที่ขายน้ำผึ้งชันโรงคิดเป็นร้อยละ 70.37 โดยมีผู้เลี้ยงชันโรงร้อยละ 11.11 ที่มีการระบุตรายี่ห้อ และใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างหลายขนาด ซึ่งขนาดของบรรจุภัณฑ์ที่พบคือ 180, 200, 500 และ 750 มิลลิลิตร และมีผู้เลี้ยงชันโรงร้อยละ 59.26 ที่ไม่มีการระบุตรายี่ห้อ และใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่าง ซึ่งลักษณะของบรรจุภัณฑ์คือ ใช้ขวดเหล้าเก่าขนาด 750 มิลลิลิตร มาบรรจุภัณฑ์น้ำผึ้งชันโรง

1.2 ชันผึ้ง มีผู้เลี้ยงชันโรงที่ขายชันผึ้งคิดเป็นร้อยละ 42.59 ชันผึ้งที่ขายมีการใช้พลาสติกแรปห่อชันผึ้งซึ้งมี 2 ขนาดคือ 100 กรัม และ 1 กิโลกรัม

1.3 ผลิตภัณฑ์แปรรูป พบผู้เลี้ยงชันโรงที่มีการแปรรูปร้อยละ 5.56 ผลิตภัณฑ์แปรรูปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.3.1 ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากน้ำผึ้งชันโรง ได้แก่ 1) สบู่ก้อน ปริมาณที่ขายคือ 80 กรัมต่อก้อน 2) สบู่เหลว ปริมาณที่ขายคือ 400 - 500 มิลลิลิตรต่อขวด 3) แชมพู ปริมาณที่ขายคือ 400 - 500 มิลลิลิตรต่อขวด 4) ครีมทาผิว ปริมาณที่ขายคือ 120 กรัมต่อขวด

1.3.2 ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากชันผึ้ง ได้แก่ 1) สบู่ก้อน ปริมาณที่ขายคือ 80 กรัมต่อก้อน 2) สเปรย์แก้กลากเกลื้อน ปริมาณที่ขายคือ 120 มิลลิลิตรต่อขวด

2. ราคาของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากจากชันโรงมีดังนี้

2.1 น้ำผึ้งชันโรงและชันผึ้ง ผู้เลี้ยงชันโรงส่วนใหญ่เป็นผู้กำหนดราคาเองคิดเป็นร้อยละ 33.33 พิจารณาราคาจากคู่แข่งขันร้อยละ 24.07 และพ่อค้าคนกลางเป็นผู้กำหนดร้อยละ 12.96 โดยราคาของน้ำผึ้งในขวดบรรจุขนาดต่างๆ มีราคาดังนี้ ขวดขนาด 180 มิลลิลิตรราคา 350 - 400 บาท ขวดขนาด 200 มิลลิลิตร ราคา 450 - 500 บาท ขวดขนาด 500 มิลลิลิตรราคา 800 บาท ขวดขนาด 750 มิลลิลิตรราคา 1,200 - 2,000 บาท และชันผึ้งราคา 2,000 บาทต่อกิโลกรัม

2.2 ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากชันโรง ผู้เลี้ยงชันโรงเป็นผู้กำหนดราคาเองคิดเป็นร้อยละ 33.33 โดยพิจารณาราคาจากคู่แข่งคิดเป็นร้อยละ 66.67 ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากน้ำผึ้ง ได้แก่ สบู่ก้อนราคา 60 บาท (80 กรัม) สบู่เหลวราคา 130 -150 บาท (400 - 500 มิลลิลิตร) แชมพูราคา 120 -150 บาท (400 - 500 มิลลิลิตร) ครีมทาผิวราคา 100 บาท (120 กรัม) และผลิตภัณฑ์แปรรูปจากชันผึ้ง ได้แก่ สบู่ก้อนราคา 60 บาท (80 กรัม) สเปรย์แก้กลากเกลื้อนราคา 100 บาท (120 มิลลิลิตร)

3. การจัดจำหน่าย จากการศึกษาพบว่าไม่มีผู้เลี้ยงชันโรงคนใดมีหน้าร้านเป็นของตัวเอง และผู้เลี้ยงชันโรงคิดว่าสถานที่ในการจัดจำหน่ายมีผลกระทบต่อยอดขาย คิดเป็นร้อยละ 52.63 โดยให้เหตุผลว่า สามารถเพิ่มราคาให้กับสินค้า เพิ่มความเชื่อถือในตัวผลิตภัณฑ์ และจะทำให้ขายผลิตภัณฑ์หมดเร็วขึ้น ผู้เลี้ยงชันโรงที่คิดว่าสถานที่ในการจัดจำหน่ายไม่มีผลกระทบต่อยอดขาย คิดเป็นร้อยละ 47.36 โดยให้เหตุผลว่า ปัจจุบันผลผลิตที่ได้จากชันโรงมีน้อยแต่ลูกค้ามีความต้องการมาก จึงทำให้ขายได้ตลอดเวลา สถานที่ในการจัดจำหน่าย

จึงไม่มีผลกระทบต่อยอดขาย ในการจัดจำหน่ายสินค้ามีรายละเอียดดังนี้

3.1 ขายให้ผู้บริโภคโดยตรง ผู้เลี้ยงชันโรงส่วนใหญ่ขายน้ำผึ้งชันโรง ชันผึ้ง และผลิตภัณฑ์แปรรูปให้กับผู้บริโภคโดยตรงคิดเป็นร้อยละ 65.12, 69.23 และ 60.00 ตามลำดับ ผู้บริโภคที่ซื้ออยู่ในจังหวัดจันทบุรี ชลบุรี กรุงเทพฯ พิจิตร พิษณุโลก สมุทรสาคร และเชียงใหม่

3.2 ขายให้กับศูนย์รวมสินค้าชุมชน ผู้เลี้ยงชันโรงขายน้ำผึ้งชันโรง ชันผึ้ง และผลิตภัณฑ์แปรรูปให้กับศูนย์รวมสินค้าชุมชนคิดเป็นร้อยละ 6.98, 7.69 และ 20.00 ตามลำดับ โดยศูนย์รวมสินค้าชุมชนจะตั้งอยู่ที่ศูนย์อนุรักษ์และขยายพันธุ์ผึ้งจังหวัดจันทบุรี การขายเป็นการฝากขายโดยทางศูนย์รวมสินค้าชุมชนจะหักเงินร้อยละ 10 จากราคาของผลิตภัณฑ์ที่ฝากขาย

3.3 พ่อค้าคนกลาง ผู้เลี้ยงชันโรงขายน้ำผึ้งชันโรง และชันผึ้งให้กับพ่อค้ากลางคิดเป็นร้อยละ 25.58 และ 23.08 ตามลำดับ ซึ่งพ่อค้าคนกลางคือบุคคลที่เลี้ยงชันโรงด้วยกันเอง

3.4 ร้านค้าปลีก ผู้เลี้ยงชันโรงขายน้ำผึ้งชันโรง และผลิตภัณฑ์แปรรูปให้กับร้านค้าปลีกคิดเป็นร้อยละ 2.32 และ 20.00 ตามลำดับ

4. การส่งเสริมการตลาด จากการศึกษาพบว่าผู้เลี้ยงชันโรงทุกคนไม่เคยเข้าอบรมเกี่ยวกับการตลาดเลย แต่ทุกคนผ่านการอบรมวิธีการเลี้ยงชันโรงจากหน่วยงานของรัฐ ดังนั้นทางหน่วยงานของรัฐจะมีรายชื่อผู้เลี้ยงชันโรง และหน่วยงานของรัฐนำรายชื่อผู้เลี้ยงไปลงเว็บไซต์เพื่อเป็นผู้เลี้ยงตัวอย่าง และพิมพ์รายชื่อผู้เลี้ยงชันโรงลงหนังสือ และแผ่นพับ เรื่องมหัศจรรย์ชันโรง ซึ่งจะมีเนื้อหาเกี่ยวกับวิธีการเลี้ยงชันโรง หนังสือและแผ่นพับนี้หน่วยงานของรัฐจะแจกให้กับประชาชน ทำให้ประชาชนสามารถรู้ได้ว่าใครเป็นผู้เลี้ยงชันโรง และศูนย์อนุรักษ์และขยายพันธุ์ผึ้งจันทบุรีได้มีการจัดอบรมวิธีการเลี้ยงชันโรงบ่อยครั้ง ดังนั้นทางศูนย์จึงเชิญผู้เลี้ยงชันโรงที่มีประสบการณ์การเลี้ยงชันโรงมาเป็นวิทยากรในการให้คำแนะนำในการเลี้ยงทำให้มีผู้คนรู้จักผู้เลี้ยงชันโรง ทั้งนี้ผู้เลี้ยงชันโรงมีฐานลูกค้าเดิมที่มั่นคงอยู่แล้วคือ ซื้อผลผลิตมานาน และผู้เลี้ยงชันโรงทั้งหมดเลี้ยงชันโรงเป็นอาชีพเสริม จึงไม่มีเวลาในการส่งเสริมการตลาด ด้วยเหตุผลทั้งหมดนี้จึงทำให้ผู้เลี้ยงชันโรงส่วนใหญ่ไม่มีการส่งเสริมการตลาด ทั้งนี้พบผู้เลี้ยงชันโรงเพียงร้อยละ 6.25 ที่ใช้เฟซบุ๊คในการโฆษณา

ปัญหาและอุปสรรคด้านการตลาด

1. ผลิตภัณฑ์ ผู้เลี้ยงชันโรงทุกคนมีปัญหาในเรื่องของการขาดแคลนน้ำผึ้งชันโรงในการขาย แนวทางแก้ไขคือ หาน้ำผึ้งชันโรงจากธรรมชาติ หรือแยกขยายรังทุกปีเพื่อเพิ่มผลผลิต และปัญหาน้ำผึ้งชันโรงมีความชื้นสูงร้อยละ 13.15 วิธีแก้ปัญหาคือ ก่อนนำน้ำผึ้งชันโรงไปบรรจุลงขวดควรนำไปอบเทียน หรือตากแดดประมาณ 3 วัน เพื่อไล่ความชื้นก่อน

2. การจัดจำหน่าย พบผู้เลี้ยงชันโรงที่ยังต้องการให้มีสถานที่ในการจัดจำหน่ายน้ำผึ้งชันโรงและชันผึ้งคิดเป็นร้อยละ 21.05 และผู้เลี้ยงชันโรงที่ยังขาดตลาดในการขายชันผึ้งคิดเป็นร้อยละ 92.11 วิธีแก้ปัญหา คือผู้เลี้ยงชันโรงควรรวมกลุ่มกันตั้งสหกรณ์หรือร้านค้าประจำหมู่บ้านในการขายสินค้าของตัวเอง

3. การส่งเสริมการตลาด พบผู้เลี้ยงชันโรงต้องการที่จะโฆษณา และประสัมพันธ์ให้ผลิตภัณฑ์จากชันโรงเป็นที่รู้จักของประชาชนทั่วไป แต่ขาดการสนับสนุนจากหน่วยงานรัฐคิดเป็นร้อยละ 5.26 แนวทางแก้ไขคือ ควรหาทางส่งเสริมการตลาดตัวเอง เช่น ใช้เฟซบุ๊ค เพราะประชาชนสามารถเข้าถึงได้รวดเร็ว และเสียค่าใช้จ่ายต่ำ

การวิเคราะห์ทางการเงินจากการเลี้ยงชันโรง

ในการศึกษาทางการเงินของผู้เลี้ยงชันโรง ทำการเก็บข้อมูลด้านต้นทุน รายได้ และนำมาวิเคราะห์ทางการเงิน ผลการศึกษามีดังนี้

Table 1 Number of comb, cost and revenue of stingless beekeeper.

Stingless beekeeper	List	Year									
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1	Number of comb	4	7	9	15	20	25	25	28	33	33
	Cost (Baht)	3,751.92	742.26	425.52	1,191.60	1,217.00	1,259.20	177.00	713.94	1,093.14	233.64
	Revenue (Baht)	-	-	-	-	5,600	12,000	-	-	-	-
2	Number of comb	12	15	17	20	25	25	30	30	30	30
	Cost (Baht)	3,245.76	558.90	1,022.16	594.30	2,081.50	443.90	910.30	258.94	256.76	212.40
	Revenue (Baht)	-	-	-	-	-	3,500	3,500	3,500	5,000	-
3	Number of comb	40	70	100	100	140	160	160	170	210	210
	Cost (Baht)	9,669.20	4,272.60	4,506.80	729.80	11,609.00	3,994.40	6,735.40	8,801.40	11,393.60	4,557.60
	Revenue (Baht)	-	-	7,000	7,000	27,000	54,000	76,000	98,000	130,000	92,000
4	Number of comb	10	12	13	17	18	21	28	28	29	31
	Cost (Baht)	2,229.80	446.76	272.94	843.96	308.34	911.38	1,675.44	260.04	516.36	715.78
	Revenue (Baht)	-	-	-	-	-	-	3,750	8,000	23,000	25,000
5	Number of comb	40	90	150	190	190	190	190	200	200	230
	Cost (Baht)	10,644.20	14,509.26	15,239.60	17,066.60	1,345.20	1,345.20	2,704.20	4,034.00	2,946.80	6,592.60
	Revenue (Baht)	7,500	8,500	10,000	30,000	16,000	-	55,000	55,000	78,000	52,000
6	Number of comb	2	4	8	16	32	37	37	37	37	37
	Cost (Baht)	580.96	315.12	630.24	1,500.48	3,267.50	1,728.96	312.86	261.96	261.96	261.96
	Revenue (Baht)	-	-	-	-	2,350	-	4,250	4,000	4,000	4,000
7	Number of comb	20	40	60	80	100	130	140	150	180	200
	Cost (Baht)	3,959.60	3,751.20	3,892.80	4,034.40	4,176.00	6,122.40	3,630.60	3,481.40	7,334.50	7,413.60
	Revenue (Baht)	-	-	-	-	-	-	25,500	34,500	57,600	127,400
8	Number of comb	10	15	20	22	25	27	28	28	28	33
	Cost (Baht)	2,339.80	1,025.70	1,330.46	533.92	716.24	734.58	430.86	274.96	332.14	1,152.04
	Revenue (Baht)	-	-	1,000	1,000	1,500	2,400	2,800	3,200	5,000	5,000
9	Number of comb	40	50	60	80	100	150	150	170	190	210
	Cost (Baht)	7,869.20	2,163.00	2,835.60	4,377.10	5,743.68	11,942.40	2,921	9,380.60	6,888.10	6,695.60
	Revenue (Baht)	-	-	6,500	7,500	13,500	27,000	41,000	40,000	61,000	60,000

ต้นทุนของการเลี้ยงชันโรง ประกอบด้วย 1) ค่าอุปกรณ์ (ค่ากล่องรังชันโรง ขาตั้งรัง ที่แขวนรัง ที่บังแดดบังฝน เหล็กงัดรัง มีดตัดรัง ภาชนะใส่ถ้วยน้ำหวาน ผ้ากรอง กรวย ขวดบรรจุภัณฑ์ สีทารัง และโรงเรือน) 2) ค่าพันธุ์ชันโรง 3) ค่าแรงงาน (ค่าดูแลชันโรง ค่าแยกรัง และค่าเก็บน้ำผึ้ง) และ 4) ค่าขนส่ง ผู้เลี้ยงแต่ละรายจะมีค่าต้นทุนการเลี้ยงที่ต่างกันเนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้เลี้ยงชันโรงต่างกัน และในแต่ละปีต้นทุนการเลี้ยงจะขึ้นอยู่กับจำนวนรังที่ผู้เลี้ยงมีอยู่ในแต่ละปี ถ้าปีไหนมีการแยกรังเพิ่มใหม่มากต้นทุนในปีนั้นๆ ก็จะสูงตามไปด้วย รายละเอียดแสดงใน Table 1

รายได้ของผู้เลี้ยงชันโรงมาจากการขายผลิตภัณฑ์จากชันโรงได้แก่ 1) ชันผึ้ง และ 2) น้ำผึ้งชันโรง ผู้เลี้ยงแต่ละรายจะเริ่มขายผลิตภัณฑ์จากชันโรงครั้งแรกแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับผู้เลี้ยงสามารถหาตลาดขายผลิตภัณฑ์ได้ในปีใด และจำนวนรังโรงที่ให้ผลผลิตได้ในแต่ละปี มีผลทำให้มีผู้เลี้ยงบางรายที่ไม่มีรายได้จากการขายผลผลิตภัณฑ์จากชันโรงในทุกๆ ปี รายรายละเอียดแสดงใน Table 1

ทำการวิเคราะห์ทางการเงินของผู้เลี้ยงชันโรงทั้งหมด 9 ราย เพราะเลี้ยงชันโรงครบอายุโครงการ (10 ปี) ผลการศึกษาพบว่า ผู้เลี้ยงชันโรงทุกรายมีค่าอัตราผลแทนต่อต้นทุน (B/C) มากกว่า 1 และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มากกว่า 0 ณ อัตราส่วนลดที่กำหนด 5 ระดับ คือร้อยละ 4, 6, 8, 10, และ 12 และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่ามากกว่าอัตราส่วนลดที่กำหนด แสดงว่าการลงทุนเลี้ยงชันโรงของผู้เลี้ยงทั้ง 9 รายได้รับกำไรจากการลงทุน โดยพบว่าผู้เลี้ยงรายที่ 2 ได้รับผลตอบแทนจากการเลี้ยงน้อยที่สุด และผู้เลี้ยงรายที่ได้ 3 ได้รับผลตอบแทนจากการเลี้ยงมากที่สุด รายละเอียดแสดงใน Table 2

Table 2 Financial analysis of stingless beekeeper.

Stingless Beekeeper	B/C					NPV (baht)					IRR (%)
	4%	6%	8%	10%	12%	4%	6%	8%	10%	12%	
1	1.52	1.46	1.41	1.35	1.29	4,818.33	4,002.64	3,283.44	2,648.98	2,089.00	23.60
2	1.38	1.28	1.18	1.09	1.01	3,175.29	2,155.28	1,313.00	616.78	40.95	12.16
3	6.76	6.45	6.14	5.84	5.55	306,715.29	261,948.01	224,400.74	192,787.03	166,070.17	77.34
4	6.13	5.61	5.12	4.67	4.26	34,939.40	28,832.30	23,819.02	19,689.48	16,276.79	43.47
5	3.58	3.36	3.16	2.97	2.80	169,188.28	144,068.88	123,037.05	105,360.98	90,451.29	73.56
6	1.80	1.70	1.60	1.51	1.43	6,061.44	4,812.89	3,792.95	2,958.09	2,273.56	26.20
7	4.61	4.31	4.02	3.75	3.49	133,971.43	110,430.76	91,150.38	75,305.46	62,241.89	45.83
8	2.15	2.01	1.87	1.74	1.63	8,683.67	7,053.62	5,697.43	4,565.50	3,617.95	27.44
9	3.89	3.73	3.57	3.42	3.27	139,975.17	118,941.83	101,352.40	86,584.97	74,139.85	63.94

สรุป

การศึกษาพบว่าอายุของผู้เลี้ยงชันโรงมีอายุเฉลี่ย 48.62 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษาร้อยละ 48.15 อาชีพหลักทำสวนร้อยละ 96.30 จำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ยคือ 1.55 คน ผู้เลี้ยงใช้เงินทุนส่วนตัวทั้งหมดในการเลี้ยงชันโรง นิยมเลี้ยงชันโรงพันธุ์ขนเงินมากที่สุดร้อยละ 56.38 พบผู้เลี้ยงชันโรงส่วนใหญ่ที่เลี้ยงชันโรงไว้ในสวนผลไม้โดยวางรังชันโรงกระจายทั่วทั้งพื้นที่สวนผลไม้

ขั้นตอนการผลิต จากการศึกษาพบว่าผู้เลี้ยงชันโรงส่วนใหญ่จะมีขั้นตอนการผลิตที่คล้ายกัน โดยการเตรียมกล่องรังไม้ จากนั้นทำการแยกรังโดยแบ่งถ้วยน้ำหวานและถ้วยตัวอ่อนใส่ในกล่องรังไม้ที่เตรียมไว้ หลังจากแยกรังแล้ว 1 ปี จึงสามารถเก็บน้ำผึ้งและชันผึ้งได้ รังชันโรงที่มีขนาดกว้าง × ยาว × สูง คือ 20 × 40 × 20 เซนติเมตร สามารถให้ปริมาณน้ำผึ้ง 175 - 700 มิลลิลิตร และชันผึ้ง 0.125 - 0.5 กิโลกรัม ในปี พ.ศ. 2558 เก็บน้ำผึ้งได้ 313,600 มิลลิลิตร และเก็บชันผึ้งได้ 92 กิโลกรัม ปัญหาการผลิตพบว่าพบผู้เลี้ยงชันโรงที่ขาดแคลนวัสดุในการสร้างรังร้อยละ 94.73 ประสบปัญหาในการแยกรังร้อยละ 65.78 และขาดแหล่งอาหารสำหรับเลี้ยงชันโรงร้อยละ 5.26

ผลิตภัณฑ์ผลิตผลที่ได้จากชันโรง ได้แก่ น้ำผึ้งชันโรง ชันผึ้ง และผลิตภัณฑ์แปรรูปจากชันโรง ราคาของน้ำผึ้งชันโรงขึ้นอยู่กับปริมาณในขวดบรรจุขนาดต่างๆ ซึ่งมีราคาตั้งแต่ 350 - 2,000 บาท (180 - 700 มิลลิลิตร) ชันผึ้งราคา 2,000 บาทต่อกิโลกรัม และผลิตภัณฑ์แปรรูปจากน้ำผึ้งชันโรงมีราคาดังนี้ สบู่ก้อนราคา 60 บาท (80 กรัม) สบู่เหลวราคา 130 -150 บาท (400 - 500 มิลลิลิตร) แชมพูราคา 120 -150 บาท (400 - 500 มิลลิลิตร) ครีมทาผิวราคา 100 บาท (120 กรัม) และผลิตภัณฑ์แปรรูปจากชันผึ้งมีราคาดังนี้ สบู่ก้อนราคา 60 บาท (80 กรัม) สเปรย์แก้กากเกลื้อนราคา 100 บาท (120 มิลลิลิตร) ผู้เลี้ยงชันโรงมีช่องทางในการจัดจำหน่ายทั้งหมด 4 ช่องทาง ได้แก่ ขายให้ผู้บริโภคโดยตรง ขายให้กับศูนย์รวมสินค้าชุมชน ขายผ่านพ่อค้าคนกลาง และขายให้กับร้านค้าปลีก หน่วยงานรัฐก็ทำหน้าที่ส่งเสริมการตลาดให้กับผู้เลี้ยงจึงทำให้ผู้เลี้ยงชันโรงส่วนใหญ่ไม่มีการส่งเสริมการตลาดเอง ปัญหาการตลาดพบว่าผู้เลี้ยงชันโรง มีปัญหาในเรื่องของขาดแคลนน้ำผึ้งในการขายคิดเป็นร้อยละ 100 ปัญหาความชื้นในน้ำผึ้งสูงร้อยละ 13.15 ขาดสถานที่ในการจัดจำหน่ายน้ำผึ้งและชันผึ้งร้อยละ 21.05 และต้องการส่งเสริมการตลาดแต่ขาดการสนับสนุนจากหน่วยงานของรัฐคิดเป็นร้อยละ 5.26

ต้นทุนของการเลี้ยงชันโรง ได้แก่ 1) ค่าอุปกรณ์ 2) ค่าพันธุ์ชันโรง 3) ค่าแรงงาน และ 4) ค่าขนส่ง ในแต่ละปีต้นทุนการเลี้ยงจะขึ้นอยู่กับจำนวนรังที่ผู้เลี้ยงแยกรังใหม่เพิ่ม รายได้ของผู้เลี้ยงชันโรงมาจากการขายชันผึ้งและน้ำผึ้งชันโรง

การวิเคราะห์ทางการเงินของการเลี้ยงชันโรง พบว่าการเลี้ยงชันโรงนั้นมีความคุ้มค่าในการลงทุนในทุกอัตราส่วนลดที่กำหนดไว้ โดยมีค่า B/C > 1 NPV > 0 และ IRR > อัตราส่วนลดที่กำหนด แสดงว่าการลงทุนได้รับกำไร

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

สมนึก บุญเกิด. 2541. การดำรงชีวิตของชันโรง. **วารสารเทคโนโลยีชาวบ้าน** 10 (188): 47-49

สันติ สุขสอาด. 2545. **การคำนวณดอกเบี้ย ส่วนลด และเงินปีสำหรับธุรกิจป่าไม้**. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____ และอรรถชัย บรมบัญญัติ. 2557. การตลาดและการวิเคราะห์ทางการเงินของการลงทุนทำสวนไม้กฤษณาในจังหวัดระยอง. **วารสารวนศาสตร์** 33 (2): 103-112.

อัญชลี สวาสดิ์ธรรม. 2556. **มหัศจรรย์ชันโรง**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

Krejcie, R.V. and D.W. Morgan. 1970. Determining Sample Size for Research Activities. **Educational and Psychological Measurement** 30 (3): 607-610.

นิพนธ์ต้นฉบับ

การวิเคราะห์ทางการเงินของไม้อเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา ณ สถานีวนวัฒนวิจัยทรายทอง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

Financial Analysis of *Acacia aulacocarpa* A. Cunn. ex Benth. at Saithong Silvicultural Research Station, Prachuap Khiri Khan Province

สันติ สุขสอาด **Santi Suksard**
รัตนาภรณ์ ยังกีรติวร* **Ratanaporn Yangkirativorn***

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding Author, E-mail: lanyangus58@gmail.com

รับต้นฉบับ 1 มิถุนายน 2560 รับลงพิมพ์ 29 มิถุนายน 2560

ABSTRACT

The objectives of this study were to analyze merchantable volume equation, fire wood green weight equation and financial analysis investment of *Acacia aulacocarpa* A. Cunn. ex Benth. at Saithong Silvicultural Research Station, Prachuap Khiri Khan Province. Using suitability investment project of 3 criteria methods were benefit – cost ratio (B/C), net present value (NPV) and internal rate of return (IRR) with the given discount rates of 8, 10, 12 and 14% with 26 years project. In addition, sensitivity analysis, switching value test of cost and benefit of project.

The results of this study had use equation $V = 0.0000000530D^{1.903}H^{3.022}$, $R^2 = 0.980$ for estimating merchantable volume and $W = -3.792 + 12.990D - 27.542X_1$, $R^2 = 0.970$ for estimating fire wood green weight. Financial analysis were B/C and NPV of *Acacia aulacocarpa* plantation with the given discount rates of 8 10, 12 and 14% that were more than 1 and over 0 and their IRR were more than the determinate discount rate. Thus *Acacia aulacocarpa* plantation was the profit project. The sensitivity analysis of project all of them were B/C and NPV with the given discount rates of 8, 10 and 12 % that were more than 1 and over 0, their IRR were more than the determinatation discount rate. Thus, this study showed that project gained profit and low risk invesment. Switching value test of cost and benefit were rather high which its represented the low risk investment. Therefore the investment of *Acacia aulacocarpa* plantation was the profit project, low risk investment and the project was suitable for promoting *Acacia aulacocarpa* plantation investment.

Keywords: financial analysis, *Acacia aulacocarpa*, Saithong Silvicultural Research Station

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสมการปริมาตรของไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ สมการน้ำหนักสดของไม้ฟืน และวิเคราะห์ผลตอบแทนทางด้านการเงินจากการปลูกสร้างสวนป่าไม้อเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา ณ สถานีวนวัฒนวิจัยทรายทอง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ใช้เกณฑ์วัดความเหมาะสมในการลงทุนโครงการ 3 วิธี คือ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ณ อัตราส่วนลดร้อยละ 8, 10, 12 และ 14 อายุโครงการ 26 ปี ตลอดจนวิเคราะห์ความอ่อนไหวและทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนด้านต้นทุนและด้านผลประโยชน์ของโครงการ

ผลการศึกษา พบว่าสมการปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ คือ $V = 0.0000000530D^{1.903}H^{3.022}$, $R^2 = 0.980$ และสมการน้ำหนักสดของไม้ฟืน คือ $W = -3.792 + 12.990D - 27.542X_1$, $R^2 = 0.970$ เมื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนทางด้านการเงิน ณ อัตราส่วนลดร้อยละ 8, 10, 12 และ 14 B/C มีค่ามากกว่า 1 NPV มีค่ามากกว่า 0 และ IRR มีค่ามากกว่าอัตราส่วนลดที่กำหนด แสดงว่า โครงการได้รับกำไร ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ พบว่า ทั้ง 3 รูปแบบ ที่อัตราส่วนลดร้อยละ 8, 10 และ 12 B/C มีค่ามากกว่า 1 NPV มีค่ามากกว่า 0 และ IRR มีค่ามากกว่าอัตราส่วนลดที่กำหนด แสดงว่า โครงการได้รับกำไรและมีความเสี่ยงในการลงทุนต่ำ และทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนด้านต้นทุนและด้านผลประโยชน์ซึ่งมีค่าสูง แสดงว่า โครงการมีความเสี่ยงอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้น การลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไม้อเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา เป็นการลงทุนที่ได้รับกำไรและมีความเสี่ยงอยู่ในระดับต่ำ จึงเป็นโครงการที่เหมาะสมที่จะส่งเสริมให้เกษตรกรดำเนินการปลูกสร้างสวนป่าไม้อเคเซีย เอาลาโคคาร์ปาต่อไป

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ทางการเงิน ไม้อเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา สถานีวนวัฒนวิจัยทรายทอง

คำนำ

สถานีวนวัฒนวิจัยทรายทอง สังกัดสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ มีหน้าที่หลักโดยรับผิดชอบงานทางวิชาการเกี่ยวกับการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการปลูกสร้างสวนป่า งานวิจัยด้านการปรับปรุงพันธุ์ ทดลองพรรณไม้ชนิดต่าง ๆ เช่น กระถินเทพา สนคาริเบีย ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา เพื่อนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้หรือกำหนดวิธีปฏิบัติในการดำเนินการเพาะชำกล้าไม้ การปลูกสร้างสวนป่าให้ประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ ตลอดจนการส่งเสริมเผยแพร่และให้ความรู้ทางด้านการเพาะชำ การปลูกต้นไม้แก่เอกชนที่สนใจทั่วๆ ไป (สถานีวนวัฒนวิจัยทรายทอง, 2559)

ไม้อเคเซียเอาลาโคคาร์ปา (*Acacia aulacocarpa* A. Cunn. ex Benth) วงศ์ Fabaceae – Mimosoideae ชื่อสามัญ black wattle, brown salwood ชื่อการค้า brown salwood เป็นพันธุ์ไม้ที่มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ทางตอนเหนือของประเทศออสเตรเลียแถบรัฐ Queensland และในประเทศปาปัว - นิวกินี นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2528 และได้รับการปรับปรุงสายพันธุ์ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ในประเทศไทย เป็นพืชตระกูลถั่ว เจริญเติบโตเร็ว และมีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนในอากาศมีคุณสมบัติช่วยปรับปรุงสภาพดิน เนื้อไม้เหมาะในการทำเฟอร์นิเจอร์ การก่อสร้าง ทำเยื่อกระดาษ ไม้เชื้อเพลิง (สุจิตรา และคณะ, 2536)

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสมการปริมาตรของไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ สมการน้ำหนักสดของไม้ฟืน และวิเคราะห์ผลตอบแทนทางด้านการเงินจากการปลูกสร้างสวนป่าไม้อเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา ณ สถานีวนวัฒนวิจัยทรายทอง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจลงทุนในการปลูกสร้างสวนป่าไม้อเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา

อุปกรณ์ และวิธีการ

การเก็บข้อมูล

1. ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับการปลูกและค่าใช้จ่ายต่างๆ ของไม้อเคเซียเอาลาโคคาร์ปาเริ่มตั้งแต่การปลูกจนถึงอายุตัดฟันเพื่อขายเป็นสินค้าได้ รวบรวมข้อมูลจากรายงานประจำปี และเอกสารงานวิจัยจากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) ข้อมูลที่เก็บรวบรวมเพื่อนำมาหาผลผลิตของไม้อเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา มีดังนี้

2.1 เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height: DBH) วัดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ทุกต้นในแปลง นำค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 10 เซนติเมตรขึ้นไปจากต้นไม้ทั้งหมด 2,112 ต้น มาแบ่งเป็น 4 อันตรภาคชั้น ในการหาปริมาตรของต้นไม้ เลือกต้นไม้ที่เป็นตัวแทนในแต่ละอันตรภาคชั้นด้วยการเทียบบัญญัติไตรยางค์จากต้นไม้ทั้งหมดได้ต้นไม้ตัวอย่าง จำนวน 9 ต้น สำหรับการหาน้ำหนักสดของไม้ฟืน เลือกต้นไม้ที่เป็นตัวแทนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกต่ำกว่า 10 เซนติเมตร เพิ่มอีก 2 ต้น รวมเป็น 11 ต้น วัดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูงทั้งหมด เส้นผ่านศูนย์กลางของเรือนยอดเฉลี่ย และความลึกของเรือนยอด แล้วตัดต้นไม้ที่เป็นตัวแทน วัดความยาวของท่อนไม้จากโคนท่อนถึงปลายท่อนที่เส้นผ่านศูนย์กลางมีค่าเท่ากับ 10 เซนติเมตร แล้วแบ่งเป็นท่อนๆ โดยกำหนดให้ไม้แต่ละท่อนมีความยาวท่อนละ 1 เมตรเท่ากัน ยกเว้นท่อนปลายสุด วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนไม้ทุกระยะ 1 เมตร คำนวณหาปริมาตรไม้ท่อนแต่ละท่อน และนำปริมาตรของไม้ท่อนแต่ละท่อนย่อยมารวมกันเพื่อเป็นปริมาตรของต้นไม้แต่ละต้นและหาน้ำหนักสดของไม้ของฟืนของต้นไม้แต่ละต้น และนำมาคำนวณหาสมการของปริมาตรของต้นไม้และสมการน้ำหนักสดของไม้ฟืน

2.2 วางแปลงตัวอย่างขนาด 40 × 40 เมตร (1 ไร่) จำนวน 2 แปลง วัดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูงทั้งหมด เส้นผ่านศูนย์กลางของเรือนยอดเฉลี่ย และความลึกของเรือนยอด เพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยของปริมาตรของไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้และน้ำหนักสดของไม้ฟืนจากแปลงตัวอย่างทั้งสอง จากสมการปริมาตรต้นไม้และสมการน้ำหนักสดของไม้ฟืนตามลำดับ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาปริมาตรของไม้ท่อน โดยใช้สูตร Smalian formula (ชาญ, 2525) นำปริมาตรของไม้ท่อนแต่ละท่อนมารวมกันเพื่อเป็นปริมาตรของต้นไม้

2. หาน้ำหนักสดของไม้ฟืน โดยตัดเศษไม้ปลายไม้ที่เหลือจากไม้ท่อน ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 10 เซนติเมตร นำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักสดของไม้ฟืนของต้นไม้แต่ละต้น

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ สมการที่ (1) และน้ำหนักสดของไม้ฟืน สมการที่ (2) กับตัวแปรต่างๆ ของต้นไม้โดยนำข้อมูลของต้นไม้ตัวแทนทั้งหมดที่ได้ตัดฟันลงมา หาความสัมพันธ์กับค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูงทั้งหมด เส้นผ่านศูนย์กลางของเรือนยอดเฉลี่ย และความลึกของเรือนยอด โดยมีความสัมพันธ์ ดังนี้

$$V = f(D, H) \quad (1)$$

$$W = f(D, H, X_1, X_2) \quad (2)$$

เมื่อ V = ปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ (ลูกบาศก์เมตร)

W = น้ำหนักสดไม้ฟืน (กิโลกรัม)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

H = ความสูงทั้งหมด (เมตร)

X_1 = เส้นผ่านศูนย์กลางของเรือนยอดเฉลี่ย (เมตร)

X_2 = ความลึกของเรือนยอด (เมตร)

4. วิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) โดยเลือกสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ และน้ำหนักสดของไม้ฟืนกับตัวแปรต่างๆ ของต้นไม้ โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (coefficient of determination: R^2) ที่ให้ค่าสูงสุด ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานการประมาณ (standard error of the estimate: SE) ต่ำสุด และพิจารณาจากค่าสถิติ F เพื่อตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระที่มีอยู่ในตัวแบบ สามารถใช้ได้ทุกตัวแปรหรือไม่ และค่าสถิติ t เพื่อทดสอบว่าตัวแปรอิสระตัวใดบ้างที่ควรอยู่ในตัวแบบนี้ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ถ้าค่าความน่าจะเป็น Sig. มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าตัวแปรอิสระในตัวแบบสามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้ เพื่อนำสมการที่ได้ไปประเมินหาปริมาตรไม้และน้ำหนักสดของไม้ฟืนในแปลงตัวอย่าง สำหรับสมการที่ใช้กำหนดรูปแบบของสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรตาม จากการศึกษาของสมศักดิ์ (2552)

5. หาค่าใช้จ่ายตั้งแต่การปลูก บำรุง และดูแลรักษาจนตัดไม้ขาย ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ค่าใช้จ่ายต่อปีในการปลูก บำรุง และดูแลรักษาตั้งแต่ปีที่ 1 ถึงปีที่ 25 และค่าใช้จ่ายในการตัดไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้และไม้ฟืนขายในปีที่ 26 สำหรับค่าใช้จ่ายในการตัดไม้ออกเพื่อนำไปขายคิดจากน้ำหนักของไม้ที่ตัดออกขายคูณกับค่าแรงในการตัดไม้รวมค่าขน 300 บาท/ตัน

6. หารายได้จากการขายไม้ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ รายได้จากการขายไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้และรายได้จากการขายไม้ฟืน รายได้คิดจากการนำผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่คูณกับราคารับซื้อไม้ ในการวิจัยวัดผลผลิตเป็นปริมาตรแต่เนื่องจากร้านค้ารับซื้อไม้เป็นน้ำหนัก ซึ่งบางรักษ์ และคณะ (ม.ป.ป.) ได้ศึกษากลสมบัติและกายภาพสมบัติของไม้อเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา พบว่ามีความหนาแน่น 1,181 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ที่ความชื้น 106 เปอร์เซ็นต์ (ไม้สด) จึงหาน้ำหนักสดของไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ ดังสมการที่ (3)

มวล = ความหนาแน่น × ปริมาตร (3)

7. การวิเคราะห์ทางการเงินในการลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไม้อเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา โดยใช้เกณฑ์วัดความเหมาะสมในการลงทุน 3 วิธี (สันติ และอรรถชัย, 2557)

7.1 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit - cost ratio: B/C) เป็นอัตราส่วนระหว่างผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุนซึ่งวัดออกมาในรูปของมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนกับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนที่จ่ายไปในการดำเนินโครงการ ตลอดจนชั่วอายุของโครงการ ณ อัตราส่วนลดหนึ่ง ดังสมการที่ (4)

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+i)^t}} \quad (4)$$

เมื่อ B_t = รายได้จากการขายไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้และไม้ฟืนในปีที่ t

C_t = ค่าใช้จ่ายในการลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไม้อเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา ในปีที่ t

i = อัตราส่วนลด ใช้อัตราส่วนลด 4 ระดับ คือ ร้อยละ 8, 10, 12 และ 14

t = ระยะเวลาของโครงการปีที่ 1, 2, 3,..., n

n = คือ ระยะเวลาสิ้นสุดของโครงการ (26 ปี)

B/C ของโครงการมีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าการลงทุนทำโครงการครั้งนี้ได้กำไร

7.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value: NPV) เป็นการหาผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน (Present value of benefit: PVB) ที่ได้รับจากการลงทุนกับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนที่จ่าย (Present value of cost: PVC) ไปในการดำเนินโครงการ ตลอดจนชั่วอายุของโครงการ ณ อัตราส่วนลดหนึ่ง ดังสมการที่ (5)

$$NPV = PVB - PVC$$

$$= \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+i)^t} \quad (5)$$

NPV มีค่ามากกว่า 0 หรือมีค่าเป็นบวกแสดงว่าโครงการนั้นมีความเหมาะสมลงทุนได้ หรือการลงทุนทำโครงการครั้งนี้ได้กำไร

7.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return: IRR) เป็นร้อยละของผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุน อัตราที่ได้รับเป็นอัตราผลตอบแทนที่จุดคุ้มทุนหรือผลตอบแทน (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์) ที่ได้รับตลอดระยะเวลาของการลงทุนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนที่ได้รับมีค่าเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (NPV = 0) ดังสมการที่ (6)

$$IRR = DR_L + (DR_U - DR_L) \times \left(\frac{NPV_L}{(NPV_L - NPV_U)} \right) \quad (6)$$

เมื่อ DR_L = อัตราส่วนลดที่ทำให้ ค่า NPV > 0

DR_U = อัตราส่วนลดที่ทำให้ ค่า NPV < 0

NPV_L = มูลค่าปัจจุบันสุทธิของ DR_L

NPV_U = มูลค่าปัจจุบันสุทธิของ DR_U

ค่า IRR มีค่ามากกว่าค่าอัตราส่วนลดที่กำหนด แสดงว่าการลงทุนครั้งนี้ได้กำไร

8. การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis) ของโครงการ เป็นการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของโครงการ อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายและรายได้ของการปลูกสร้างสวนป่า ทำการวิเคราะห์เมื่อตัวชี้วัดความเหมาะสมของโครงการทางการเงิน โดย B/C มีค่ามากกว่า 1 NPV มีค่ามากกว่า 0 และ IRR มีค่ามากกว่าอัตราส่วนลดที่กำหนด โดยทำการวิเคราะห์ 3 รูปแบบ ดังนี้

8.1 ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และรายได้คงที่

8.2 ต้นทุนคงที่และรายได้ลดลงร้อยละ 10

8.3 ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และรายได้ลดลงร้อยละ 10

นำข้อมูลข้อ 8.1, 8.2 และ 8.3 มาวิเคราะห์หาค่า B/C, NPV และ IRR โครงการเหมาะสม เมื่อ B/C มีค่ามากว่า 1 NPV มีค่ามากกว่า 0 และ IRR มีค่ามากกว่าอัตราส่วนลดที่กำหนด แสดงว่าการลงทุนครั้งนี้มีความเสี่ยงในการลงทุนต่ำ

9. ทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน (Switching value test: SVT) ทำการทดสอบเมื่อโครงการที่ทำการวิเคราะห์ทางการเงินได้รับกำไร มีการทดสอบ 2 วิธี (สันติ และอภิชาติ, 2558)

9.1 การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนด้านต้นทุน (Switching value test of cost: SVT_c) หมายความว่าต้นทุนของโครงการสามารถเพิ่มขึ้นได้ร้อยละเท่าไร จึงจะทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ สูตรที่ใช้คำนวณ ดังสมการที่ (7)

$$SVT_C = \frac{NPV}{PVC} \times 100 \quad (7)$$

9.2 การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนด้านผลประโยชน์ (Switching value test of benefit: SVT_b) หมายความว่าผลประโยชน์ของโครงการสามารถลดลงได้ร้อยละเท่าไร จึงจะทำ ให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ สูตรที่ใช้คำนวณ ดังสมการที่ (8)

$$SVT_b = \frac{NPV}{PVB} \times 100 \quad (8)$$

กรณีค่าร้อยละของ SVT_c และ SVT_b ที่คำนวณได้มีค่าสูงก็หมายความว่าความเสี่ยงของโครงการอยู่ในระดับต่ำ

ผลและวิจารณ์

ลักษณะทั่วไปของแปลงตัวอย่างขนาด 40 × 40 เมตร

แปลงที่ 1 ไม้อเคเซีย เอาลาโคคาร์ปามีจำนวน 225 ต้น อัตราการรอดตายร้อยละ 56.25 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.1 – 40.6 เซนติเมตร เฉลี่ย 16.9 เซนติเมตร ความสูงทั้งหมด 5.0 – 39.0 เมตร เฉลี่ย 22.1 เมตร ความกว้างของเรือนยอดเฉลี่ย 1.00 – 10.00 เมตร เฉลี่ย 4.10 เมตร ได้ปริมาตรไม้รายต้นที่ทำเป็นสินค้าได้ 0.0039 – 3.7043 ลูกบาศก์เมตร เฉลี่ย 0.3651 ลูกบาศก์เมตร และน้ำหนักสดของไม้ฟืนรายต้น 0.88 – 291. 58 กิโลกรัม เฉลี่ย 102.99 กิโลกรัม

แปลงที่ 2 ไม้อเคเซียเอาลาโคคาร์ปามีจำนวน 213 ต้น อัตราการรอดตายร้อยละ 53.25 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 – 43.8 เซนติเมตร เฉลี่ย 17.8 เซนติเมตร ความสูงทั้งหมด 5.0 – 38.0 เมตร เฉลี่ย 24.0 เมตร ความกว้างของเรือนยอดเฉลี่ย 1.00 – 11.00 เมตร เฉลี่ย 3.64 เมตร ได้ปริมาตรไม้รายต้นที่ทำเป็นสินค้าได้ 0.0036 – 4.1890 ลูกบาศก์เมตร เฉลี่ย 0.4425 ลูกบาศก์เมตร และน้ำหนักสดของไม้ฟืนรายต้น 8.91 – 301.19 กิโลกรัม เฉลี่ย 127.43 กิโลกรัม

ค่าเฉลี่ยของแปลงที่ 1 และแปลงที่ 2 ไม้อเคเซียเอาลาโคคาร์ปามีเฉลี่ยจำนวน 219 ต้น อัตราการรอดตายเฉลี่ยร้อยละ 54.75 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 17.4 เซนติเมตร ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย 23.1 เมตร ความกว้างของเรือนยอดเฉลี่ยเฉลี่ย 3.87 เมตร ได้ปริมาตรไม้รายต้นที่ทำเป็นสินค้าได้เฉลี่ย 0.4038 ลูกบาศก์เมตร และน้ำหนักสดของไม้ฟืนรายต้นเฉลี่ย 115.21 กิโลกรัม

ปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้

จากผลการวิเคราะห์ได้สมการสำหรับการประเมินปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ของไมอเคเซียเอาลาโคคาร์ปา ดังสมการที่ (9)

$$V = 0.0000000530D^{1.903}H^{3.022} \quad R^2 = 0.98 \quad (9)$$

เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (coefficient of determination: R^2) อยู่ในระดับสูงที่สุด คือ 0.980 แสดงถึงความผันแปรทั้งหมดของปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้เป็นผลเนื่องจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงทั้งหมด (98%) ที่เหลือเป็นความผันแปรสุ่มหรือเป็นผลจากปัจจัยอื่น ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานการประมาณ (standard error of the estimate: SE) ต่ำที่สุด คือ 0.125 แสดงถึงความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ค่าปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงทั้งหมดมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 0.125 และค่าสถิติ F และค่าสถิติ t มีค่า Sig. ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด จึงใช้ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงทั้งหมดในการพยากรณ์ปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้

น้ำหนักสดของไม้ฟืน

จากผลการวิเคราะห์ได้สมการสำหรับการประเมินน้ำหนักสดของไม้ฟืน ดังสมการที่ (10)

$$W = -3.792 + 12.99D - 27.542 X_1 \quad R^2 = 0.97 \quad (10)$$

เนื่องจากมีค่า R^2 อยู่ในระดับสูง คือ 0.970 แสดงถึงความผันแปรทั้งหมดของน้ำหนักสดของไม้ฟืนเป็นผลเนื่องจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและเส้นผ่านศูนย์กลางของเรือนยอดเฉลี่ย (97%) ที่เหลือเป็นความผันแปรสุ่มหรือเป็นผลจากปัจจัยอื่น ค่า SE ต่ำที่สุด คือ 22.222 แสดงถึงความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ค่าน้ำหนักสดของไม้ฟืนได้ด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและเส้นผ่านศูนย์กลางของเรือนยอดเฉลี่ยมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 22.22 และค่าสถิติ F และค่าสถิติ t มีค่า Sig. ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด จึงใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและเส้นผ่านศูนย์กลางของเรือนยอดเฉลี่ยในการพยากรณ์น้ำหนักสดของไม้ฟืน

แทนค่าตัวแปรต่างๆ ที่วัดได้จากการวางแปลงตัวอย่างขนาด 40 × 40 เมตร ในสมการที่ (9) และ (10) ได้ปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ ของแปลงที่ 1 และ 2 จำนวน 81.7743 และ 93.9966 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ตามลำดับ มีปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้เฉลี่ย 87.8855 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ หรือคิดเป็นน้ำหนักสดของไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้เฉลี่ย 103.79 ตัน/ไร่ และได้น้ำหนักสดของไม้ฟืนของแปลงที่ 1 และ 2 จำนวน 23.17 และ 27.14 ตัน/ไร่ ตามลำดับ มีน้ำหนักสดของไม้ฟืนเฉลี่ย 25.16 ตัน/ไร่

การประเมินค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายในการปลูกสร้างสวนป่าไม้อเคเซียเอาลาโคคาร์ปา มีรายละเอียด ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการปลูกปีที่ 1 (ปี พ.ศ. 2533) ได้แก่ การสำรวจรังวัดแบ่งแปลงทดลอง การถางวัชพืช ตัดไม้เล็ก เพื่อเตรียมพื้นที่ปลูก เก็บริบรวมกองสุมเผา ไถ ตัดหลักหมายแนวปลูก ปักหลักหมายแนวปลูก ขนส่งกล้าไม้ ขุดหลุมปลูกและปลูก ถางวัชพืช 2 ครั้ง ปลูกซ่อม หมายแปลงทดลองเพื่อเก็บตัวอย่างและข้อมูล สำรวจขุดเจาะดินเพื่อวิเคราะห์ฯ ค่ากล้าไม้ และค่าใช้สอยวัสดุ รวมค่าใช้จ่ายเป็นเงิน 1,860 บาท/ไร่/ปี ค่าใช้จ่ายในการบำรุงปีที่ 2 – 7 (ปี พ.ศ. 2534 – 2539) เป็นค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสวนป่าเพื่อการวิจัย ได้แก่ การผลิตกล้าไม้เพื่อปลูกซ่อม (ค่ากล้าไม้) ปลูกซ่อม เก็บสถิติข้อมูล เฝ้าแนวกันไฟ ดูแลรักษา การถางวัชพืช และค่าใช้สอยวัสดุ รวมค่าใช้จ่ายเป็นเงิน 340 บาท/ไร่/ปี ค่าใช้จ่ายในการบำรุงปีที่ 8 - 22 (ปี พ.ศ. 2540 – 2554) เป็นค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสวนป่าเพื่อการวิจัย ได้แก่ การเก็บสถิติข้อมูล การดายวัชพืช การปลูกซ่อม ยามป้องกันไฟ ค่ากล้าไม้ และค่าวัสดุ ใช้สอย รวมค่าใช้จ่าย เป็นเงิน 700 บาท/ไร่/ปี และค่าใช้จ่ายในการบำรุงปีที่ 23 – 25 (ปี พ.ศ. 2555 – 2558) เป็นค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสวนป่าเพื่อการวิจัย ได้แก่ การเก็บสถิติข้อมูล การดายวัชพืช การปลูกซ่อม ยามป้องกันไฟ ค่ากล้าไม้ และค่าวัสดุ ใช้สอย รวมค่าใช้จ่ายเป็นเงิน 1,000 บาท/ไร่/ปี

2. ค่าใช้จ่ายในการตัดไม้ออกเพื่อนำไปขาย (ปี พ.ศ. 2559) เป็นค่าใช้จ่ายในการจ้างคนงานเพื่อตัดไม้และขนออกจากแปลงมาที่รถบรรทุก ซึ่งคิดค่าจ้างตัดไม้รวมค่าขนเป็นเงิน 300 บาท/ตัน จากการวางแปลงตัวอย่างขนาด 40 × 40 เมตร ได้ผลผลิตไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้เฉลี่ย 103.79 ตัน/ไร่ และไม้ฟืนเฉลี่ย 25.16 ตัน/ไร่ รวมได้ผลผลิตไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้และไม้ฟืนเฉลี่ยทั้งสิ้น 128.95 ตัน/ไร่ ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในการตัดไม้ออกเพื่อนำไปขาย เป็นเงิน 38,685 บาท/ไร่

การประเมินรายได้

รายได้ของสวนป่าไม้เคเซีย เอาลาโคคาร์ปา โดยการหาผลผลิตต่อไร่ หารายได้โดยแบ่งราคารับซื้อตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ร้านค้ารับซื้อ ดังนี้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 10 เซนติเมตร (ไม้ฟืน) ราคาตันละ 800 บาท มีจำนวน 25.16 ตัน/ไร่ รายได้ 20,128 บาท ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 – 20 เซนติเมตร ราคาตันละ 1,400 บาท มีจำนวน 14.69 ตัน/ไร่ รายได้ 20,566 บาท และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตรขึ้นไป ราคาตันละ 1,800 บาท มีจำนวน 89.10 ตัน/ไร่ รายได้ 160,380 บาท รวมรายได้จากไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้และรายได้จากไม้ฟืนทั้งสิ้น จำนวน 201,074 บาท/ไร่

ผลตอบแทนทางด้านการเงิน

การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางด้านการเงินจากการปลูกสร้างสวนป่าไม้เคเซีย เอาลาโคคาร์ปา ใช้เกณฑ์ในการพิจารณาตัดสินใจในการลงทุน คือ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 8, 10, 12 และ 14 ผลการศึกษาดัง Table 1

Table 1 PVB, PVC, B/C, NPV and IRR of *Acacia aulacocarpa* plantation with 26 years project.

Discount rate (%)	PVB (baht/rai)	PVC (baht/rai)	B/C	NPV (baht/rai)	IRR (%)
8	27,185.56	12,377.95	2.20	14,807.61	14.89
10	16,871.21	9,320.65	1.81	7,550.56	-
12	10,560.57	7,295.70	1.45	3,264.87	-
14	6,665.45	5,921.97	1.13	743.48	-

จาก Table 1 พบว่า

1. ณ อัตราส่วนลดร้อยละ 8, 10, 12 และ 14 รวมมูลค่าปัจจุบันของรายได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 27,185.56, 16,871.21, 10,560.57 และ 6,665.45 บาท/ไร่ ตามลำดับ และรวมมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 12,377.95, 9,320.65, 7,295.70 และ 5,921.97 บาท/ไร่ ตามลำดับ

2. ณ อัตราส่วนลดร้อยละ 8, 10, 12 และ 14 B/C มีค่าเท่ากับ 2.20, 1.81, 1.45 และ 1.13 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 NPV มีค่าเท่ากับ 14,807.61, 7,550.56, 3,264.87 และ 743.48 บาท/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0 และ IRR มีค่าเท่ากับ 14.89 ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราส่วนลดที่กำหนด แสดงว่า การลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไม้อเคเซีย เอาลาโคคาร์ปาได้กำไร

3. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการปลูกสร้างสวนป่าไม้อเคเซีย เอาลาโคคาร์ปา ทำการวิเคราะห์เมื่อตัวชี้วัดความเหมาะสมของโครงการทางการเงิน โดย B/C มีค่ามากกว่า 1 NPV มีค่ามากกว่า 0 และ IRR มีค่ามากกว่าอัตราส่วนลดที่กำหนด วิเคราะห์ 3 รูปแบบ ดัง Table 2

Table 2 Sensitivity analysis of *Acacia aulacocarpa* plantation with 26 years project.

Discount rate (%)	Cost was increased 10% and benefit remained constant			Cost remained constant and benefit was reduced 10%			Cost was increased 10% and benefit was reduced 10%		
	B/C	NPV (baht/rai)	IRR (%)	B/C	NPV (baht/rai)	IRR (%)	B/C	NPV (baht/rai)	IRR (%)
8	2.00	13,569.82	14.19	1.98	12,089.05	14.11	1.80	10,851.26	13.40
10	1.65	6,618.50	-	1.63	5,863.43	-	1.48	4,931.37	-
12	1.32	2,535.30	-	1.30	2,208.81	-	1.18	1,479.24	-
14	1.02	151.29	-	1.01	76.94	-	0.92	-515.25	-

จาก Table 2 พบว่า

3.1 เมื่อต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และรายได้คงที่ เมื่อใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 8, 10, 12 และ 14 พบว่า B/C มีค่าเท่ากับ 2.00, 1.65, 1.32 และ 1.02 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 NPV มีค่าเท่ากับ 13,569.82, 6,618.50, 2,535.30 และ 151.29 บาท/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0 และIRR มีค่าเท่ากับ 14.19 ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราส่วนลดที่กำหนด แสดงว่า การลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไม้อเคเซีย เอาลาโคคาร์ปาได้กำไรและมีความเสี่ยงในการลงทุนต่ำ

3.2 เมื่อต้นทุนคงที่และรายได้ลดลงร้อยละ 10 เมื่อใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 8, 10, 12 และ 14 พบว่า B/C มีค่าเท่ากับ 1.98, 1.63, 1.30 และ 1.01 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 NPV มีค่าเท่ากับ 12,089.05, 5,863.43, 2,208.81 และ 76.94 บาท/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0 และ IRR มีค่าเท่ากับ 14.11 ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราส่วนลดที่กำหนด แสดงว่า การลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไม้อเคเซีย เอาลาโคคาร์ปาได้กำไรและมีความเสี่ยงในการลงทุนต่ำ

3.3 เมื่อต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และรายได้ลดลงร้อยละ 10 เมื่อใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 8, 10, 12 และ 14 พบว่า B/C มีค่าเท่ากับ 1.80, 1.48, 1.18 และ 0.92 ตามลำดับ NPV มีค่าเท่ากับ 10,851.26, 4,931.37, 1,479.24 และ -515.25 บาท/ไร่ ตามลำดับ ที่อัตราส่วนลดร้อยละ 8, 10 และ 12 B/C มีค่ามากกว่า 1 NPV มีค่ามากกว่า 0 และ IRR มีค่าเท่ากับ 13.40 ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราส่วนลดที่กำหนด แสดงว่า การลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไม้อเคเซีย เอาลาโคคาร์ปาได้กำไรและมีความเสี่ยงในการลงทุนต่ำ และที่อัตราส่วนลดที่กำหนดร้อยละ 14 การลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไม้อเคเซีย เอาลาโคคาร์ปาขาดทุนและมีความเสี่ยงในการลงทุนสูง ณ อัตราส่วนลดดังกล่าว

4. การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนด้านต้นทุนและด้านผลประโยชน์ พบว่าเมื่อใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 8, 10, 12 และ 14 ค่าความแปรเปลี่ยนด้านต้นทุนมีค่าเท่ากับ 119.63, 81.01, 44.75 และ 12.55 ตามลำดับ แสดงว่า ต้นทุนสามารถเพิ่มขึ้นได้ถึงร้อยละ 119.63, 81.01, 44.75 และ 12.55 ตามลำดับ แล้วทำให้ NPV มีค่าเท่ากับ 0 และค่าความแปรเปลี่ยนด้านผลประโยชน์มีค่าเท่ากับ 54.47, 44.75, 30.92 และ 11.15 ตามลำดับ แสดงว่าผลประโยชน์สามารถลดลงได้ถึงร้อยละ 54.47, 44.75, 30.92 และ 11.15 ตามลำดับ แล้วทำให้ NPV มีค่าเท่ากับ 0 จากการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนด้านต้นทุนและด้านผลประโยชน์ ที่อัตราส่วนลดร้อยละ 8, 10, และ 12 ค่าความแปรเปลี่ยนด้านต้นทุนและด้านผลประโยชน์มีค่าสูง แสดงว่า โครงการปลูกสร้างสวนป่าไม้เคเซีย เอาลาโคคาร์ปา มีความเสี่ยงของโครงการอยู่ในระดับต่ำ สำหรับที่อัตราส่วนลดร้อยละ 14 ค่าความแปรเปลี่ยนด้านต้นทุนและด้านผลประโยชน์มีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงว่า โครงการปลูกสร้างสวนป่าไม้เคเซีย เอาลาโคคาร์ปา มีความเสี่ยงของโครงการอยู่ในระดับสูง ถ้าต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.55 และผลประโยชน์ลดลงร้อยละ 11.15

สรุป

สมการปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ คือ $V = 0.0000000530D^{1.903}H^{3.022}$, $R^2 = 0.980$ และสมการน้ำหนักสดของไม้ฟืน คือ $W = -3.792 + 12.990D - 27.542X_1$, $R^2 = 0.970$ ปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้เฉลี่ย 87.8855 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ หรือคิดเป็นน้ำหนักสดของไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้เฉลี่ย 103.79 ตัน/ไร่ และน้ำหนักสดของไม้ฟืนเฉลี่ย 25.16 ตัน/ไร่

การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางด้านการเงินจากการปลูกสร้างสวนป่าไม้เคเซีย เอาลาโคคาร์ปา พบว่า ที่อัตราส่วนลดร้อยละ 8, 10, 12 และ 14 B/C มีค่ามากกว่า 1 NPV มีค่ามากกว่า 0 และ IRR มีค่ามากกว่าอัตราส่วนลดที่กำหนด แสดงว่า การลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไม้เคเซีย เอาลาโคคาร์ปาได้กำไร เมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ 3 รูปแบบ ดังนี้ 1) เมื่อต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และรายได้คงที่ 2) เมื่อต้นทุนคงที่และรายได้ลดลงร้อยละ 10 และ 3) เมื่อต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และรายได้ลดลงร้อยละ 10 พบว่า ทั้ง 3 รูปแบบที่อัตราส่วนลดร้อยละ 8, 10 และ 12 B/C มีค่ามากกว่า 1 NPV มีค่ามากกว่า 0 และ IRR มีค่ามากกว่าอัตราส่วนลดที่กำหนด แสดงว่า การลงทุนโครงการปลูกสร้างสวนป่าไม้เคเซีย เอาลาโคคาร์ปาได้กำไรและมีความเสี่ยงในการลงทุนต่ำ จากนั้นทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนด้านต้นทุนและด้านผลประโยชน์ ที่อัตราส่วนลดร้อยละ 8, 10 และ 12 มีค่าสูง แสดงว่า โครงการปลูกสร้างสวนป่าไม้เคเซีย เอาลาโคคาร์ปา มีความเสี่ยงของโครงการอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้น การลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไม้เคเซีย เอาลาโคคาร์ปา เป็นการลงทุนที่ได้รับกำไรและมีความเสี่ยงอยู่ในระดับต่ำ จึงควรส่งเสริมให้เกษตรกรลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไม้เคเซีย เอาลาโคคาร์ปา โดยภาครัฐต้องปล่อยเงินกู้ระยะยาว และคิดอัตราดอกเบี้ยต่ำ ตลอดจนแนะนำตลาดรับซื้อไม้ให้ผู้ที่สนใจปลูก สำหรับการศึกษาครั้งต่อไป ควรศึกษาเปรียบเทียบระยะปลูก อัตราการเจริญเติบโต ควรมีการวัดการเจริญเติบโตของต้นไม้ทุกปี รวมถึงศึกษาอายุรอบตัดฟันที่เหมาะสม และศึกษาการนำไม้ไปใช้ประโยชน์เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ กัน เพื่อให้ได้รับผลตอบแทนสูงสุด

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ชาญ บุญญสิริกูล. 2525. **การคณิตป่าไม้ภาคปฏิบัติ**. ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บางรักษ์ เชษฐสิงห์, วิเชียร ปิยาจารประเสริฐ, บุญส่ง สมเพาะ และเชาวลิตร วงศ์ศรีแก้ว. ม.ป.ป. **กลสมบัติและกายภาพสมบัติของไม้ *Acacia aulacocarpa***. งานคุณสมบัติและวิศวกรรมโครงสร้างไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สถานีวนวัฒนวิจัยทรายทอง. 2559. **ข้อมูลสถานีวนวัฒนวิจัย**. สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ สุขวงศ์. 2552. วิธีสร้างโมเดลสมการถดถอยในงานวิจัยป่าไม้. **วารสารการจัดการป่าไม้** 3 (5): 89-98.

สันติ สุขสอาด และอรรถชัย บรมบัญญัติ. 2557. การตลาดและการวิเคราะห์ทางการเงินของการลงทุนทำสวนไม้กฤษณาในจังหวัดระยอง. **วารสารวนศาสตร์** 33 (2): 103-112.

สันติ สุขสอาด และอภิชาติ กาพย์มณี. 2558. การตลาดและการวิเคราะห์ทางการเงินของไม้สักในสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี. **วารสารวนศาสตร์** 34 (2): 62-72.

สุจิตรา จางตระกูล, พิเศรษฐ ลือชานิมิตจิต, พนิดา จิวราวัฒน์ และวิโรจน์ รัตนพรเจริญ. 2536. *Acacia aulacocarpa*, น. 299-306. *ใน* **เอกสารส่งเสริมการปลูกป่า**. ฝ่ายวนวัฒนวิจัย กองบำรุง กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประมาณค่าความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้จากแบบจำลองความสูงเชิงเลข ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร

Estimation of the Average Height of Forest Stand Using Digital Elevation Model in Khlong Lan National Park, Kamphaeng Phet Province

วิไลลักษณ์ ศรีสุนทร* **Wilailak Srisoontorn***
กาญจน์เขจร ชูชีพ **Kankhajane Chuchip**
ประสงค์ สงวนธรรม **Prasong Saguantam**

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding Author, E-mail: wilailak5785@gmail.com

รับต้นฉบับ 24 มิถุนายน 2559 รับลงพิมพ์ 29 กรกฎาคม 2559

ABSTRACT

The objectives of this study were to evaluate commonly used digital elevation models (DEM) both in form of digital terrain model (DTM) and digital surface model (DSM) affected by forest canopy and to examine the possibility of using the difference in value between DTM and DSM for estimating the average tree height of forest stands in Khlong Lan National Park, Kamphaeng Phet Province. To do this, global GDEM and SRTM were adopted to test in the study as well as local DEMs, namely a DEM prepared by the Royal Thai Survey Department (RTSD DEM) and a DEM prepared by the Land Development Department (LDD DEM). The difference in value of each pairs of DEMs was determined. Selected vegetation indices, namely NDVI, SAVI, and RVI were analyzed using Landsat OLI image. Additionally, the correlation between the difference in value of DEMs and vegetation indices has been performed. Then, a vegetation index image that had highest correlation value was classified into different strata of forest stand. Fourty 17.84m-circular-plots were randomly established in each forest stratum in order to measure tree heights. The difference in value between DTM and DSM that was highly correlated with vegetation index and the average height of forest stands were used to perform regression analysis. Derived regression model was then used to estimate the average tree height of forest stands for the whole area of the national park.

It was found that the difference in value of RTSD DEM and LDD DEM is correlated with vegetation indices higher than the global DEMs. The correlation coefficients are 0.57, 0.50

and 0.59 for NDVI, SAVI, and RVI, respectively. The derived model is $\bar{h}_c = 2.2826 + 0.81\bar{h}_{spc}$ (where $\bar{h}_c$ is the average height of trees measured from model, $\bar{h}_{spc}$ is the difference in value of local DEMs). The coefficient of determination is about 0.69. Using the model, the height of forest stand of the study area was mapped. The average tree height is estimately 16.86 meters, with root mean square error (RMSE) of 2.37, index of agreement (d) of 0.48 and mean absolute error (MAE) of -2.05.

Keywords: Estimation, Digital Elevation Models, Forest Stand Heights

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินแบบจำลองความสูงเชิงเลข (digital elevation model; DEM) ในรูปแบบ Digital Terrain Model (DTM) และ Digital Surface Model (DSM) ที่ได้รับอิทธิพลจากเรือนยอดของหมู่ไม้ และเพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการใช้ค่าความต่างระดับความสูงระหว่าง DTM และ DSM ประมาณค่าความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร โดยทดสอบกับแบบจำลองความสูงระดับโลก (Global DEMs) ได้แก่ ASTER GDEM และ SRTM รวมทั้งแบบจำลองความสูงที่ใช้ในประเทศ ได้แก่ ข้อมูล DEM ที่จัดทำขึ้นโดยกรมแผนที่ทหาร (RTSD DEM) และข้อมูล DEM ที่จัดทำขึ้นโดยกรมพัฒนาที่ดิน (LDD DEM) ทำการหาค่าความต่างระดับความสูงของแบบจำลองความสูงในแต่ละคู่ แล้วหาค่าดัชนีพืชพรรณ ได้แก่ NDVI, SAVI, และ RVI ที่หาจากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างระดับความสูงของแบบจำลองความสูงกับดัชนีพืชพรรณแต่ละชนิด จากนั้นนำค่าดัชนีพืชพรรณที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดมาจำแนกความแตกต่างของชั้นหมู่ไม้ โดยในแต่ละชั้นของหมู่ไม้จะสุ่มวางแปลงตัวอย่างแบบวงกลมขนาด 17.84 เมตร จำนวน 40 แปลง เพื่อเก็บข้อมูลความสูงของต้นไม้ เพื่อนำมาหาความสัมพันธ์กับค่าความต่างระดับความสูงของ DTM และ DSM ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) นำสมการความสัมพันธ์ที่ได้ มาใช้ในการประมาณความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติคลองลาน

ผลการวิจัยพบว่า ค่าความต่างระดับความสูงของข้อมูล DEM กรมแผนที่ทหาร (RTSD DEM) กับ DEM ของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD DEM) มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพืชพรรณสูงกว่าแบบจำลองความสูงที่ใช้ในระดับโลก (Global DEMs) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 0.57, 0.50 และ 0.59 สำหรับดัชนีพืชพรรณ NDVI, SAVI, และ RVI ตามลำดับ สมการความสัมพันธ์ที่ได้มา คือ $\bar{h}_c = 2.2826 + 0.81\bar{h}_{spc}$ (โดย $\bar{h}_c$ คือ ความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้จากการประมาณด้วยสมการ, $\bar{h}_{spc}$ คือ ค่าความต่างระดับความสูงของแบบจำลองความสูง) มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดเท่ากับ 0.69 จากสมการที่ได้สามารถสร้างแผนที่ความสูงของหมู่ไม้ของทั้งพื้นที่ศึกษาได้ โดยความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ของทั้งพื้นที่มีค่าประมาณ 16.86 เมตร มีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (root mean square error; RMSE) เท่ากับ 2.37 ดัชนีความสอดคล้อง (d) เท่ากับ 0.48 และค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute error; MAE) เท่ากับ -2.05

คำสำคัญ: การประมาณค่า แบบจำลองความสูงเชิงเลข ความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้

คำนำ

แบบจำลองความสูงเชิงเลข (digital elevation model; DEM) เป็นข้อมูลแสดงคุณลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นผิวและชั้นความสูงภูมิประเทศในรูปแบบดิจิทัล ถูกสร้างและใช้กันอย่างแพร่หลายในงานที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์ (สุเพชร,

2555) โดยความหมายแล้วแบบจำลองความสูงเชิงเลข มี 2 รูปแบบ คือ 1) Digital Surface Model (DSM) ที่จะแสดงพื้นผิวของโลกโดยรวมเอาความสูงของพืชพรรณและสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเอาไว้ด้วย และ 2) Digital Terrain Model (DTM) ที่แสดงพื้นผิวของโลก โดยมีการขจัดความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิวทางกายภาพออกให้เหลือเฉพาะพื้นผิวของโลกจริงๆ (GISTDA, 2012)

ประเทศไทยมีแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีการใช้แพร่หลายอยู่สองแหล่ง คือ ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่จัดทำขึ้นโดยกรมแผนที่ทหาร (RTSD DEM) และข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่จัดทำขึ้นโดยกรมพัฒนาที่ดิน (LDD DEM) นอกจากนี้ยังมีข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่ใช้ในระดับโลกที่สำรวจด้วยดาวเทียมอีก คือ Global Digital Elevation Model (GDEM) ที่สำรวจด้วยดาวเทียม Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) และ Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) ที่สำรวจด้วยเรดาร์จากกระสวยอวกาศ ซึ่งข้อมูลชุดหลังนี้ เป็นการใช้ช่วงคลื่นไมโครเวฟช่วงคลื่น C-band (5.6 cm, 5.3 GHz) และ X-band (3.1 cm, 9.6 GHz) ช่วงคลื่น C กระจายกลับสัญญาณที่บริเวณพื้นดิน ในขณะที่ช่วงคลื่น X กระจายสัญญาณในระดับเรือนยอดของหมู่ไม้ในพื้นที่ที่ปกคลุมไปด้วยต้นไม้ที่มีความสูง เช่น พื้นที่ป่า จึงทำให้ข้อมูลความสูงของข้อมูล SRTM ได้รับอิทธิพลจากสิ่งปกคลุมดินประเภทหมู่ไม้

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินแบบจำลองความสูงเชิงเลขประเภทต่างๆ ที่ได้รับอิทธิพลจากลักษณะการปกคลุมทางเรือนยอดของหมู่ไม้ ที่สามารถใช้ประมาณความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติคลองลาน โดยอาศัยค่าความต่างระดับความสูงของแบบจำลองความสูงเชิงเลขประเภท Digital Surface Model (DSM) และ Digital Terrain Model (DTM) ซึ่งจะทำให้ได้ตัวแปรสำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อการประเมินผลผลิตและการกักเก็บคาร์บอนของไม้ในป่า อันเป็นข้อมูลที่สำคัญต่องานทางด้านป่าไม้

อุปกรณ์ และวิธีการ

1. การจัดเตรียมข้อมูล

1.1 เตรียมข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขประเภท Digital Surface Model (DSM) และ Digital Terrain Model (DTM) จาก 4 แหล่งที่มา คือ ข้อมูล DEM จากกรมพัฒนาที่ดิน ข้อมูล DEM จากกรมแผนที่ทหาร ASTER GDEM และ SRTM โดยทำการปรับแก้ความละเอียดทางราบ ให้มีความละเอียดเท่ากัน คือ 30 เมตร ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างซ้ำ (resampling)

1.2 เตรียมข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 เพื่อใช้ในการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ

1) ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีอันเกิดจากสภาพผันแปรของชั้นบรรยากาศ และปรับแก้ค่าการสะท้อนแสงที่เกิดจากมุมและองศาดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบวัตถุบนพื้นโลก (United States Geological Survey, 2015)

2) นำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ที่ผ่านการปรับแก้แล้วมาตัด โดยใช้พิกัดในการตัด คือ ด้านบน 1808600N ด้านล่าง 1771030 N ด้านซ้าย 507500E และด้านขวา 537290E ครอบคลุมพื้นที่อุทยานแห่งชาติคลองลาน

2. คำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ

นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ทำการปรับแก้แล้ว มาคำนวณหาค่าดัชนีพืชพรรณ เพื่อนำมาใช้ในการประเมินแบบจำลองความสูงเชิงเลข และการวางแผนการเก็บข้อมูลภาคสนาม ด้วยวิธีการ ดังนี้

2.1 ดัชนีพืชพรรณ RVI (ratio vegetation index) (Jordan, 1969) โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$RVI = NIR / R \quad (1)$$

โดยที่ NIR = ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

R = ช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง

2.2 ดัชนีพืชพรรณ NDVI (normalized difference vegetation index) (Rouse *et al.*, 1973) โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (2)$$

โดยที่ NIR = ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

R = ช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง

2.3 ดัชนีพืชพรรณ SAVI (soil adjusted vegetation index) (Huete, 1988) โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$SAVI = \frac{NIR - R}{NIR + R + L} \times (1 + L) \quad (3)$$

โดยที่ NIR = ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

R = ช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง

L = Soil Adjustment Factor (โดยทั่วไป L = 0.5)

3. การประเมินแบบจำลองความสูงเชิงเลข

3.1 ทำการสุ่มจุดสำหรับการประเมินแบบจำลองความสูงเชิงเลข ลงบนข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข ด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ให้กระจายครอบคลุมพื้นที่วิจัยได้จำนวน 150 จุด โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling)

3.2 หาค่าความต่างระดับความสูงของข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขประเภทต่างๆในจุดสุ่มสำหรับการประเมิน ด้วยวิธีการนำมาซ้อนทับ โดยหาค่าความต่างระดับความสูง 2 กลุ่ม คือ

1) ค่าความต่างระดับความสูงของแบบจำลองความสูงประเภท Digital Surface Model (DSM) และ Digital Terrain Model (DTM) ที่ใช้ในระดับโลก (Global DEMs) ได้แก่ SRTM กับ ASTER GDEM

2) ค่าความต่างระดับความสูงของแบบจำลองความสูงประเภท Digital Surface Model (DSM) และ Digital Terrain Model (DTM) ที่ใช้ในประเทศ ได้แก่ ข้อมูล DEM กรมแผนที่ทหาร (RTSD DEM) กับ DEM ของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD DEM)

3.3 นำค่าความต่างระดับความสูงของแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่ได้จาก ข้อ 3.2 มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI SAVI และ RVI ซึ่งเป็นตัวแทนของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นที่ทำการวิจัย ด้วยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (correlation analysis) เพื่อหาแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้

4. การประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติคลองลาน

เป็นการประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้ โดยอาศัยค่าความต่างระดับความสูงของแบบจำลองความสูงเชิงเลขประเภท Digital Surface Model (DSM) และ Digital Terrain Model (DTM) ที่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้จากการประเมินแบบจำลองความสูงเชิงเลขในข้างต้น มาวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) กับความสูงของหมู่ไม้ที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม และสร้างเป็นสมการเชิงเส้น เพื่อนำมาใช้สร้างเป็นแบบจำลองประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้และประเมินความถูกต้องด้วยข้อมูลเก็บวัดจากภาคสนามโดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

4.1 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

1) จำแนกพื้นที่ทำการวิจัยออกเป็น พื้นที่มีต้นไม้ปกคลุมหนาแน่นสูง ปานกลาง และเบาบาง ด้วยค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI (normalized difference vegetation index) ซึ่งเป็นค่าดัชนีพืชพรรณที่เหมาะสมกับพื้นที่ทำการวิจัย จากการประเมินแบบจำลองความสูงเชิงเลข

2) สุ่มวางแปลงตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (stratified random sampling) จากจำนวนแปลงตัวอย่าง 40 แปลง ให้ครอบคลุมทุกลักษณะพื้นที่ที่จำแนกไว้ ซึ่งจำนวนแปลงตัวอย่างในแต่ละลักษณะพื้นที่แบ่งตามสัดส่วนของขนาดพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่มีต้นไม้ปกคลุมหนาแน่นสูง จำนวน 23 แปลง พื้นที่มีต้นไม้ปกคลุมปานกลาง จำนวน 14 แปลง และพื้นที่มีต้นไม้ปกคลุมเบาบาง จำนวน 3 แปลง โดยวางแปลงวงกลม (circular

plot) รัศมี 17.84 เมตร เป็นแปลงตัวอย่างชั่วคราว เพื่อให้สะดวกและรวดเร็วในการวางจุดและกำหนดขอบเขตแปลง เก็บข้อมูลความโต ความสูง เปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอด

4.2 หาค่าความต่างระดับความสูงของข้อมูลแบบจำลองความสูงประเภท Digital Surface Model (DSM) และ Digital Terrain Model (DTM) ที่เป็นแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีความเหมาะสมกับการนำมาใช้ประมาณค่าความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ ณ ตำแหน่งแปลงตัวอย่าง จำนวน 30 แปลง

4.3 นำค่าความต่างระดับความสูงของข้อมูลแบบจำลองความสูงที่ได้ มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามด้วยการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) และสร้างเป็นสมการความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการเชิงเส้น เพื่อใช้ในการประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้ตามสมการดังต่อไปนี้

$$\bar{h}_c = f(\bar{h}_{spc}) \quad (4)$$

สันนิษฐานว่าอยู่ในรูปสมการถดถอยเชิงเส้น สามารถเขียนได้ในรูปต่อไปนี้

$$\bar{h}_c = \beta_0 + \beta_1 \bar{h}_{spc} \quad (5)$$

โดยหาตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

$$\bar{h}_{spc} = \frac{1}{N_p} \sum_{i=1}^{N_p} (h_{DSM_i} - h_{DTM_i}) + \delta_v \quad (6)$$

$$\delta_v(x,y) = h_{DSM,b(x,y)} - h_{DTM(x,y)} \quad (7)$$

โดยที่ $\bar{h}_c$ = ความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้

$\bar{h}_{spc}$ = ค่าความต่างระดับความสูงของแบบจำลองความสูงเชิงเลข

N_p = จำนวนจุดภาพในบริเวณหมู่ไม้ที่พิจารณาอยู่ ($N_p = 9$)

δ_v = ค่าความสูงชดเชย (vertical offset)

h_{DSM_i} = ค่าความสูงข้อมูลประเภท Digital Surface Model (DSM) บริเวณหมู่ไม้ที่พิจารณาอยู่

h_{DTM_i} = ค่าความสูงข้อมูลประเภท Digital Terrain Model (DTM) บริเวณหมู่ไม้ที่พิจารณาอยู่

$h_{DSM,b}$ = ค่าความสูงข้อมูลประเภท Digital Surface Model (DSM) ณ จุดใดๆ ในพื้นที่ที่ปราศจากสิ่งปกคลุมพื้นที่ (bare soil)

h_{DTM} = ค่าความสูงอ้างอิง (reference DEM)

(x,y) = ณ ตำแหน่งพิกัดใดๆ

4.4 นำสมการความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการเชิงเส้นที่ได้ มาประมาณค่าความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ ณ ตำแหน่งแปลงตัวอย่าง และทำการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้จากการประมาณด้วยสมการความสัมพันธ์กับความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยใช้สถิติ t-test ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 เพื่อให้ทราบว่าความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้จากการประมาณด้วยสมการกับความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามมีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ ก่อนนำไปใช้ประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้

4.5 ทำการสร้างแบบจำลองประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้ ทั้งพื้นที่อุทยานแห่งชาติคลองลานด้วยสมการความสัมพันธ์ที่ได้จาก ข้อ 4.3 ด้วยโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายจากดาวเทียม

4.6 ประเมินความถูกต้องของแบบจำลองประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้ โดยเปรียบเทียบค่าความสูงของหมู่ไม้ที่ได้จากการประมาณด้วยแบบจำลองกับค่าความสูงที่วัดได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม จากแปลงตัวอย่างจำนวน 10 แปลง โดยใช้ตัวชี้วัดดังต่อไปนี้

1) ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (root mean square error; RMSE) โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (Y_i - X_i)^2} \quad (8)$$

โดยที่ Y_i = ค่าความสูงของหมู่ไม้จากแบบจำลอง
X_i = ค่าความสูงของหมู่ไม้ที่วัดได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม
n = จำนวนข้อมูลที่นำมาใช้ในการประเมินแบบจำลอง

2) ค่าดัชนีความสอดคล้อง (index of agreement; d) (Willmott, 1982) โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$d = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(H_i - h_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(|H'_i| + |h'_i|)^2}\right], 0 \leq d \leq 1 \quad (9)$$

โดยที่ H_i = ค่าความสูงของหมู่ไม้จากแบบจำลอง
h_i = ค่าความสูงของหมู่ไม้ที่วัดได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม
$\bar{h}$ = ค่าความสูงเฉลี่ยของของหมู่ไม้ที่วัดได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม
$H'_i = H_i - \bar{h}$ และ $h'_i = h_i - \bar{h}$
n = จำนวนข้อมูลที่นำมาใช้ในการประเมินแบบจำลอง

3) ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute error; MAE) โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$MAE\ (\%) = \frac{\bar{Y} - \bar{X}}{\bar{X}} \times 100 \quad (10)$$

โดยที่ $\bar{Y}$ = ค่าความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ที่ประมาณได้จากแบบจำลอง
$\bar{X}$ = ค่าความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ที่วัดได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม

ผลและวิจารณ์

การประเมินแบบจำลองความสูงเชิงเลข

การประเมินแบบจำลองความสูงเชิงเลข เป็นการประเมินเพื่อหาแบบจำลองความสูงที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ประมาณค่าความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ โดยสุ่มจุดสำหรับการประเมิน ลงบนข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข จำนวน 150 จุด และหาค่าความต่างระดับความสูงของข้อมูลในแต่ละตำแหน่ง นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพืชพรรณ ได้แก่ NDVI SAVI และ RVI ซึ่งเป็นตัวแทนของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นที่ทำการวิจัย ด้วยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (pearson correlation analysis) โดยบริเวณที่มีพืชพรรณปกคลุมหนาแน่นมาก ความต่างระดับความสูงของข้อมูลก็จะมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างระดับความสูงของข้อมูลแบบจำลองความสูงของกรมแผนที่ทหารและพัฒนาที่ดิน กับค่าดัชนีพืชพรรณ จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างระดับความสูงของข้อมูลแบบจำลองความสูงของกรมแผนที่ทหารและกรมพัฒนาที่ดิน กับค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI, SAVI และ RVI พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.57, 0.50 และ 0.59 ตามลำดับ แสดงถึงทิศทางของความสัมพันธ์เชิงบวก และมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลางกล่าวคือ เมื่อค่าดัชนีพืชพรรณมีค่าเพิ่มขึ้น ความต่างระดับความสูงของข้อมูลของกรมแผนที่ทหารและกรมพัฒนาที่ดิน ในจุดสุ่มเพื่อการประเมินจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แสดงถึงความสอดคล้องกันระหว่างค่าความต่างระดับความสูงของข้อมูลกับการมีพืชพรรณปกคลุมในบริเวณพื้นที่วิจัย เนื่องจากข้อมูลแบบจำลองความสูงของกรมแผนที่ทหารและกรมพัฒนาที่ดินเป็นแบบจำลองความสูงที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในประเทศ จึงทำให้ข้อมูลความสูงของภูมิประเทศจากแบบจำลองใกล้เคียงกับความสูงของภูมิประเทศจริงๆ และมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า ข้อมูล SRTM และ ASTER GDEM ซึ่งเป็นข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่ผลิตเพื่อใช้ในระดับโลกที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำกว่า

2. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างระดับความสูงของข้อมูล SRTM และ ASTER GDEM กับค่าดัชนีพืชพรรณ จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างระดับความสูงของข้อมูล SRTM และ ASTER GDEM กับ ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI, SAVI และ RVI

พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.11, -0.03 และ -0.10 ตามลำดับ แสดงถึงทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรเป็นความสัมพันธ์เชิงลบ และมีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ กล่าวคือ เมื่อค่าดัชนีพืชพรรณมีค่าเพิ่มขึ้นความต่างระดับความสูงของข้อมูล SRTM และ ASTER GDEM ในจุดสุ่มเพื่อการประเมินจะมีค่าลดลง หรือไม่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งแสดงถึงความไม่สอดคล้องกันระหว่างค่าความต่างระดับความสูงของข้อมูลกับการมีพืชพรรณปกคลุมในบริเวณพื้นที่วิจัย เนื่องมาจาก ข้อมูล SRTM และ ASTER GDEM เป็นข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่ผลิตเพื่อใช้ในระดับโลกที่มีความละเอียดจุดภาพค่อนข้างต่ำ และเมื่อถูกประมวลผลเพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีโอกาสคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งสูงกว่าแบบจำลองความสูงของกรมแผนที่ทหารและกรมพัฒนาที่ดินที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในประเทศ

จากผลการวิจัย พบว่า แบบจำลองความสูงเชิงเลขที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ประมาณค่าความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ คือ แบบจำลองความสูงจากกรมพัฒนาที่ดินและกรมแผนที่ทหาร ซึ่งเป็นแบบจำลองความสูง ที่ผลิตเพื่อใช้ในประเทศเนื่องจากมีความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างระดับความสูงของข้อมูลกับค่าดัชนีพืชพรรณ ซึ่งเป็นตัวแทนของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นที่อยู่ในระดับสูงกว่าข้อมูล ASTER GDEM และ SRTM

การประมาณค่าความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติคลองลาน

การประมาณค่าความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติคลองลาน เป็นการประมาณค่าความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ โดยอาศัยค่าความต่างระดับความสูงของแบบจำลองความสูงเชิงเลขประเภท Digital Surface Model (DSM) และ Digital Terrain Model (DTM) กับความสูงของหมู่ไม้จากข้อมูลภาคสนาม มาสร้างเป็นสมการเชิงเส้นด้วยการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) เพื่อนำมาใช้ในการประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้ และประเมินความถูกต้องด้วยข้อมูลเก็บวัดจากภาคสนาม แบบจำลองความสูงที่ใช้ ประกอบด้วย แบบจำลองความสูงจากกรมแผนที่ทหารและกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งเป็นแบบจำลองความสูงที่มีความเหมาะสมกับการนำมาใช้ประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้ ผลการวิจัย พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างระดับความสูงกับความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.83 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง นำมาสร้างเป็นสมการความสัมพันธ์ มีสมการ คือ $\bar{h}_c = 2.2826 + 0.81\bar{h}_{spc}$ ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดเท่ากับ 0.69 นำสมการความสัมพันธ์มาประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้ ณ ตำแหน่งแปลงตัวอย่าง และนำค่าความสูงของหมู่ไม้จากการประมาณด้วยสมการมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้สถิติ t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 กับความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย พบว่าความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้จากการประมาณด้วยสมการกับความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 0.554 (t = 0.603) และเมื่อนำสมการความสัมพันธ์มาสร้างเป็นแบบจำลองประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้ในพื้นที่วิจัย (Figure 1) สามารถประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้ได้ต่ำสุด เท่ากับ 11.10 เมตร สูงสุด เท่ากับ 51.69 เมตร และความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 16.86 เมตร ซึ่งมีความสูงน้อยกว่าความสูงเฉลี่ยที่วัดได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามที่มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 17.21 เมตร ทำการประเมินความถูกต้องของแบบจำลอง จากเกณฑ์การประเมินเชิงประสิทธิภาพ (efficiency criteria) ที่นิยมใช้ในการประเมินสมรรถนะของแบบจำลอง (Krause *et al.*, 2005) โดยเปรียบเทียบค่าความสูงของหมู่ไม้ที่ได้จากแบบจำลอง กับความสูงที่วัดได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม พบว่า มีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (root mean

square error; RMSE) เท่ากับ 2.37 ซึ่งมีค่า RMSE ต่ำกว่าการศึกษาของ Walker *et al.* (2004) ที่ประเมินความสูงของเรือนยอดที่ได้มาจากข้อมูล SRTM และ TOPSAR ในแคลิฟอร์เนีย ค่าดัชนีความสอดคล้อง (d) ที่แสดงความแตกต่างของค่าความสูงจากแบบจำลองและที่วัดได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม เท่ากับ 0.48 โดยค่า d จะมีค่าระหว่าง 0 (ไม่มีความสอดคล้อง) ถึง 1 (มีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์) (Willmott, 1982) ซึ่งความสูงของหมู่ไม้ที่ได้จากแบบจำลองกับความสูงที่วัดได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม มีความสอดคล้องกันในระดับปานกลาง และค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute error; MAE) เท่ากับ -2.05 ตามลำดับ

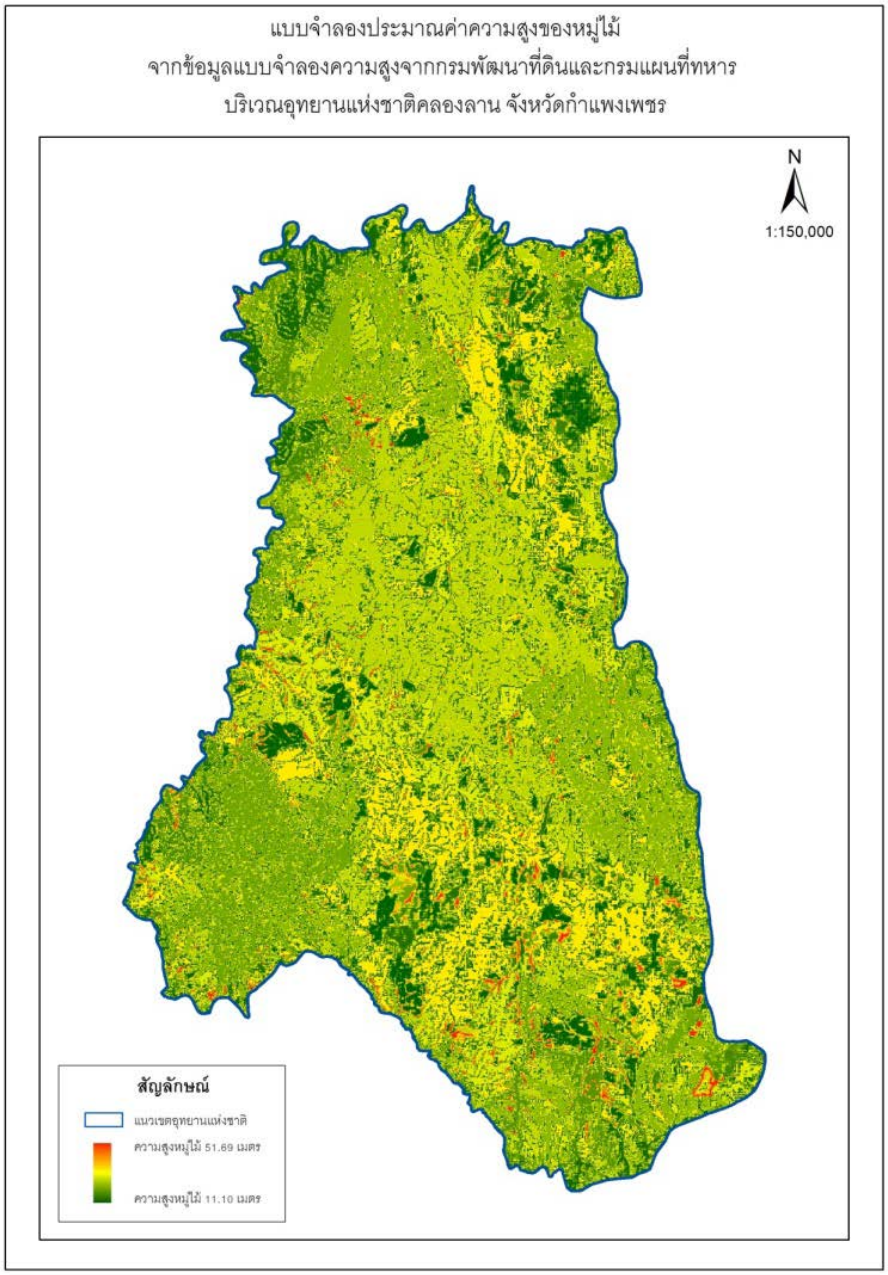


Figure 1 The model estimate the forest stand heights from RTSD and MOAC.

นำแบบจำลองประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้ที่ได้จากการวิจัย มาซ้อนทับกับสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำสาขาน้ำตกคลองลาน ดำเนินการศึกษาโดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล จากโครงการเตรียมรับมือและป้องกันผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่อาจมีต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมแหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ประเภทน้ำตก (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558) เพื่อจำแนกความสูงของป่าแต่ละชนิด (Figure 2) พบว่า ป่ากำลังฟื้นตัวตามผลการจำแนกสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำสาขาน้ำตกคลองลาน มีความสูงของหมู่ไม้เฉลี่ยจากแบบจำลองประมาณความสูงของหมู่ไม้ เท่ากับ 16.58 เมตร ป่าเต็งรัง มีความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ เท่ากับ 17.82 เมตร ป่าเบญจพรรณ มีความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ เท่ากับ 17.90 เมตรและป่าดิบแล้งมีความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ เท่ากับ 18.97 เมตร

สอดคล้องกับความสูงของต้นไม้ในป่าแต่ละชนิดของกลุ่มสำรวจทรัพยากรป่าไม้ (2555) ที่ได้ทำการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ เพื่อติดตั้งระบบติดตามความเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ที่อยู่ในความรับผิดชอบ พบว่า ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติคลองลาน ป่าเต็งรังต้นไม้มีความสูงประมาณ 8-21.5 เมตร ป่าเบญจพรรณต้นไม้มีความสูงประมาณ 9-28.5 เมตร และป่าดิบแล้ง ต้นไม้มีความสูงประมาณ 13.5-29.5 เมตร สามารถที่นำไปใช้พัฒนาในเรื่องของการประเมินผลผลิตและการกักเก็บคาร์บอนของไม้ได้เพื่อเป็นอีกหนึ่งแนวทางที่มีความสะดวกและรวดเร็ว ในการประมาณการกักเก็บคาร์บอนของไม้ ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญต่องานทางด้านการป่าไม้

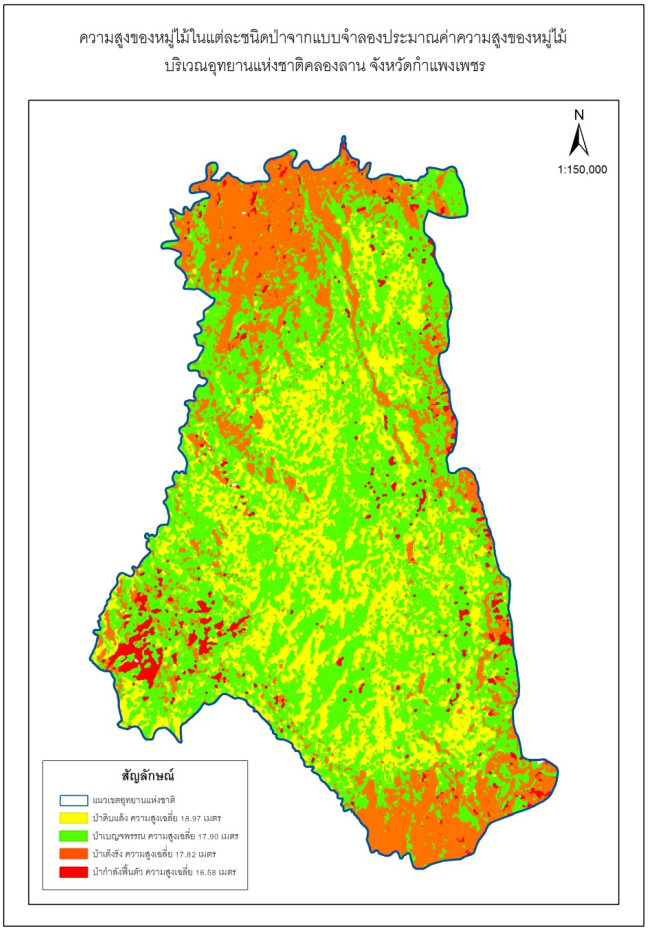


Figure 2 forest stand heights ineach type of forestfrom the model estimate the forest stand heights.

สรุป

การประเมินแบบจำลองความสูงเชิงเลข เป็นการประเมินเพื่อหาแบบจำลองความสูงที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ประมาณค่าความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ โดยสุ่มจุดสำหรับการประเมินลงบนข้อมูลแบบจำลองความสูงประเภทต่างๆ หาค่าความต่างระดับความสูงของข้อมูลในแต่ละตำแหน่ง นำมาวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (pearson correlation analysis) กับค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI, SAVI และ RVI ซึ่งเป็นตัวแทนของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นที่ทำการวิจัย พบว่า ค่าความต่างระดับความสูงของข้อมูลแบบจำลองความสูงของกรมแผนที่ทหารและกรมพัฒนาที่ดิน กับค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI, SAVI และ RVI มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.57, 0.50 และ 0.59 ตามลำดับ แสดงถึงความสัมพันธ์กันระหว่างค่าความต่างระดับความสูงของข้อมูลกับการมีพืชพรรณปกคลุมในพื้นที่วิจัย เนื่องจากข้อมูลแบบจำลองความสูงของกรมแผนที่ทหารและกรมพัฒนาที่ดินเป็นแบบจำลองความสูงที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในประเทศ จึงทำให้ข้อมูลความสูงของภูมิประเทศจากแบบจำลองใกล้เคียงกับความสูงของภูมิประเทศจริงๆ และค่าความต่างระดับความสูงของ SRTM และ ASTER GDEM กับค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI, SAVI และ RVI มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.11, -0.03 และ -0.10 ตามลำดับ แสดงถึงความไม่สัมพันธ์กันระหว่างค่าความต่างระดับความสูงของข้อมูลกับการมีพืชพรรณปกคลุมในพื้นที่วิจัย เนื่องจาก ข้อมูล SRTM และ ASTER GDEM เป็นข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่ผลิต เพื่อใช้ในระดับโลก ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ ข้อมูลความสูงของพื้นผิวโลกจากแบบจำลองความสูงจึงมีความคลาดเคลื่อนจากความสูงของพื้นผิวโลกจริงๆ มากกว่าแบบจำลองความสูงของกรมแผนที่ทหารและกรมพัฒนาที่ดิน ดังนั้นแบบจำลองความสูงของกรมแผนที่ทหารและกรมพัฒนาที่ดินจึงเป็นแบบจำลองความสูงที่เหมาะสมในการนำมาใช้ประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติคลองลาน

การประมาณค่าความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติคลองลาน เป็นการประมาณค่าความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ โดยอาศัยค่าความต่างระดับความสูงของแบบจำลองความสูงเชิงเลขประเภท Digital Surface Model (DSM) และ Digital Terrain Model (DTM) กับความสูงของหมู่ไม้จากข้อมูลภาคสนามมาสร้างเป็นสมการเชิงเส้นด้วยการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) เพื่อนำมาใช้ในการประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้ และประเมินความถูกต้องด้วยข้อมูลจากภาคสนาม แบบจำลองความสูงที่ใช้ ประกอบด้วย แบบจำลองความสูงของกรมแผนที่ทหารและกรมพัฒนาที่ดิน ผลการวิจัย ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างระดับความสูงของข้อมูลแบบจำลองความสูงของกรมแผนที่ทหารและกรมพัฒนาที่ดินกับความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.83 นำมาสร้างเป็นสมการความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการเชิงเส้น มีสมการความสัมพันธ์ คือ $\bar{h}_c = 2.2826 + 0.81\bar{h}_{spc}$ ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด เท่ากับ 0.69 นำสมการที่ได้มาประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้ในแปลงตัวอย่าง เพื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติกับความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยใช้สถิติ t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 พบว่า ความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้จากการประมาณด้วยสมการกับความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 0.554 ($t = 0.603$) และเมื่อนำสมการมาประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้ทั้งพื้นที่ทำการวิจัย โดยการสร้างเป็นแบบ จำลองประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้ สามารถประมาณค่าความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ได้ประมาณ 16.86 เมตร ประเมินความถูกต้องของแบบจำลอง พบว่า มีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (root mean square error; RMSE) เท่ากับ 2.37 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (d)

เท่ากับ 0.48 และค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute error; MAE) เท่ากับ -2.05 ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนจากการประเมินอยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้

เมื่อนำแบบจำลองประมาณค่าความสูงของหมู่ไม้มาซ้อนทับกับสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำสาขาน้ำตกคลองลาน เพื่อจำแนกความสูงของป่าแต่ละชนิด พบว่า ป่ากำลังฟื้นตัว มีความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ เท่ากับ 16.58 เมตร ป่าเต็งรัง มีความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ เท่ากับ 17.82 เมตร ป่าเบญจพรรณ มีความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ เท่ากับ 17.90 เมตรและป่าดิบแล้ง มีความสูงเฉลี่ยของหมู่ไม้ เท่ากับ 18.97 เมตร สอดคล้องกับความสูงของต้นไม้ในป่าแต่ละชนิดจากการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ของกลุ่มสำรวจทรัพยากรป่าไม้ (2555) สามารถที่นำไปใช้พัฒนาในเรื่องของการประเมินผลผลิตและการกักเก็บคาร์บอนของไม้ได้ เพื่อเป็นอีกหนึ่งแนวทางที่มีความสะดวกและรวดเร็ว ในการประมาณการกักเก็บคาร์บอนของไม้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กลุ่มสำรวจทรัพยากรป่าไม้. 2555. **การสำรวจทรัพยากรป่าไม้ของประเทศไทย.** ส่วนสำรวจและวิเคราะห์ทรัพยากรป่าไม้ สำนักฟื้นฟูและพัฒนาพื้นที่อนุรักษ์ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

สุเพชร จิรขจรกุล. 2555. **เรียนรู้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม ArcGIS 10.1 for Desktop.** พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, ปทุมธานี.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2558. **โครงการเตรียมรับมือและป้องกันผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่อาจมีต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมแหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ประเภทน้ำตก.** กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization) - GISTDA. 2012. **The Meaning of the Height Information Terrain.** Available source: https://sites.google.com/site/ lidardemservice/khwam-hmay-khxng-khxmul-khwam-sung-phumiprathes-thi-hi-brikar, October 8, 2015.

Huete, A. 1988. A Soil-adjusted vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environment** 25: 295-309.

Jordan, C.F. 1969. Derivation of leaf area index from quality measurements of light on the forest floor. **Ecology** 50: 663-666.

Krause, P., D.P. Boyle and F. Base. 2005. Comparison of Different Efficiency Criteria for Hydrological Model Assessment. **Advances in Geosciences** 5: 89-97.

Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell and D.W. Deering. 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **NASA SP-351I** 309-317.

United States Geological Survey. 2015. **Landsat Missions Timeline.** Available source: http://landsat.usgs.gov/about_mission_history.php, October 8, 2015.

Willmott, C.J. 1982. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin of the American Meteorological Society** 63 (11): 1309-1369.

Walker, W.S., L.E. Pierce, J.M. Kellndorfer, M.C. Dobson, C.T. Hunsaker and J.A. Fites. 2004. A comparison of forest canopy height estimates derived from SRTM and TOPSAR in the Sierra Nevada of California. **Geoscience and Remote Sensing Symposium** 4: 2336- 2339

Thai J. For. 36 (2) : 98-106 (2016) **วารสารวนศาสตร์ 36 (2) : 98-106 (2560)**

นิพนธ์ต้นฉบับ

การปรับปรุงความแข็งแรงของกระดาษปะหน้า โดยการใช้เยื่อไผ่ตงทดแทนเยื่อใยยาวจากไม้ใบแคบ

Strength Improvement of Kraft linerboard by Sweet Bamboo Pulp Substitution for long Fibers from Softwood Pulp

อารุณรัตน์ บุบผา **Arunrat Bubpha**
สาวิตรี พิสุทธิ์พิเชฎฐ์* **Sawitree Pisuttipiched***
พิชิต สมบูรณ์ **Phichit Somboon**

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding Author, E-mail: fforsap@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 24 มิถุนายน 2559 รับลงพิมพ์ 29 กรกฎาคม 2559

ABSTRACT

Generally, linerboard is made from two-ply production. In the industrial linerboard production, a top layer paper is manufactured with a mixture of 55% unbleached eucalyptus pulp and 45% softwood pulp. This study substituted the long fibers of unbleached sweet bamboo pulp for the imported softwood pulp. Various proportions between the softwood pulp and the sweet bamboo pulp were 45:0, 30:15, 15:30 and 0:45, respectively.

The results showed the sweet bamboo pulp had slightly longer fibers (2.48 mm) than the softwood (2.39 mm). However, the runkel ratio of the sweet bamboo (0.97) was obviously higher than the softwood (0.64). Consequently, paper made from the sweet bamboo contained a higher tear index, but indicated a lower tensile index, than paper made from the softwood. The mixtures of softwood and sweet bamboo at ratio of 30:15 and 15:30 at all beating levels produced paper with a higher set of index (tension, tear, burst, and ring crush) and folding endurance than paper made from softwood solely (45:0). It indicated that adding the sweet bamboo pulp into the mixture between eucalyptus and softwood pulp will provide increased strength to the top ply of the linerboard when compared to using only eucalyptus and softwood. The sweet bamboo pulp can be used up to 60% to replace the softwood pulp or at proportions of 30:15 of softwood pulp to sweet bamboo pulp.

Keywords: Sweet bamboo, Softwood pulp, linerboard

บทคัดย่อ

โดยทั่วไปกระดาษปะหน้า จะประกอบไปด้วยกระดาษสองชั้น ได้แก่ กระดาษชั้นบนและกระดาษชั้นฐาน ซึ่งการผลิตกระดาษชั้นบนในโรงงานกระดาษ จะมีการใช้เยื่อไม่ฟอกสีเส้นใยสั้นจากไม้ยูคาลิปตัสปริมาณร้อยละ 55 และเส้นใยยาวจากไม้ใบแคบปริมาณร้อยละ 45 ในการศึกษานี้ จึงได้ทำการทดแทนเส้นใยยาวจากไม้ใบแคบที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ด้วยเยื่อเส้นใยยาวไม่ฟอกสีจากไผ่ตง ที่สัดส่วนการทดแทนเยื่อไม้ใบแคบต่อเยื่อไผ่ตงในระดับต่างๆ คือ 45:0, 30:15, 15:30 และ 0:45 ตามลำดับ

จากผลการศึกษา พบว่า เส้นใยไผ่ตงมีความยาวของเส้นใย (2.48 มม.) สูงกว่าเส้นใยของไม้ใบแคบเล็กน้อย (2.39 มม.) แต่กลับมีปริมาณผนังเซลล์ต่อพื้นที่หน้าตัดของเส้นใย ซึ่งแสดงด้วยค่าสัดส่วนรังเคิล (0.97) มีปริมาณที่มากกว่าในไม้ใบแคบมาก (0.64) ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้กระดาษที่ผลิตจากเยื่อไผ่ตงมีสมบัติด้านความแข็งแรงต่อแรงฉีกสูงกว่า แต่ให้ความแข็งแรงต่อแรงดึงต่ำกว่ากระดาษที่ทำจากเยื่อไม้ใบแคบ เมื่อทำการผสมเยื่อไผ่ตงทดแทนลงไปในเยื่อไม้ใบแคบ พบว่า ที่สัดส่วนไม้ใบแคบต่อเยื่อไผ่ตงที่ 30:15 และ 15:30 ที่ทุกๆ ระดับการตีเยื่อ จะให้กระดาษที่มีค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงดึง แรงฉีก แรงดันทะลุ และแรงกดวงแหวน รวมถึงความต้านทานต่อการหักพับ ที่สูงกว่ากระดาษที่ไม่มีการผสมเยื่อไผ่ตง ได้แก่ ที่สัดส่วนไม้ใบแคบต่อเยื่อไผ่ตงที่ 45:0 จะเห็นได้ว่า เยื่อไผ่ตงมีส่วนช่วยทำให้ความแข็งแรงของกระดาษดีขึ้น โดยอาจผสมเยื่อไผ่ตงทดแทนเยื่อไม้ใบแคบลงไปในกระดาษปะหน้าชั้นบน ได้มากถึงร้อยละ 60 หรือที่สัดส่วนการทดแทนที่ระดับ 30:15

คำสำคัญ: ไผ่ตง เยื่อไม้ใบแคบ กระดาษปะหน้า

คำนำ

กระดาษปะหน้า (Linerboard) เป็นกระดาษที่มีความแข็งแรงเชิงกลค่อนข้างสูง ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกล่องบรรจุภัณฑ์และหีบห่อ ในการผลิตกระดาษปะหน้า หรือกระดาษสำหรับปะผิวกล่องนั้น ชั้นบนหรือชั้นผิวหน้าของกระดาษ (Top ply) จะใช้เยื่อใยยาวจากไม้ใบแคบ (Softwood pulp) ผสมกับเยื่อใยสั้น (Hardwood pulp) โดยมีสัดส่วนผสมเส้นใยสั้นร้อยละ 55 และเส้นใยยาวร้อยละ 45 เยื่อเส้นใยยาวนั้นมีบทบาทเป็นตัวช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับกระดาษ เพราะมีเส้นใยที่ยาว ปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีการผลิตเยื่อใยยาว จึงต้องนำเข้าจากต่างประเทศเท่านั้น ดังนั้นหากมีการค้นพบเส้นใยยาวจากพืชชนิดอื่นๆ ที่มีอยู่ภายในประเทศ มาใช้ทดแทนเยื่อเส้นใยยาวที่นำเข้าจากต่างประเทศ ก็จะช่วยทำให้เงินตราไม่ไหลออกไปนอกประเทศ

ไผ่ จัดเป็นพืชอเนกประสงค์ ที่มีประโยชน์มากมาย แต่การใช้งานในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเน้นการใช้งานในรูปแบบการนำไม้มาจักสานเป็นเครื่องใช้ สร้างที่อยู่อาศัย หรือทำเฟอร์นิเจอร์ ส่วนหน่อจะใช้ประกอบอาหาร ซึ่งไผ่ตง (*Dendrocalamus asper* Backer) หรือ Sweet Bamboo ก็เป็นไผ่ชนิดหนึ่งที่นำมาใช้ประโยชน์ดังกล่าว วันทนี และคณะ (2515) ได้ศึกษาคุณสมบัติของไม้ไผ่ในประเทศไทยด้านการทำเยื่อกระดาษ พบว่าไม้ไผ่ที่ให้เยื่อกระดาษที่ดีที่สุดคือ ไผ่ตง (*D. asper*, Backer) และไผ่เขียว *(Bambusa spp.)* รองลงมาคือไผ่หก (*D. hamitonii*, Nees) และไผ่ซางดอย และจากการศึกษาของ Kamthai and Puthson (2005a) พบว่าเส้นใยไผ่ตงมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 3.11 มิลลิเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับความยาวของเส้นใยจากไม้ใบแคบ จึงน่าจะเหมาะที่จะนำมาใช้ผลิตกระดาษปะหน้าได้

การนำเยื่อไผ่ตงมาใช้ทดแทนเยื่อเส้นใยยาวจากไม้ใบแคบในการผลิตกระดาษปะหน้านั้น จำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาสมบัติและลักษณะของเส้นใยของเยื่อ ทั้งจากยูคาลิปตัส ไม้ใบแคบ และไผ่ตง และทำการศึกษาถึงสัดส่วนการทดแทนเยื่อไม้ใบแคบด้วยเยื่อไผ่ตงที่สภาวะการตีเยื่อในระดับต่างๆ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำกระดาษปะหน้า สำหรับปะผิวกล่อง

อุปกรณ์ และวิธีการ

วัตถุดิบเยื่อและการเตรียม

งานวิจัยนี้ใช้เยื่อในการทดลอง 3 ชนิด คือ เยื่อไม้ใบแคบไม่ฟอก เยื่อยูคาลิปตัสฟอกขาว เป็นเยื่อที่ได้มาจากการผลิตกระดาษปะหน้าจากโรงงานกระดาษ และเยื่อไผ่ตงได้จากการนำไม้ไผ่ตง อายุ 3 ปี จากสวนของเกษตรกร ในจังหวัดปราจีนบุรี ที่ทำการตัดที่ระดับเหนือพื้นดิน 30 เซนติเมตร มาทำชิ้นไม้สับและผึ่งให้แห้งในอากาศ แล้วทำการคัดขนาดชิ้นไม้สับ โดยขนาดชิ้นไม้สับที่นำมาใช้คือ ชิ้นไม้สับที่ค้างบนตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูตะแกรง 22 และ 19 มิลลิเมตร จากนั้นนำชิ้นไม้สับ ไปทำการแยกเยื่อ ด้วยวิธีการต้มเยื่อด้วยกรรมวิธีซัลเฟต มีสภาวะในการต้มเยื่อ ดังนี้ ซัลฟิดิตี้ (Sulfidity) ร้อยละ 35 เอฟเฟคทีฟอัลคาไล (Effective alkali) ร้อยละ16 สัดส่วนของเหลวต่อเนื้อไม้ 4 : 1 เวลาถึงอุณหภูมิสูงสุด 80 นาที เวลาที่อุณหภูมิสูงสุด 60 นาที และอุณหภูมิสูงสุด 165 องศาเซลเซียส สภาวะที่ใช้ต้มเยื่ออ้างอิงและประยุกต์มาจากงานวิจัยของ Nitisoravut and Malinen (2007) เยื่อที่ได้ทำการหาค่าคัปปา (Kappa number) ตามมาตรฐาน ISO 302 (International Organization for Standardization, 2011) โดยกำหนดค่าคัปปาอยู่ที่ประมาณ 25

การตรวจวัดคุณลักษณะของเส้นใยเยื่อ

การวัดความยาว ความกว้าง และความหยาบของเส้นใย เยื่อไผ่ตง เยื่อไม้ใบแคบ และเยื่อยูคาลิปตัส ตรวจวัดด้วยเครื่อง Fiber Quality Analyzer รุ่น FQA360 อ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 16065-1 และ ISO 23713 (International Organization for Standardization, 2011)

การวัดค่าความกว้างลูเมน และความหนาผนังเซลล์เส้นใย ทำโดยการนำเส้นใยเยื่อแต่ละชนิดไปย้อมสีด้วย safranin นำไปทำแผ่นสไลด์ และนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ light microscope กำลังขยาย 40X จากนั้นถ่ายรูป และทำการวัดขนาดความกว้างของเส้นใยและความกว้างของลูเมน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Axio vision โดยทำการวัดค่า จากเส้นใยจำนวน 100 เส้น จากนั้นนำค่าความกว้างของเส้นใย และค่าความกว้างของลูเมน มาคำนวณค่าความหนาของผนังเซลล์เส้นใย ค่าสัดส่วนรังเคิล และค่าสัมประสิทธิ์ความอ่อนตัว โดยใช้สูตร (1) (2) และ (3) (Bawagan, 1972) ตามลำดับ

สูตร

ความหนาผนังเซลล์เส้นใย (Cell wall thickness)

$$= \frac{(D - L)}{2} \quad (1)$$

ค่าสัดส่วนรังเคิล (Runkel ratio) $= \frac{(2 \times W)}{L}$ (2)

ค่าสัมประสิทธิ์ความอ่อนตัว (Flexibility coefficient)

$$= \frac{L}{D} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ D = ความกว้างของเส้นใย (ไมโครเมตร)

L = ความกว้างของลูเมน (ไมโครเมตร)

W = ความหนาผนังเซลล์เส้นใย (ไมโครเมตร)

สภาวะการตีเยื่อ

การตีเยื่อใช้เครื่องวัลเลย์ บีทเตอร์ (Valley Beater) ทำการตีเยื่อ โดยมีช่วงระยะเวลาในการตีเยื่อ 0-60 นาที ควบคุมค่าความเข้มข้นของเยื่อ (Pulp consistency) ที่ร้อยละ 1.57 อ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 5264-1 (International Organization for Standardization, 2011) และทำการวัดค่าความเป็นอิสระของเยื่อ (Freeness) เพื่อพิจารณาผลกระทบจากการตีเยื่อต่อสมบัติการระบายน้ำของเยื่อ โดยตรวจวัดด้วยเครื่องวัดความเป็นอิสระของเยื่อ อ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 5267-2 (International

Organization for Standardization, 2011) แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การศึกษาสมบัติความแข็งแรงของเยื่อแต่ละชนิด โดยนำเยื่อไผ่ตง เยื่อไม้ใบแคบ และเยื่อยูคาลิปตัส มาทำการตีเยื่อในช่วงระยะเวลา 0-60 นาที

2. การศึกษาผลของสัดส่วนการทดแทนเยื่อไม้ใบแคบด้วยเยื่อไผ่ตง ทำการนำเยื่อทั้ง 3 ชนิดมาผสมกัน ที่สัดส่วนต่างๆ โดยอ้างอิงสัดส่วนผสมจากสัดส่วนเส้นใยเยื่อที่ใช้ในการผลิตกระดาษปะหน้า โดยมีสัดส่วนผสมเส้นใยสั้นร้อยละ 55 และเส้นใยยาวร้อยละ 45 (Panthai and Somboon, 2014) ในการทดลองส่วนของเส้นใยสั้นจะใช้เยื่อยูคาลิปตัส ในสัดส่วนคงที่ผสมกับเยื่อเส้นใยยาวจากเยื่อไม้ใบแคบและเยื่อไผ่ตง ที่มีสัดส่วนการทดแทนกัน ดังนี้ 45:0, 30:15, 15:30 และ 0:45 ทำการตีเยื่อที่ 4 ระดับ ดังนี้ ไม่มีการตีเยื่อ และตีเยื่อที่ระดับค่าความเป็นอิสระ (CSF) 300, 400 และ 500 มิลลิลิตร ลักษณะการตีเยื่อเป็นแบบผสมรวม (Mixed refining)

การเตรียมแผ่นกระดาษทดสอบ และการทดสอบสมบัติของกระดาษ

ทำแผ่นทดสอบน้ำหนักมาตรฐาน 60 กรัมต่อตารางเมตร อ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 5269-1 (International Organization for Standardization, 2011) นำแผ่นทดสอบไปเก็บไว้ในห้องควบคุมสภาวะ ที่อุณหภูมิ 23±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50±2% อ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 187 (International Organization for Standardization. 2011) และทำการทดสอบความแข็งแรงดังนี้ ความแข็งแรงต่อแรงดึง อ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 1924-2 (International Organization for Standardization, 2011) ความแข็งแรงต่อแรงฉีกขาด ISO 1974 (International Organization for Standardization, 2011) ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ ISO 2758 (International Organization for Standardization, 2011) ความแข็งแรงต่อแรงกดในแนววงแหวน (RCT test) ISO 1291 (International Organization for Standardization, 2011) และความแข็งแรงต่อการหักพับ อ้างอิงตามมาตรฐาน TAPPI T511 om-02 (Technical Association of the Pulp and Paper industry (TAPPI), 2002)

ผลและวิจารณ์

1. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นใยเยื่อ

จากการทดลองพบว่า เส้นใยไผ่ตงอายุ 3 ปี มีความยาวเฉลี่ย 2.48 มิลลิเมตร ความกว้าง 27.3 ไมโครเมตร และความหยาบ 0.201 มิลลิกรัมต่อเมตร จะเห็นว่าความยาวของเส้นใยไผ่ตงในการทดลองนี้มีช่วงความยาวเดียวกับงานวิจัยเส้นใยไผ่ตงของ Kamthai and Puthson (2005a) โดยมีความยาวเส้นใยอยู่ในช่วง 2.15-3.99 มิลลิเมตร แต่มีความยาวของเส้นใยสั้นกว่าการวิจัยของ Nitisoravut and Malinen (2007) ที่มีความยาวเส้นใย 2.91 มิลลิเมตร สำหรับความกว้างของเส้นใย พบว่าเส้นใยไผ่ตงในการทดลองนี้มีความกว้างของเส้นใยสูงกว่าการทดลองของทั้งสองงานวิจัยข้างต้น จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ความหนาของผนังเซลล์เส้นใยไผ่ตงจะอยู่ที่ 6.0-10.7 ไมโครเมตร ขณะที่ความกว้างของลูเมนอยู่ที่ 3.9-4.8 ไมโครเมตร จากลักษณะความยาว ความกว้าง ความหนาของผนังเซลล์ และความกว้างของลูเมน ทำให้ทราบว่า เส้นใยไผ่ตงจะมีลักษณะเส้นใยที่แน่นแข็งและน่าจะยุบตัวได้ยาก

ในส่วนเยื่อไม้ใบแคบไม่ฟอก เส้นใยมีความยาวเฉลี่ย 2.39 มิลลิเมตร ส่วนเยื่อยูคาลิปตัสฟอกขาว เส้นใยมีความยาวเฉลี่ย 0.71 มิลลิเมตร ซึ่งความยาวเส้นใยที่วัดได้จะมีค่าใกล้เคียงกับความยาวที่ได้จากการทดลองของ Pisuttipiched (2004) ที่เส้นใยมีความยาวอยู่ในช่วง 0.7-0.8 มิลลิเมตร เส้นใยจากไม้ยูคาลิปตัสนั้นจัดอยู่ในกลุ่มเส้นใยสั้น ส่วนเส้นใยจากไผ่ตงและไม้ใบแคบนั้นจัดอยู่ในกลุ่มเส้นใยยาว เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเส้นใยของไผ่ตงและไม้ใบแคบที่นำมาทดลองในครั้งนี้ พบว่าเส้นใยจากไผ่ตงมีความยาวมากกว่าเส้นใยจากไม้ใบแคบเล็กน้อย แต่เส้นใยไม้ใบแคบมี

ความกว้างมากกว่าเส้นใยไผ่ตงมาก ส่วนความหยาบมีค่ามากกว่าเล็กน้อย

สมบัติความอ่อนตัวของเส้นใยนั้น พิจารณาได้จากดัชนีชี้วัดความอ่อนตัวของเส้นใยและค่าสัดส่วนรังเคิล (Runkel ratio) ที่บอกถึงความคงรูป และความสามารถในการยุบตัวของเส้นใย จาก Table 1 เส้นใยไผ่ตงมีค่าสัดส่วนรังเคิล เท่ากับ 0.97 ซึ่งมากกว่าค่าสัดส่วนรังเคิลของเส้นใยไม้ใบแคบ และเส้นใยยูคาลิปตัส แสดงว่าเส้นใยไผ่ตงมีความคงรูปมาก และเมื่อมีแรงมากระทำ จะเกิดการยุบตัวได้ยากกว่าเส้นใยไม้ใบแคบ และเส้นใยยูคาลิปตัส

2. ผลของการตีเยื่อแต่ละชนิดต่อการระบายน้ำของเยื่อ และสมบัติกระดาษ

2.1 การระบายน้ำของเยื่อ

เยื่อไผ่ตงมีค่าความเป็นอิสระของเยื่อ (CSF) 251-730 มิลลิลิตร ในช่วงเวลาตีเยื่อ 0-30 นาที โดยเมื่อระยะเวลาในการตีเยื่อเพิ่มมากขึ้น ค่าความเป็นอิสระของเยื่อจะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งแสดงถึงว่า เยื่อมีความสามารถในการระบายน้ำลดลง เช่นเดียวกันกับเยื่ออีก 2 ชนิด เยื่อไม้ใบแคบมีค่าความเป็นอิสระของเยื่อ (CSF) 306-733 มิลลิลิตร ในช่วงเวลาตีเยื่อ 0-60 นาที และเยื่อยูคาลิปตัสมีค่าความเป็นอิสระของเยื่อ(CSF) 291-586 มิลลิลิตร ดัง Figure 1(a) เยื่อไผ่ตงมีการตอบสนองต่อการตีเยื่อเร็วที่สุด โดยเยื่อไผ่ตงจะใช้เวลาในการตีเยื่อไม่เกิน 30 นาที เพื่อทำให้เยื่อมีค่าความเป็นอิสระของเยื่อ(CSF) 300 มิลลิลิตร ในขณะที่เยื่อไม้ใบแคบและเยื่อยูคาลิปตัสใช้เวลามากกว่า 30 นาที ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยของไผ่ตงมีลักษณะแข็งตึง ยืดหยุ่นน้อย เมื่อถูกแรงกระทำจากการตีเยื่อเส้นใยจึงเกิดการแตกหัก เกิดเป็นเศษเส้นใยขนาดเล็ก (Fine) ได้ง่ายกว่าเยื่อไม้ใบแคบและเยื่อยูคาลิปตัสที่เส้นใยมีความยืดหยุ่นมากกว่า

2.2 ความแข็งแรงต่อแรงดึง

ในช่วงค่าความเป็นอิสระของเยื่อ (CSF) 251-730 มิลลิลิตร เยื่อไผ่ตงมีค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงอยู่ระหว่าง 13.03-48.95 นิวตันเมตร/กรัม ซึ่งให้ค่าต่ำกว่าผลการศึกษาของ Kamthai and Puthson (2005b) และ Nitisoravut and Malinen (2007) ที่มีค่าดัชนีการต้านทานแรงดึง อยู่ในช่วง 22.44-70.20 นิวตันเมตร/กรัม ส่วนเยื่อไม้ใบแคบ ค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงมีค่าอยู่ระหว่าง 14.84-77.74 นิวตันเมตร/กรัม (ความเป็นอิสระของเยื่อ 306-733 มิลลิลิตร) และเยื่อยูคาลิปตัส มีค่าอยู่ระหว่าง 14.25-60.53 นิวตันเมตร/กรัม (ความเป็นอิสระของเยื่อ 152-504 มิลลิลิตร) ค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อค่าความเป็นอิสระของเยื่อลดลงหรือมีการตีเยื่อเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงใน Figure 1(b) เนื่องจากการตีเยื่อทำให้เส้นใยเกิดการแตกแขนงของเส้นใยทั้งภายนอกและภายใน (External and internal fibrillation) เส้นใยเกิดการพองตัวจากน้ำ ทำให้ผนังเส้นใยมีความอ่อนตัว (Flexible) จึงยุบตัวได้ง่าย (Spencer *et al*., 1983) ทำให้พันธะและพื้นที่ในการเกิดพันธะของเส้นใยในเนื้อกระดาษมีมากขึ้น ความแข็งแรงต่อแรงดึงจึงเพิ่มขึ้น ซึ่งเยื่อไม้ใบแคบและเยื่อยูคาลิปตัสก็มีแนวโน้มค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการตีเยื่อเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงของเยื่อไผ่ตงและเยื่อไม้ใบแคบที่ระดับค่าความเป็นอิสระของเยื่อเดียวกัน พบว่าเยื่อไม้ใบแคบมีค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงสูงกว่าเยื่อไผ่ตง ซึ่งเกิดจากเส้นใยไผ่ตงมีความสามารถในการยุบตัว (Collapse) ได้น้อยกว่าเส้นใยของไม้ใบแคบ โดยจะเห็นว่าเส้นใยไผ่ตงมีค่าสัดส่วนรังเคิลสูงกว่าเยื่อไม้ใบแคบ เพราะเส้นใยไผ่ตงมีลูเมนที่เล็กมาก การที่เส้นใยไผ่ตงยุบตัวได้น้อย เส้นใยจึงไม่แนบสนิทกันในเนื้อกระดาษ ทำให้พื้นที่การเกิดพันธะระหว่างเส้นใยน้อย การต้านทานแรงดึงของกระดาษจึงน้อยกว่า

2.3 ความแข็งแรงต่อแรงฉีกขาด

การตีเยื่อในช่วงแรก มีผลให้ค่าดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดมีค่าเพิ่มขึ้น และเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุดค่าหนึ่ง หลังจากนั้นจะค่อยๆลดลง จาก Figure 1(c) ค่าดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดของเยื่อไผ่ตงเริ่มลดลง เมื่อเยื่อมีค่าความเป็นอิสระของเยื่อ (CSF)

ประมาณ 400 มิลลิลิตร การตีเยื่อทำให้ความแข็งแรงของกระดาษเพิ่มขึ้น แต่เมื่อมีการตีเยื่อมากเกินไปจะทำให้เส้นใยมีขนาดสั้นลง มีผลให้ความต้านทานแรงฉีกขาดลดลง แม้ว่าเส้นใยจะมีการสร้างพันธะระหว่างกันได้มากก็ตาม (Kline, 1991) ความต้านทานแรงฉีกขาดของกระดาษ จะขึ้นอยู่กับความยาวของเส้นใย และความแข็งแรงของตัวเส้นใย เส้นใยที่ยาวจะมีโอกาสที่จะมีตำแหน่งการเกิดพันธะระหว่างเส้นใยภายในโครงสร้างของกระดาษมากกว่าเส้นใยที่สั้น (สมหวัง, 2551) เยื่อไม้ใบแคบและเยื่อยูคาลิปตัสก็มีแนวโน้มการพัฒนาของค่าดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดเช่นเดียวกันกับเยื่อไผ่ตง

เยื่อยูคาลิปตัสจะมีค่าดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดต่ำกว่า เยื่อไผ่ตงและเยื่อไม้ใบแคบ เนื่องจากเยื่อยูคาลิปตัสมีเส้นใยที่สั้นกว่าเยื่อไผ่ตงและเยื่อไม้ใบแคบ และเมื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดของเยื่อไผ่ตงและเยื่อไม้ใบแคบ ที่ระดับค่าความเป็นอิสระของเยื่อ (CSF) 300 มิลลิลิตร พบว่าค่าดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดของเยื่อไผ่ตงจะสูงกว่าเยื่อไม้ใบแคบ

Table 1 Fiber characteristics of Bamboo, Softwood and Eucalyptus pulps.

	Bamboo kraft pulp (*D. asper*)	**Unbleached softwood kraft pulp**	**Bleached eucalyptus kraft pulp**
Fiber length, LW (mm.)[a]	2.48	2.39	0.71
Fiber width (μm)[a]	27.3	40.1	22.4
Fiber coarseness (mg/m)[a]	0.201	0.223	0.053
Lumen width (μm)[b]	2.30	23.47	8.15
Cell wall thickness (μm)[b]	11.64	13.82	3.57
Runkel ratio	0.97	0.64	0.56
Flexibility coefficient	9.06	46.61	52.89

Notes: [a] data from the measurement of fibers thru Fiber Quality Analyzer Model FQA360
[b] data from the examination micro slide of fibers

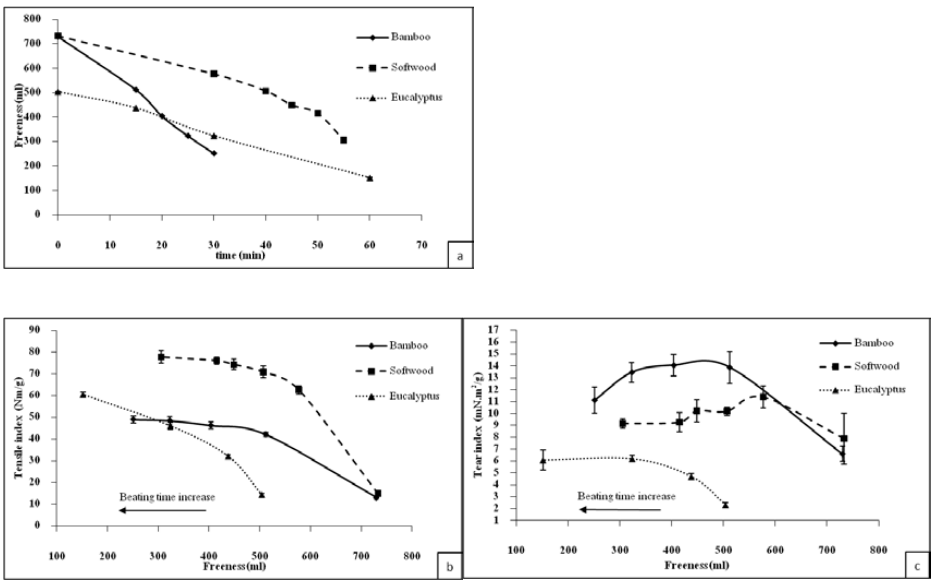


Figure 1 Effect of beating on (a) drainability (b) tensile strength and (c) tear strength.

3. ผลของสัดส่วนการทดแทนเยื่อไม้ใบแคบด้วยเยื่อไผ่ตง ต่อสมบัติความแข็งแรงของกระดาษ

3.1 ความแข็งแรงต่อแรงดึง

จาก Figure 2(a) ที่ระดับค่าความเป็นอิสระของเยื่อ(CSF) 300 มิลลิลิตร แผ่นทดสอบจะมีค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงสูงที่สุดในทุกๆ สัดส่วนเยื่อ และยังพบว่าที่สัดส่วนเยื่อไม้ใบแคบต่อเยื่อไผ่ตง 30:15 แผ่นทดสอบจะมีความต้านทานต่อแรงดึงมากที่สุด รองลงมาคือที่สัดส่วน 15:30, 45:0 และ 0:45 ตามลำดับ จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนของเยื่อไผ่ตงลงไปในเยื่อผสม จะมีผลให้แผ่นทดสอบมีค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้น แต่ถ้ามีสัดส่วนของเยื่อไผ่ตงมากเกินไป ค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงก็จะมีค่าน้อยลง

3.2 ความแข็งแรงต่อแรงฉีกขาด

จาก Figure 2(b) ระดับสัดส่วนการทดแทนเยื่อไม้ใบแคบด้วยเยื่อไผ่ตงที่แตกต่างกัน ไม่มีอิทธิพลต่อค่าดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดของแผ่นทดสอบ เนื่องจากค่าดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดขึ้นอยู่กับขนาดความยาวของเส้นใย และเยื่อไผ่ตงและเยื่อไม้ใบแคบ มีความยาวเส้นใยใกล้เคียงกัน จึงไม่ส่งผลต่อค่าดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาด

จาก Figure 2(c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงและค่าดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดจะเห็นว่า เมื่อค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงมีค่าเพิ่มขึ้น จากการตีเยื่อเพิ่มขึ้น จะมีผลให้ค่าดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย แต่เมื่อถึงจุดที่มีการตีเยื่อมากเกินไป เส้นใยจะถูกตัดให้สั้นลง จึงส่งผลให้ค่าดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดมีค่าลดลง แม้ว่าค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงจะมีค่าเพิ่มขึ้นก็ตาม เมื่อพิจารณาที่ค่าดัชนีการต้านทานแรงดึง 50 นิวตันเมตร/กรัม ซึ่งเป็นค่าความแข็งแรงของเยื่อที่ใช้ในการผลิตกระดาษปะหน้า พบว่าที่สัดส่วนการทดแทนเยื่อไม้ใบแคบด้วยเยื่อไผ่ตง 30:15 และ 15:30 แผ่นทดสอบจะมีค่าดัชนีการต้านทานแรงฉีกขาดสูงกว่าที่สัดส่วน 45:0 ส่วนที่สัดส่วน 0:45

3.3 ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ, การหักพับ และ แรงกดวงแหวน

ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ ความแข็งแรงต่อการหักพับ และความแข็งแรงต่อแรงกดวงแหวน มีความสำคัญสำหรับกระดาษปะผิวกล่อง โดยความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุจะทำให้กล่องทนต่อแรงดันจากภายในและภายนอกกล่อง ส่วนความแข็งแรงต่อการหักพับ จะชี้ให้เห็นถึงความสามารถในการพับขึ้นรูปกล่อง โดยไม่ปริแตก ในขณะที่ความแข็งแรงต่อแรงกดวงแหวน จะใช้เพื่อทำนายความสามารถในการซ้อนทับกันของกล่อง จากการทดลองนี้พบว่า ที่ความเป็นอิสระของเยื่อ(CSF) 300 มิลลิลิตร สัดส่วนเยื่อไม้ใบแคบต่อเยื่อไผ่ตง 30:15 จะให้ค่าความแข็งแรงทั้ง 3 ค่า สูงที่สุด รองลงมาคือที่สัดส่วน 15:30 (Figure 2(d-f))

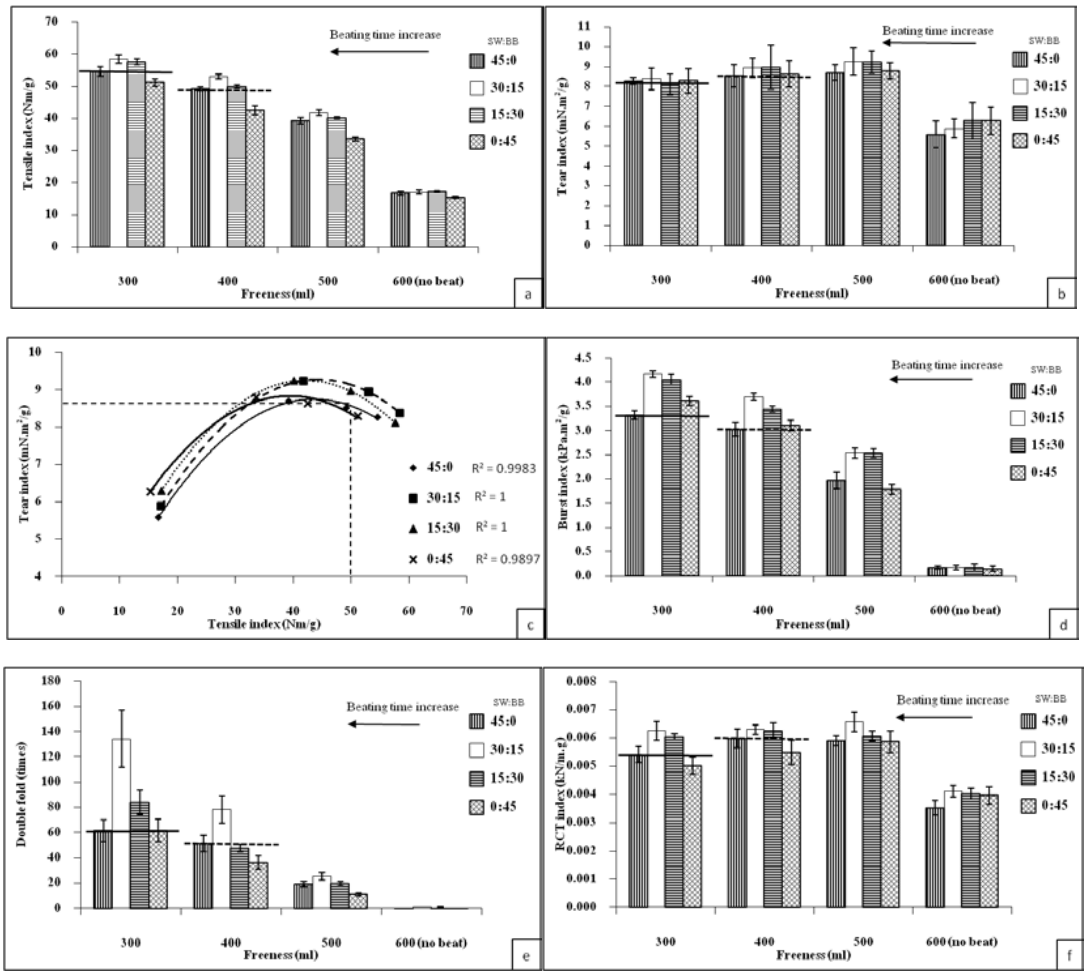


Figure 2 Influence of pulp proportions on strength properties as (a) Tensile strength (b) Tear strength (c) Tear-Tensile strength relationship and (d) Burst strength (e) Folding strength and (f) Ring crush strength

เมื่อเปรียบเทียบที่สัดส่วนเยื่อไม้ใบแคบต่อเยื่อไผ่ตง 45:0 และ 0:45 ที่ค่าความเป็นอิสระของเยื่อ (CSF) 300 มิลลิลิตร พบว่าที่สัดส่วน 0:45 แผ่นทดสอบจะมีความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุมากกว่า ซึ่งน่าจะเป็นเพราะการตีเยื่อทำให้เยื่อไผ่ในสัดส่วน 0:45 เกิดปริมาณเศษเส้นใยขนาดเล็ก (fine) จำนวนมาก ซึ่งเข้าไปอุดช่องว่างในโครงสร้างกระดาษ ทำให้การต้านแรงดันทะลุมีมาก แต่ในส่วนของความแข็งแรงต่อแรงกดวงแหวนนั้น จะมีน้อยกว่า ดัง Figure 2(f) เนื่องจากการตีเยื่อทำให้เส้นใยไผ่ตงถูกทำลายโครงสร้าง เส้นใยเกิดการแตก หัก ในขณะที่เส้นใยไม้ใบแคบในสัดส่วน 45:0 เส้นใยมีความยืดหยุ่นมากกว่า จึงเกิดการแตกหักน้อยกว่า

สรุป

สัดส่วนการทดแทนเยื่อไม้ใบแคบด้วยเยื่อไผ่ตงที่แตกต่างกัน มีผลต่อค่าความแข็งแรงของกระดาษ การทดแทนเยื่อไผ่ตงลงไปในเยื่อไม้ใบแคบ จะช่วยเสริมให้กระดาษมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น โดยที่สัดส่วนเยื่อไม้ใบแคบต่อเยื่อไผ่ตง 30:15 แผ่นทดสอบจะมีค่าความแข็งแรงโดยรวมมากที่สุด รองลงมาคือที่สัดส่วน

15:30 45:0 และ 0:45 ตามลำดับ สรุปได้ว่า เยื่อไผ่ตงสามารถใช้ทดแทนเยื่อไม้ใบแคบในเยื่อผสมของการผลิตกระดาษปะหน้า ที่ใช้ทำผิวกล่องบรรจุภัณฑ์ ได้มากสุดถึงร้อยละ 60 (สัดส่วน 15:30) โดยที่ไม่ทำให้ค่าความแข็งแรงของกระดาษต่ำกว่าที่สัดส่วน 45:0 (สัดส่วนที่ใช้เยื่อใยยาวที่เป็นไม้ใบแคบเพียงอย่างเดียว)

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

วันทนี สาตราคม, บวร วัฒนเสรี, บุญสืบ จิตติวาณิชย์ และดวงใจ ลิ้มสกุล. 2515. **คุณสมบัติของไม้ไผ่ในประเทศไทยด้านทำเยื่อกระดาษ**. กรมวิทยาศาสตร์, กระทรวงอุตสาหกรรม.

สมหวัง ขันตยานุวงศ์. 2551. **เอกสารประกอบการสอนเรื่องเส้นใยเยื่อและกระดาษ: สมบัติทางกายภาพ**. ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Bawagan, P.V. 1972. **The Analyses of some Fundamental Fiber-Paper Property Relationship**. M.S. Thesis, Norwegian University of Science and Technology.

International Organization for Standardization. 2011. Paper, board and pulp. **ISO Standards Correction (CD-ROM)**, Geneva, Switzerland.

Kamthai, S. and P. Puthson. 2005a. The Physical Properties, Fiber Morphology and Chemical Composition of Sweet Bamboo (*Dendrocalamus asper* Backer). **Kasetsart journal (Nat.sci)** 39 (4): 581-587.

_____. 2005b. Effect of Beating Revolution on Sweet Bamboo (*Dendrocalamus asper* Backer) Kraft Pulp. **Chiang Mai journal sci** 4 (2): 137-147.

Kline, J.E. 1991**. Paper and Paperboard Manufacturing and Converting Fundamentals**. 2nd ed. Miller Freeman Publications, inc., San Francisco.

Nitisoravut, N. and R.O. Malinen. 2007. Fiber morphology and papermaking properties of selected Thai bamboos. **Appita Annual Conference** 1: 83-89.

Panthai, S. and P. Somboon. 2014. Examination of Separate and Mixed Refining Method on Softwood and Hardwood Pulp for Linerboard Production**. Kasetsart journal** 48 (4): 540-547.

Pisuttipiched, S. 2004. Effect of Tree Age on Wood Properties of Eucalyptus camaldulensis in Thailand. **Thai Journal of Forestry**. 23 (2): 152-160.

Spencer, H.S., N.G.M. Tuck and R.W. Gordon. 1983. Beating and Refining, pp.136. *In* R.G. Macdonald and J.N. Franklin., eds. **Pulp and Paper Manufacture**. Mcgraw-hill book company, Atlanta.

Technical Association of the Pulp and Paper industry (TAPPI). 2002. **2002-2003 TAPPI Test Methods**. TAPPI Press, Atlanta, Georgna.

นิพนธ์ต้นฉบับ

ความคิดเห็นของราษฎรต่อการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งคนกับช้างป่า โดยการขุดคู บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

Opinions of People on Human and Elephant Conflict Problem Solution by Moat around Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary, Chachoengsao Province

นภาวดี สงค์มณี[1]
รองลาภ สุขมาสรวง[1*]
รัชนี โพธิแท่น[1]
เสริมพันธ์ สาริมาน[2]

Napawadee Songmanee[1]
Ronglarp Sukmasuang[1*]
Rachanee Pothitan[1]
Sermphan Sariman[2]

[1] คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[2]เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary, Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation
[*]Corresponding Author, E-mail: mronglarp@hotmail.com

รับต้นฉบับ 3 มิถุนายน 2558 รับลงพิมพ์ 26 มิถุนายน 2558

ABSTRACT

Conflict between local people and wild elephants at Khao Ang Rue Nai wildlife sanctuary has been a critical problem for a long period of time. A total of 466 kilometers of moat has been employed to solve the problem. However, the acceptance of the local people is unknowns. Therefore, the objectives of this study were to determine the socio – economic of the local people, to evaluate the people opinions about the problem solution by moat, and to fine the significant factor influencing people decision making. Questionnaires and direct interview were collected from the people of 5 villages (337 respondents) around Khao Ang Rue Nai wildlife sanctuary. The results were testd by t-test and F-test at $p < 0.05$ significant level.

The results showed the most population were found female with their average age of 41.99 years. Their educational level was elementary school. The average number of household member were 5.07. Their average resettled periods was 23.82 years. Main occupation was agriculture and subsidiary occupations were contractors. The average annual household incomes were 130,210 bath and average annual household expenditure 110,040 baths, and average size of land holding were 23.60 rais. In addition, people want land uses increase average 19.58 rais. The growing

popularity of cassava. Wild elephants have been destroyed agricultural crops 68.8%. The amount of damage caused by wild elephants was average. 19.60 time/year 4.35 rais 7.58 trunk 27,879 baths. The perceived boundaries Khao Ang Rue Nai wildlife sanctuary as well. And these obtaining information on wild elephants from relatives or neighbors and the opinions of the people in study least than questionnaires determination.

A factor affecting the opinions of the people to solve the human and elephant conflict problem by man-made moat is the level of damage caused by wild elephants.

Keywords: human and elephant conflict problem, moat, Khao Ang Rue Nai wildlife sanctuary, Chachoengsao Province

บทคัดย่อ

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน ประสบกับปัญหาความขัดแย้งระหว่างคนกับช้างป่ามานาน จึงได้ใช้วิธีการขุดคูกันช้างรอบพื้นที่เป็นระยะทางยาวกว่า 466 กิโลเมตร แต่ยังไม่เคยมีการศึกษาสภาพความเป็นอยู่ ความคิดเห็นของราษฎรที่อยู่ในแนวคูแต่ประการใด ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงสภาพทางเศรษฐกิจสังคม ศึกษาระดับความคิดเห็น และปัจจัยทางเศรษฐกิจ สังคมที่มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นของราษฎร ต่อการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งคนกับช้างป่า โดยการขุดคูของราษฎรบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ใช้การสัมภาษณ์ประชาชนที่ตั้งถิ่นฐานอยู่ในบริเวณชุมชนโดยรอบพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 5 หมู่บ้าน 337 ครัวเรือน และทำการวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการศึกษาพบว่า ราษฎรตัวอย่างที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 49.33 ปี มีการศึกษาอยู่ในระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 5.07 คน มีระยะเวลาการตั้งถิ่นฐานในพื้นที่เฉลี่ย 23.82 ปี มีอาชีพเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลัก มีอาชีพรับจ้างทั่วไปเป็นอาชีพรอง มีรายได้รวมของครัวเรือนต่อปีเฉลี่ย 130,210 บาท มีรายจ่ายรวมของครัวเรือนต่อปีเฉลี่ย 110,040 บาท มีที่ดินทำกินเฉลี่ย 23.60 ไร่ จำนวนที่ดินทำกินที่ราษฎรต้องการเพิ่มเฉลี่ย 19.58 ไร่ นิยมปลูกมันสำปะหลัง เคยถูกช้างป่าเข้าทำลายพืชผลทางการเกษตร ร้อยละ 68.8 ปริมาณความเสียหายจากช้างป่า มีค่าเฉลี่ย 19.60 ครั้ง/ปี จำนวน 4.35 ไร่ 7.58 ต้น 27,879 บาท มีการรับรู้แนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไนเป็นอย่างดี และได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับช้างป่าจากญาติพี่น้องหรือเพื่อนบ้าน ระดับความคิดเห็นของราษฎรอยู่ในระดับเห็นด้วยน้อย

ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อความความคิดเห็นของราษฎรต่อการไขปัญหาความขัดแย้งคนกับช้างป่าโดยการขุดคู คือ ระดับความเสียหายที่เกิดจากช้างป่า

คำสำคัญ: ความขัดแย้งระหว่างคนกับช้างป่า การขุดคูกันช้าง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

คำนำ

ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน ปัญหาความขัดแย้งระหว่างคนกับช้างป่านับวันเพิ่มมากขึ้น บางครั้งมีการแก้ปัญหาด้วยการใช้วิธีการที่รุนแรงในการขับไล่ ทำให้ช้างป่าตายหรือได้รับบาดเจ็บปีละหลายตัว กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ดำเนิน

มาตรการต่างๆเพื่อลดปัญหานี้ เช่น การทำรั้วไฟฟ้า การขุดคูกันช้าง การจัดชุดเฝ้าระวังช้างป่า การทำโป่งเทียม เป็นต้น ส่วนในระยะยาว ได้มีการวางแผนปรับเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินและการสร้างแนวกันชนระหว่างชายป่ากับพื้นที่เกษตรกรรม ผนวกพื้นที่ใกล้แนวป่าอนุรักษ์ให้เป็นป่าอนุรักษ์ (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช, 2555)

พื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน มีช้างอยู่ประมาณ 300 ตัว หรือประมาณร้อยละ 10 ของประชากรช้างของประเทศไทย (คณะวนศาสตร์, 2556) จึงได้ร่วมมือกับทหาร และองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นดำเนินการขุดคูกันช้างบริเวณรอบแนวเขตเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ในปัจจุบันมีการขุดคูกันช้างขนาดความกว้างประมาณ 2.50 ม. ลึกประมาณ 2.60 ม. ขุดไปแล้ว 466 กม. อยู่ในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา 201 กม.จังหวัดชลบุรี 30 กม. จังหวัดจันทบุรี 90 กม. จังหวัดสระแก้ว 145 กม.

จากแนวทางการแก้ปัญหาช้างป่าดังกล่าว มีส่วนเกี่ยวข้องกับชุมชนโดนรอบ เป็นจำนวนมาก แต่ยังไม่เคยมีการศึกษาความคิดเห็นทัศนคติต่อแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวมาก่อนเลย ดังนั้นเพื่อให้การแก้ไขปัญหาช้างป่าในบริเวณพื้นที่เกิดความสำเร็จโดยประชาชนมีส่วนร่วม จึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงสภาพทางเศรษฐกิจสังคม ศึกษาระดับความคิดเห็น และปัจจัยทางเศรษฐกิจสังคมที่มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นของราษฎร ต่อการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งคนกับช้างป่า โดยการขุดคูของราษฎรบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ผลที่ได้สามารถนำไปใช้พิจารณาดำเนินการแก้ไขปัญหาช้างป่าให้สอดคล้องกับความต้องการบนพื้นฐานของผลกระทบ ตลอดจนสามารถใช้วางแผนการแก้ปัญหาแนวทางอื่นโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อแก้ปัญหาความขัดแย้งระหว่างคนกับช้างป่า ทั้งในพื้นที่นี้และพื้นที่แห่งอื่นของประเทศเพื่อการอนุรักษ์ช้างป่าและพัฒนาความเป็นอยู่ของประชาชนตามความเหมาะสมต่อไป

อุปกรณ์ และวิธีการ

1. ค้นคว้าหาข้อมูลเบื้องต้น

การค้นคว้าข้อมูลเบื้องต้น โดยการตรวจเอกสารผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น แผนการจัดการพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน ฉบับที่ 2 ระยะเวลา 5 ปี พ.ศ. 2556-2560 (ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน, 2555) การขุดคูกันช้างในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน เอกสารที่เกี่ยวกับแนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความคิดเห็น และทำการสำรวจพื้นที่ศึกษาในเบื้องต้นของหมู่บ้านที่ได้รับผลกระทบและอยู่ในพื้นที่ดำเนินการขุดคูกันช้าง

2. การสร้างแบบสอบถาม

2.1 จัดทำแบบสอบถาม แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ ลักษณะเป็นคำถามแบบเลือกตอบ และแบบกรอกข้อความลงในช่องว่างของแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลความคิดเห็นต่อแก้ปัญหาช้างป่าโดยการขุดคู ซึ่งเป็นคำถามที่มีลักษณะของคำถามเป็นมาตรวัดแบบ Likerts scale (1932) แบ่งเป็น 5 ระดับ

ส่วนที่ 3 เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลความคิดเห็น และข้อเสนอแนะของราษฎรเกี่ยวกับการขุดคู

2.2 นำแบบสอบถามที่ได้ไปทำการทดสอบ (pre - test) กับราษฎรในหมู่บ้านใกล้เคียง คือหมู่ที่ 7 บ้านร่มโพธิ์ทอง ตำบลคลองตะเกรา อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 40 ชุด และนำผลที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ด้วยวิธี Cronbach (1977) เพื่อเป็นการทดสอบค่าความเชื่อมั่น (reliability) โดยค่า alpha ที่ดีจะต้องมีค่ามากกว่า 0.80 ผลการทดสอบได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 เก็บข้อมูลจากจำนวนครัวเรือน 5 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 14 บ้านเขากล้วยไม้ และหมู่ที่ 9 บ้านห้วย

ตะปอก ตำบลคลองตะเกรา อำเภอท่าตะเกียบ หมู่ที่ 22 บ้านเขาวงค์ ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ หมู่ที่ 15 บ้านนายาว และหมู่ที่ 16 บ้านนาอิสาน ตำบลท่ากระดาน อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา

3.2 จากจำนวนครัวเรือนที่มีอยู่ทั้งหมด นำมาสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (simple random sampling) โดยการจับฉลาก ซึ่งกำหนดให้จำนวนครัวเรือนตัวอย่างของชุมชนซึ่งเป็นตัวแทนทั้งหมดของราษฎรที่รู้จำนวนที่แน่นอน ด้วยการใช้สูตรที่เหมาะสมของ Yamane (1973) ดังนี้

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (1)$$

กำหนดให้

n = จำนวนครัวเรือนตัวอย่างที่ต้องการศึกษา

e = ความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างที่กำหนดให้เท่ากับ 0.05

N = จำนวนครัวเรือนทั้งหมด (2,134)

จากการแทนค่าตามสูตร จะได้จำนวนครัวเรือนตัวอย่าง เท่ากับ 337 ครัวเรือน

3.3 จำนวนครัวเรือนของหมู่บ้าน สามารถนำไปคำนวณเพื่อหาจำนวนครัวเรือนตัวอย่างของแต่ละหมู่บ้านที่ทำการศึกษาโดยใช้สูตรการกระจายตาม (สุบงกช, 2526) ดังต่อไปนี้

$$n_i = n\frac{N_i}{N} \quad (2)$$

กำหนดให้

n_i = จำนวนครัวเรือนตัวอย่างของหมู่บ้าน i

n = จำนวนครัวเรือนตัวอย่างที่ต้องการทั้งหมด (337)

N_i = จำนวนครัวเรือนทั้งหมดของหมู่บ้าน i

N = จำนวนครัวเรือนทั้งหมดของทุกหมู่บ้าน (2,134)

i = หมู่บ้านที่ 1, 2, 3,…i

ผลการคำนวณราษฎรกลุ่มตัวอย่างของแต่ละหมู่บ้าน ปรากฏตาม Table 1

Table 1 The population and locality were survey around Khao Ang Rue Nai wildlifesanctuary, Chachoengsao Province.

Order	No.	Village	Households	Population (households)
1	14	Ban Khaoklouymai	263	42
2	9	Ban Hlouytapok	288	45
3	22	Ban Khaowong	202	32
4	15	Ban Nayow	1,071	169
5	16	Ban Naesan	310	49
	Sum		2,134	337

3.4 นำแบบสอบถามที่สมบูรณ์แล้วไปสอบถามราษฎรกลุ่มตัวอย่าง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ค่าของตัวแปรตั้งแต่สองตัวขึ้นไป เพื่อหาความสัมพันธ์กันว่าจะมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกหรือเชิงลบ ประกอบด้วย

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด ของตัวแปรต่างๆทางด้านเศรษฐกิจสังคม นำมาบรรยาย ในรูปของตาราง แจกแจงความถี่ ระดับความคิดเห็น นำมาแบ่งระดับความคิดเห็น ออกเป็น 5 ระดับ ใช้เกณฑ์ในการแบ่งดังต่อไปนี้

$$\text{อันตรภาคชั้น} = \frac{\text{คะแนนสูงที่สุด} - \text{คะแนนต่ำที่สุด}}{\text{จำนวนชั้น}} \quad (3)$$

$$= \frac{5 - 1}{5}$$

$$= 0.8$$

จากเกณฑ์ดังกล่าว เมื่อได้ค่าเฉลี่ยแล้ว สามารถแปลความหมายความคิดเห็นได้ดังนี้

1.00 – 1.80 หมายถึง ระดับความคิดเห็นของราษฎรคือไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง นั้นคือการดำเนินการดังกล่าว ควรต้องมีการปรับปรุงแก้ไขโดยด่วน

1.81 – 2.60 หมายถึง ระดับความคิดเห็นของราษฎรคือไม่เห็นด้วย นั้นคือการดำเนินการดังกล่าวควรต้องมีการปรับปรุงแก้ไข

2.61 – 3.40 หมายถึง ระดับความคิดเห็นของราษฎรคือเห็นด้วยน้อยนั้นคือการดำเนินการดังกล่าวควรต้องมีการปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่ยังบกพร่อง เพื่อให้เกิดความเหมาะสมมากกว่าเดิม

3.41 – 4.20 หมายถึง ระดับความคิดเห็นของราษฎรคือเห็นด้วยปานกลาง นั้นคือการดำเนินการดังกล่าว อยู่ในเกณฑ์ที่ดี สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้เป็นที่น่าพอใจของราษฎรในพื้นที่

4.21 – 5.00 หมายถึง ระดับความคิดเห็นของราษฎรคือเห็นด้วยอย่างยิ่ง นั้นคือการดำเนินการดังกล่าว อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก เป็นที่พอใจต่อราษฎรอย่างมาก สมควรอย่างยิ่งที่จะต้องรักษาการดำเนินการตามวิธีการดังกล่าว และพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น เพื่อแก้ไขปัญหาช้างป่า

4.2 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ (relationship analysis) แบ่งระดับตัวแปรเป็น 3 และ 5 ระดับ และแบ่งระดับความคิดเห็นเป็น 5 ระดับ ใช้สถิติ t-tes และ F – test ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวแปร กับระดับความคิดเห็น ซึ่งกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิไว้ที่ระดับ 0.05 โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปในการประมวลผล จากนั้นรวบรวมข้อเสนอแนะ วิจารณ์ผลและสรุปผล

ผลและวิจารณ์

ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของประชาชนตัวอย่าง

1. เพศ จากการศึกษาพบว่าราษฎรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 56.1 และในส่วนที่เหลือเป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 43.9

2. อายุ จากการศึกษาพบว่าราษฎรส่วนใหญ่อายุอยู่ในช่วง 30 – 50 ปี คิดเป็นร้อยละ 51.1 รองลงมามีอายุมากกว่า 50 ปี คิดเป็นร้อยละ 43.6 น้อยที่สุดมีอายุน้อยกว่า 30 ปี คิดเป็นร้อยละ 6.2 มีอายุเฉลี่ย 49.33 ปี มีอายุมากที่สุด 86 ปี และมีอายุน้อยที่สุด 15 ปี เนื่องมาจากผู้วิจัยได้เข้าไปทำการศึกษาวิจัย ในช่วงกลางวันซึ่งเป็นเวลาพักรับประทานอาหารเที่ยงของเกษตรกร จึงทำให้ผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ส่วนใหญ่อยู่ในวัยกลางคนวัยทำงาน

3. ระดับการศึกษา จากการศึกษาพบว่าราษฎรส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับประถมศึกษาตอนต้นคิดเป็นร้อยละ 60.5 รองลงมามีการศึกษาระดับมัธยมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 4.81 ไม่ได้รับการศึกษา คิดเป็นร้อยละ 11.3 มีการศึกษาระดับประถมศึกษาตอนปลาย คิดเป็นร้อยละ 7.1 และน้อยที่สุดมีการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 2.7 สาเหตุเนื่องมาจากผู้ตามแบบสัมภาษณ์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 30 - 50 ปี ประกอบอาชีพเกษตรกรรม จึงทำให้ส่วนใหญ่จบการศึกษาตามหลักเกณฑ์ขั้นพื้นฐานของรัฐบาลคือระดับประถมศึกษาตอนต้น (ประถมศึกษาปีที่ 4)

4. จำนวนสมาชิกในครัวเรือน จากการศึกษาพบว่าราษฎรส่วนใหญ่มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนอยู่ในช่วง 5 - 8 คน คิดเป็นร้อยละ 49.6 รองลงมาอยู่ในช่วง 1 - 4 คน คิดเป็นร้อยละ 2.44 น้อยที่สุดอยู่ในช่วง 9 - 12 คน คิดเป็นร้อยละ 2.6 มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 5.07 คน มากที่สุด 12 คน และน้อยที่สุด 1 คน

5. ระยะเวลาการตั้งถิ่นฐาน จากการศึกษาพบว่าราษฎรส่วนใหญ่มีระยะเวลาการตั้งถิ่นฐานอยู่ในช่วง 21 - 30 ปี คิดเป็นร้อยละ 46.9 รองลงมาอยู่ในช่วง 11 - 20 ปี คิดเป็นร้อยละ 28.5 อยู่ในช่วง 1 – 10 ปี และ 31 – 40 ปี คิดเป็นร้อยละ 11.9 และ 11.3 ตามลำดับ น้อยที่สุดอยู่ในช่วง 41 - 50 ปี คิดเป็นร้อยละ 5.1 มีระยะเวลาการตั้งถิ่นฐานเฉลี่ย 28.32 ปี มากที่สุด 05 ปี และน้อยที่สุด 2 ปี แสดงให้เห็นว่า ราษฎรส่วนใหญ่ตั้งถิ่นฐานได้ไม่นาน อพยพย้ายมาจากถิ่นที่อยู่อื่นและไม่ใช่คนท้องถิ่นนั้นๆ แต่กำเนิด ซึ่งเป็นไปได้ว่าอาจมี

การบุกรุกป่าเพื่อทำกิน ส่งผลต่อที่อยู่อาศัยของช้างป่า จึงทำให้ช้างป่าออกมาหากินนอกพื้นที่ได้มากยิ่งขึ้น

6. อาชีพหลัก จากการศึกษาพบว่าราษฎรส่วนใหญ่มีอาชีพการเกษตร (ทำไร่/ทำนา/ทำสวน) เป็นอาชีพหลัก คิดเป็นร้อยละ 74.5 รองลงมามีอาชีพรับจ้างทั่วไป เป็นอาชีพหลัก คิดเป็นร้อยละ 18.7 มีอาชีพค้าขายเป็นอาชีพหลัก คิดเป็นร้อยละ 4.5 น้อยที่สุดประกอบอาชีพรับราชการ/รัฐวิสาหกิจ และอาชีพอื่นๆ (จักสาน) เป็นอาชีพหลัก คิดเป็นร้อยละ 2.1 และ 0.3 ตามลำดับ แสดงให้เป็นว่าอาชีพส่วนใหญ่ที่ราษฎรกลุ่มตัวอย่างประกอบนั้น เป็นอาชีพที่เสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบจากช้างป่ามากที่สุด อาจส่งผลให้ความคิดเห็นของราษฎรไปทางที่ไม่เห็นด้วยกับแนวทางแก้ปัญหาความขัดแย้งคนกับช้างป่าโดยการขุดคูได้

7. อาชีพรอง จากการศึกษาพบว่า ราษฎรส่วนใหญ่มีอาชีพรับจ้างทั่วไปเป็นอาชีพรอง คิดเป็นร้อยละ 39.8 รองลงมามีอาชีพเกษตรกรเป็นอาชีพรอง คิดเป็นร้อยละ 13.4 และ มีอาชีพค้าขายเป็นอาชีพรอง คิดเป็นร้อยละ 5.9 น้อยที่สุด มีอาชีพอื่นๆ (เลี้ยงสัตว์ เลี้ยงไหม จักสาน เพาะชำกล้าไม้) คิดเป็นร้อยละ 1.8

8. รายได้ของครัวเรือนต่อปี จากการศึกษาพบว่า ราษฎรส่วนใหญ่มีรายได้รวมของครัวเรือนต่อปีอยู่ในช่วง 50,001 - 100,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 34.1 รองลงมาน้อยกว่า 50,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 23.1 อยู่ในช่วง 100,001 - 150,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 16.3 น้อยที่สุดมากกว่า 200,000 บาทขึ้นไป และอยู่ในช่วง 150,001 - 200,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 13.6 และ 12.8 ตามลำดับ มีรายได้รวมของครัวเรือนต่อปีเฉลี่ย 130,210 บาท มากที่สุด 800,000 บาท และน้อยที่สุด 10,000 บาท แสดงให้เห็นว่าราษฎรมีรายได้ค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับสมาชิกในครัวเรือนที่จำเป็นต้องดูแล อาจส่งผลให้มีการบุกรุกพื้นที่อนุรักษ์เพิ่มเติมเพื่อทำการเกษตรได้

9. รายจ่ายของครัวเรือนต่อปี จากการศึกษาพบว่าราษฎรส่วนใหญ่มีจ่ายรวมของครัวเรือนต่อปีอยู่ในช่วง 50,001 – 100,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 42.1 รองลงมาน้อยกว่า 50,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 4.32 อยู่ในช่วง 100,001 - 150,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 14.2 น้อยที่สุด อยู่ในช่วง150,001 – 200,000 บาท และมากกว่า 200,000 บาทขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 11.3 และ 8.9 ตามลำดับ มีรายจ่ายรวมของครัวเรือนต่อปีเฉลี่ย 110,040 บาท มากที่สุด 500,000 บาท และน้อยที่สุด 10,000 บาท

10. การมีที่ดินทำกิน จากการศึกษาพบว่าราษฎรส่วนใหญ่มีพื้นที่ถือครองเป็นของตนเอง คิดเป็นร้อยละ 74.5 รองลงมามีพื้นที่ถือครองเป็นของตนเองและเช่าที่ดินผู้อื่น คิดเป็นร้อยละ 16.3 น้อยที่สุดเช่าที่ดินผู้อื่น คิดเป็นร้อยละ 9.2 มีขนาดพื้นที่ทำกินเฉลี่ย 23.60 ไร่ มากที่สุด 300 ไร่ และน้อยที่สุด 0.25 ไร่ แสดงให้เห็นว่าราษฎรส่วนใหญ่มีที่ดินสำหรับทำการเกษตรเพื่อเลี้ยงตนเองและครอบครัว แต่มีจำนวนไม่มากนักอาจไม่เพียงพอสำหรับทำกินเลี้ยงตนเองและครัวเรือนจนเป็นเหตุให้มีการบุกรุกพื้นที่ป่าอนุรักษ์ได้

11. ความต้องการพื้นที่ถือครองเพิ่ม จากการศึกษาพบว่าราษฎรส่วนใหญ่มีความต้องการที่ดินทำกินเพิ่ม คิดเป็นร้อยละ 59.1 ส่วนที่เหลือไม่มีความต้องการที่ดินทำกินเพิ่ม คิดเป็นร้อยละ 40.9 โดยพื้นที่ถือครองที่ต้องการเพิ่มเฉลี่ย 19.58 ไร่ มากที่สุดจำนวน 300 ไร่ และน้อยที่สุดจำนวน 3 ไร่ ความต้องการพื้นที่ถือครองเพิ่มนั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนพื้นที่ถือครองที่มีอยู่แต่ขึ้นอยู่กับความพอเพียงของแต่ละบุคคลเป็นหลัก

12. ชนิดพืชเกษตรที่ปลูก จากการศึกษาพบว่า ราษฎรส่วนใหญ่ปลูกพืชเกษตร คิดเป็นร้อยละ 89 ส่วนที่เหลือไม่ได้ปลูกพืชเกษตร คิดเป็นร้อยละ 11 ชนิด พืชเกษตรที่ราษฎรส่วนใหญ่นิยมปลูกคือ มันสำปะหลัง คิดเป็นร้อยละ 71.5

14. ความเสียหายที่เกิดจากช้างป่า จากการศึกษาพบว่าราษฎรส่วนใหญ่เคยถูกช้างป่าเข้าทำลายพืชผลทางการเกษตรคิดเป็นร้อยละ 68 และไม่เคยคิดเป็นร้อยละ 32 สาเหตุอาจเนื่องมาจากอาชีพที่ราษฎร

ส่วนใหญ่ประกอบคืออาชีพเกษตรกรรม จึงทำให้มีราษฎรที่เคยถูกช้างป่าเข้าทำลายเป็นจำนวนมาก ส่วนระดับความเสียหายที่ราษฎรตัวอย่างที่ทำการศึกษาได้รับส่วนใหญ่ถูกทำลายไม่เกินร้อยละ 30 คิดเป็นร้อยละ 69.9 รองลงมาถูกทำลายร้อยละ 30 – 80 คิดเป็นร้อยละ 26.2 และน้อยที่สุดถูกทำลายร้อยละ 80 - 100 คิดเป็นร้อยละ 3.9 ความเสียหายที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับที่น้อยเมื่อเทียบกับปริมาณผลทางการเกษตรทั้งหมดที่ปลูก

15. ปริมาณความเสียหายที่ช้างป่าเข้าทำลายพืชผลทางการเกษตร จากการศึกษาพบว่า มีค่าเฉลี่ยปริมาณความเสียหายที่เกิดจากช้างป่า 19.60 ครั้ง/ปี จำนวน 4.35 ไร่/ปี 7.58 ต้น/ปี คิดเป็นมูลค่า 27,879 บาท/ปี

16. การรับรู้แนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จากการศึกษาพบว่าราษฎรส่วนใหญ่รับรู้หรือรับทราบแนวเขตเป็นอย่างดี คิดเป็นร้อยละ 54.3 รองลงมารับรู้หรือทราบแนวเขตเป็นบางจุด คิดเป็นร้อยละ 35.6 และน้อยที่สุดไม่รับรู้หรือทราบแนวเขตแต่อย่างใด คิดเป็นร้อยละ 10.1

17. การรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับเรื่องช้างป่าเขาอ่างฤาไน เข้ามาเหยียบย่ำทำลายพืชผลทางการเกษตรหรือเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับช้างป่าในพื้นที่ ผลการศึกษาพบว่า ราษฎรส่วนใหญ่ได้รับข้อมูลข่าวสาร คิดเป็นร้อยละ 99.7 ส่วนที่เหลือไม่ได้รับข้อมูลข่าวสาร คิดเป็นร้อยละ 0.3 โดยช่องทางการได้รับข้อมูลข่าวสารของราษฎรส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารจากจากญาติพี่น้อง/เพื่อนบ้าน มากที่สุด คิดเห็นร้อยละ3.56

ระดับความคิดเห็นของราษฎรต่อการไขปัญหาความขัดแย้งคนกับช้างป่า โดยการขุดคู บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

ผู้ศึกษาได้ดำเนินการศึกษาโดยการตั้งคำถามเกี่ยวกับระดับความคิดเห็นของราษฎร จำแนกออกเป็น 5 ด้าน 10 ข้อ ซึ่งทุกข้อเป็นคำถามตามแบบของ Likert (1932) ให้คะแนนแต่ละข้อออกเป็น 5 ระดับ ทั้งนี้ เมื่อจัดแบ่งคะแนนระดับความคิดเห็นของราษฎรทุกรายออกเป็น 5 ช่วงเท่าๆ กัน พบว่าประชาชนตัวอย่างที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่ได้คะแนนความคิดเห็นต่อการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งคนกับช้างป่าโดยการขุดคู อยู่ในช่วง 1.81 - 2.60 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 36.2 รองลงมาอยู่ในช่วง 2.61 – 3.40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 35.3 อยู่ในช่วง 3.41 – 4.20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 13.9 อยู่ในช่วง 1 - 1.8 และ 4.21 – 5.00 คะแนน ใกล้เคียงกัน คิดเป็นร้อยละ 7.4 และ 7.1 คะแนน ตามลำดับ

จากการหาค่าเฉลี่ยในการตอบคำถามความคิดเห็นทุกข้อของประชาชนตัวอย่างทุกราย แล้วนำไปเปรียบเทียบกับอันตรภาคชั้นที่กำหนดไว้ ผลการศึกษาพบว่า ความคิดเห็นของราษฎรอยู่ในระดับเห็นด้วยน้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.87 สาเหตุอาจเกิดจากคูที่ขุดโดยรอบบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไนไม่สามารถกันช้างป่าให้ออกมานอกพื้นที่ได้ดีเท่าที่ควร ทำให้ราษฎรมองว่าการดำเนินการขุดคูกันช้างเป็นวิธีการที่ยังไม่ดีนัก แต่ถึงอย่างไรการมีคูกันช้างก็ยังดีกว่าไม่ได้ดำเนินการอะไรเลย การขุดคูก็ยังคงมีประโยชน์ในด้านการป้องกันรักษาพื้นที่อนุรักษ์ การป้องกันช้างป่า ทำให้ทราบขอบเขตป่าที่ชัดเจนขึ้นซึ่งเมื่อจำแนกระดับความคิดเห็นออกเป็นรายด้าน พบว่า ราษฎรตัวอย่างมีระดับความคิดเห็นแต่ละด้าน ดังนี้

1. ด้านความเหมาะสมของคู มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.61 (เห็นด้วยน้อย)

2. ด้านการลดปัญหาต่อชุมชน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.80 (เห็นด้วยน้อย)

3. ด้านส่งเสริมสภาพเศรษฐกิจ สังคม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.89 (เห็นด้วยน้อย)

4. การป้องกันรักษาพื้นที่อนุรักษ์ การป้องกันช้างป่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.01 (เห็นด้วยน้อย)

5. ความยั่งยืนของการแก้ปัญหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.89 (เห็นด้วยน้อย)

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความความคิดเห็นของราษฎรต่อการไขปัญหาความขัดแย้งคนกับช้างป่า โดยการขุดคู บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

ตั้งสมมติฐาน โดยเลือกตัวแปรต้นที่สำคัญและคาดว่าจะส่งผลทำให้ทำให้ตัวแปรตาม (ความคิดเห็นของราษฎรต่อการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งระหว่างคนกับช้างป่าโดยการขุดคู บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา) แตกต่างกัน ทดสอบสมมติฐานเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อความคิดเห็นของราษฎร โดยการใช้สถิติ t-test กับตัวแปรอิสระที่แบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม และใช้สถิติ F-test กับตัวแปรอิสระที่แบ่งกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่มขึ้นไป กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ 0.05 ($p = 0.05$) ผลการทดสอบสมมติฐานมีดังต่อไปนี้ (Table 2)

1. ปัจจัยที่มีผลความคิดเห็นของราษฎร คือ ระดับความเสียหายที่เกิดจากช้างป่า ประชาชนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับความเสียหายในแต่ละระดับที่ต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการแก้ปัญหาช้างป่าโดยการขุดคูที่ต่างกัน ผู้ที่ได้รับผลกระทบมากย่อมมีความคิดเห็นไปในทางที่ไม่เห็นด้วยมากกว่าผู้ที่ได้รับผลกระทบน้อยกว่า

2. ปัจจัยที่ไม่มีผลต่อความคิดเห็นของราษฎร ได้แก่

2.1 เพศ พบว่าเพศต่างกันมีความคิดเห็นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่าราษฎรเพศหญิงกับเพศชาย มีความคิดเห็นไม่แตกต่างกัน

2.2 อายุ พบว่าอายุแตกต่างกันมีความคิดเห็นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ อาจมีสาเหตุมาจากคูกันช้างที่ดำเนินการไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการแก้ไขปัญหาช้างป่าในพื้นที่ได้ ทำให้ราษฎรแต่ละช่วงอายุ มีความคิดเห็นไปในแนวทางเดียวกันคือเห็นด้วยน้อย

2.3 ระดับการศึกษา พบว่าระดับการศึกษาที่แตกต่างกันมีความคิดเห็นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้แสดงให้เห็นว่าราษฎรมีระดับการศึกษาระดับใดก็ตามไม่มีผลทำให้ระดับความคิดเห็นของราษฎรแตกต่างกัน สอดคล้องกับ (ประทีป, 2547) ศึกษาความคิดเห็นของราษฎรต่อแนวทางแก้ไขปัญหาช้างป่ากุยบุรีอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอกุยบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่าการที่ราษฎรจะมีระดับการศึกษาที่แตกต่างกันไม่มีผลให้ความคิดเห็นแตกต่างกัน

2.4 ระยะเวลาการตั้งถิ่น พบว่าระยะเวลาการตั้งถิ่นฐานที่แตกต่างกันมีความคิดเห็นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ 0.05 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้แสดงให้เห็นถึงไม่ว่าราษฎรจะมีระยะเวลาการตั้งถิ่นฐานมากหรือน้อย ไม่ทำให้มีความคิดเห็นแตกต่างกัน สอดคล้องกับ (เพ็ญศรีและสันติสุข, 2557) ศึกษาความคิดเห็นของราษฎรต่อกองทุนช่วยเหลืออาหารช้างป่าแห่งประเทศไทย: กรณีศึกษาเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าคลองเครือหวายเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดจันทบุรี พบว่าการที่ราษฎรมีระยะเวลาการตั้งถิ่นฐานที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลให้ความคิดเห็นของราษฎรแตกต่างกัน

2.5 อาชีพหลัก พบว่าอาชีพหลักที่แตกต่างกันมีความคิดเห็นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ ดังนั้นอาชีพหลักของราษฎรที่แตกต่างกัน ไม่ทำให้มีความคิดเห็นแตกต่างกัน สอดคล้องกับ (สดายุ, 2549) ศึกษาความคิดเห็นของราษฎรต่อโครงการปลูกป่าชายเลยถาวรเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ ในวโรกาสทรงพระชนมายุ 72 พรรษา ตำบลเทพกระษัตรี อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต พบว่าอาชีพหลักที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลให้ความคิดเห็นของราษฎรแตกต่างกัน

2.6 รายได้ พบว่ารายได้ที่แตกต่างกันมีความคิดเห็นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

0.05 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้แสดงให้เห็นว่ารายได้ของราษฎรที่แตกต่างกันไม่ส่งให้ความคิดเห็นของราษฎรแตกต่างกัน สอดคล้องกับ (บุญลือ, 2546) ศึกษาความคิดเห็นของราษฎรที่มีต่อบทบาทของพระสงฆ์ในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติน้ำพอง อำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น พบว่ารายได้ของราษฎรไม่มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นของราษฎร

2.7 ขนาดพื้นที่ถือครอง พบว่าขนาดพื้นที่ถือครองที่แตกต่างกันมีความคิดเห็นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่าการมีขนาดพื้นที่ถือครองที่แตกต่างกันนั้น

ไม่ทำให้ความคิดเห็นแตกต่างกัน เพราะการได้รับความเสียหายจากช้างป่าของราษฎรอยู่ในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน เมื่อเทียบกับขนาดพื้นที่ถือครองทั้งหมด สอดคล้องกับ (จงรัก, 2545) ศึกษาความคิดเห็นด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของสมาชิกกลุ่มอนุรักษ์ป่าต้นน้ำคลองคราม อำเภอกาญจนดิษฐ์ และอำเภอดอนสัก จังหวัดสุราฎร์ธานี พบว่าขนาดพื้นที่ถือครองที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อความคิดเห็นของราษฎรแตกต่างกัน

2.8 การได้รับ/ไม่ได้รับความเสียหายจากช้างป่า พบว่าการได้รับ/ไม่ได้รับความเสียหายจากช้างป่าที่แตกต่างกันทำให้ความคิดเห็นของราษฎรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้แสดงให้เห็นว่าการได้รับ/ไม่ได้รับความเสียหายที่เกิดจากช้างป่า ไม่ทำให้ความคิดเห็นของราษฎรแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากราษฎรกลุ่มที่ไม่ได้รับความเสียหายจากช้างป่าได้รับทราบข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับช้างป่าออกมาทำลายพืชผลทางการเกษตรของราษฎรรายอื่นๆ จึงมีความคิดเห็นว่าการดำเนินการขุดคูกันช้างนั้นป้องกันช้างป่าได้ไม่ดีนัก เช่นเดียวกับราษฎรกลุ่มที่ได้รับผลกระทบจากช้างป่า

2.9 จำนวนชนิดพืชเกษตรที่ปลูก พบว่าการปลูกชนิดพืชเกษตรจำนวนชนิดที่แตกต่างกันมีความคิดเห็นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่าไม่ว่าราษฎรจะปลูกพืชเกษตรน้อยชนิดหรือหลากหลายชนิดเพียงใด ไม่ทำให้ความคิดเห็นแตกต่างกัน เพราะพืชเกษตรที่ช้างเข้าทำลายมากคือมันสำปะหลัง การปลูกพืชหลากหลายชนิดหากเป็นชนิดที่ช้างไม่ชอบแล้ว ผลกระทบที่เกิดจากช้างก็จะน้อยลงไปด้วย

2.10 การรับรู้แนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน พบว่าการรับรู้แนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไนที่แตกต่างกันมีความคิดเห็นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่าการรับรู้แนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไนที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลให้ความคิดเห็นแตกต่างกัน เพราะเป็นเพียงความรู้รอบตัวของแต่ละบุคคล ไม่มีความเชื่อมโยงกับความคิดเห็นของราษฎรต่อการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งคนกับช้างป่าโดยการขุดคู

Table 2 Factor affecting opinions of people on human and elephant conflict problem solution by moat around Khao Ang Rue Nai wildlife sanctuary, Chachoengsao province.

Variables	t-test	F-test	p
1. sex	0.533^{ns}		0.595
2. age		1.692^{ns}	0.151
3. education		1.118^{ns}	0.348
4. The settlement period		1.403^{ns}	0.233
5. main occupation		0.485^{ns}	0.747
6. income		0.240^{ns}	0.916
7. size of land holding		2.346^{ns}	0.054
8. have/not have damaged by wild elephants	-0.118^{ns}		0.906
9. damaged by wild elephants		3.512^{*}	0.031
10. agricultural plant species		0.989^{ns}	0.373
11. awareness borderline of Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary		1.941^{ns}	0.145

Remarks: * Significant level 0.05; ^{ns} Notsignificant level 0.05

สรุป

1. ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม สรุปได้ว่า ประชาชนตัวอย่างที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 49.33 ปี มีการศึกษาอยู่ในระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 5.07 คน มีระยะเวลาการตั้งถิ่นฐานในพื้นที่เฉลี่ย 23.82 ปี มีอาชีพเกษตรกรรม (ทำไร่/ทำนา/นำสวน) เป็นอาชีพหลัก มีอาชีพรับจ้างทั่วไปเป็นอาชีพรอง มีรายได้รวมของครัวเรือนต่อปีเฉลี่ย 130,210 บาท มีรายจ่ายรวมของครัวเรือนต่อปีเฉลี่ย 110,040 บาท มีที่ดินทำกินเฉลี่ย 23.60 ไร่ จำนวนที่ดินทำกินที่ราษฎรต้องการเพิ่มเฉลี่ย 19.58 ไร่ นิยมปลูกมันสำปะหลัง เคยถูกช้างป่าเข้าทำลายพืชผลทางการเกษตร ร้อยละ 68.8 ความเสียหายจากการที่ช้างป่าเข้ามาเหยียบย่ำกัดกินพืชผลทางการเกษตร มีค่าเฉลี่ย 19.60 ครั้ง/ปี จำนวน 4.35 ไร่ 7.58 ต้น 27,879 บาท มีการรับรู้แนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไนเป็นอย่างดี และได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับช้างป่าเข้าบุกรุกทำลายพืชผลทางการเกษตรจากญาติพี่น้องหรือเพื่อนบ้าน

2. ระดับความคิดเห็นของราษฎร สรุปได้ว่าอยู่ในระดับเห็นด้วยน้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.87 จำแนกออกเป็นรายด้าน ดังนี้ (1) ด้านความเหมาะสมของคู มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.61 (เห็นด้วยน้อย) (2) ด้านการลดปัญหาต่อชุมชน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.80 (เห็นด้วยน้อย) (3) ด้านส่งเสริมสภาพเศรษฐกิจ สังคม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.89 (เห็นด้วยน้อย) (4) การป้องกันรักษาพื้นที่อนุรักษ์การป้องกันช้างป่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.01 (เห็นด้วยน้อย) และ (5) ความยั่งยืนของการแก้ปัญหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.89 (เห็นด้วยน้อย)

3. ปัจจัยที่มีผลต่อความคิดเห็นของราษฎร สรุปได้ว่า ระดับความเสียหายที่เกิดจากช้างป่า เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความคิดเห็นของราษฎร ต่อการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งคนกับช้างป่าโดยการขุดคู บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

4. ข้อเสนอแนะ มีดังนี้ 1) ความคิดเห็นของราษฎรต่อการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งคนกับช้างป่าโดยการขุดคู บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา อยู่ในระดับเห็นด้วยน้อย เนื่องจากคูที่ขุดไม่สามารถกันช้างป่าได้เท่าที่ควร ดังนั้น จึง

ควรปรับปรุงคูกันช้างให้อยู่ในสภาพเหมาะสมสำหรับป้องกันช้างป่าอย่างมีประสิทธิภาพ (กว้าง 5 เมตร ลึก 2 เมตร) และควรมีการปรับปรุงซ่อมแซมและขุดลอกคูไม่ให้เกิดการตื้นเขินอย่างสม่ำเสมอ 2) ควรมีการใช้วิธีการอื่นร่วมกับการขุดคู เพื่อแก้ไขปัญหาความขัดแย้งคนกับช้างป่า เช่น การทำรั้วไฟฟ้า การจัดชุดลาดตระเวนไล่ช้างป่า การสร้างแหล่งน้ำแหล่งอาหารในพื้นที่ให้เพียงพอ เป็นต้น 3) ควรมีการตรวจตราลาดตระเวน พร้อมกับเก็บข้อมูลการออกมานอกพื้นที่ของช้างป่าอย่างต่อเนื่อง เพื่อปรับปรุงสภาพของคูกันช้างให้มีประสิทธิภาพ 4) ควรมีปรับเปลี่ยนพืชเกษตรที่ช้างชอบตามแนวขอบเขตป่า โดยเฉพาะมันสำปะหลัง ยางพารา ข้าว ซึ่งมีผลต่อการออกมานอกพื้นที่ เป็นพืชที่ช้างป่าไม่ชอบ เช่น พริก มะนาว สวนสัก เป็นต้น 5) ควรศึกษาเปรียบเทียบความคิดเห็นต่อคูกันช้างของราษฎรในจังหวัดต่างๆ ได้แก่ จังหวัดจันทบุรี สระแก้ว และชลบุรี เนื่องจากมีการขุดคูกันช้างเพื่อแก้ไขปัญหาความขัดแย้งเช่นเดียวกัน และยังไม่เคยมีการศึกษามาก่อน

คำนิยม

ขอขอบคุณประชาชนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 5 หมู่บ้าน สถานีวิจัยสัตว์ป่าฉะเชิงเทราที่เอื้อเผื่อสถานที่ในการพักอาศัยในระหว่างการเก็บข้อมูล รวมทั้งขอบคุณคณะทีมงานศึกษาวิจัยทุกท่านที่สละเวลาอันมีค่า ช่วยเก็บแบบสอบถามจนครบถ้วน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. 2555. **รายงานเกี่ยวกับสถานการณ์ช้างป่าออกมาทำลายพืชผลของราษฎร**. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

คณะวนศาสตร์. 2556. **แผนการอนุรักษ์และแก้ปัญหาช้างในประเทศไทย**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จงรัก ทรงรัตนพันธุ์. 2545. **ปัจจัยที่มีผลต่อความคิดเห็นด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของสมาชิกกลุ่มอนุรักษ์ป่าต้นน้ำคลองคราม อำเภอกาญจนดิษฐ์และอำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญลือ พูลนิล. 2546. **ความคิดเห็นของราษฎรที่มีต่อบทบาทของพระสงฆ์ในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติน้ำพอง อำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประทีป ลิสกุลรักษ์. 2547. **ความคิดเห็นของราษฎรต่อแนวทางการแก้ไขปัญหาช้างป่ากุยบุรีของโครงการอนุรักษ์ และฟื้นฟูสภาพป่าบริเวณป่าสงวนแห่งชาติป่ากุยบุรี อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอกุยบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เพ็ญศรี พิพัฒน์ และสันติ สุขสะอาด. 2557. ความคิดเห็นของราษฎรต่อกองทุนช่วยเหลืออาหารช้างป่าแห่งประเทศไทย กรณีศึกษาเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าคลองเครือหวายเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดจันทบุรี. **วารสารวนศาสตร์** 33 (2) : 113-122

ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ และ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน. 2555. **แผนการจัดการพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน ฉบับที่ 2 ระยะเวลา 5 ปี (2555 - 2560)**. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สดายุ สุทธิมาส. 2549. **ความคิดเห็นของราษฎรต่อโครงการปลูกป่าชายเลนถาวรเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถในวโรกาสทรงพระชนมายุ 72 พรรษา ตำบลเทพ**

กษัตรี อำเภอฉลาง จังหวัดภูเก็ต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุบงกช จามีกร. 2526. **สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์**. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Conbach, W.G. 1977. **Sampling Techniques**. 3rd ed. New York: John Wiley and Sons Inc.

Likert, R. 1932. A Technique for the Measurement of Attitudes. **Archives of psychology** 140 (1): 1-55

Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introductory Analysis**. 3rd ed. Harper International Edition, Tokyo.

คำแนะนำสำหรับผู้เขียนวารสารวนศาสตร์

(http://frc.forest.ku.ac.th)

วารสารวนศาสตร์ เป็นวารสารทางวิชาการป่าไม้ จัดทำโดยศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำหนดพิมพ์เผยแพร่ทุก 6 เดือน (ปีละ 2 ฉบับ) วัตถุประสงค์เพื่อพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยทางป่าไม้สาขาต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยวารสารนี้มีการเผยแพร่ไปยังห้องสมุดของสถาบันและหน่วยงานต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศ

การส่งต้นฉบับ ต้นฉบับต้องไม่เคยลงตีพิมพ์และไม่ได้อยู่ระหว่างกระบวนการพิจารณาลงตีพิมพ์ในวารสารหรือสิ่งตีพิมพ์อื่นใด ผลงานจัดอยู่ในงานเขียนประเภทหนึ่ง ดังต่อไปนี้ **(1) นิพนธ์ต้นฉบับ (original article)** เป็นการเสนอผลงานวิจัยแบบสมบูรณ์ที่ผู้เขียนได้ดำเนินการวิจัยด้วยตนเอง **(2) short communications** เป็นงานวิจัยที่น่าสนใจหรือการค้นพบสิ่งใหม่แต่มีเนื้อหาสมบูรณ์น้อยกว่า และ **(3) บทความ (review article)** เป็นบทความทางวิชาการที่นำเสนอสาระซึ่งผ่านการวิเคราะห์หรือประมวลจากการตรวจเอกสาร ทั้งนี้เรื่องที่เป็นนิพนธ์ต้นฉบับ และ short communications จะได้รับพิจารณาให้ลงตีพิมพ์ก่อนเรื่องที่เป็นบทความ

การเตรียมต้นฉบับ

ต้นฉบับ

ต้นฉบับเขียนเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ ควรมีการตรวจทานการใช้ภาษาและคำสะกดต่างๆ อย่างถี่ถ้วนก่อนนำเสนอ ความยาวไม่เกิน 12 หน้า กระดาษ A4 (ไม่รวมหน้าแรก)

การพิมพ์

1. การพิมพ์ใช้ตัวอักษร Angsana New ขนาด 16 สำหรับภาษาไทย และ Time New Roman ขนาด 11 สำหรับภาษาอังกฤษ
2. หัวข้อหลัก เช่น คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ฯลฯ ใช้อักษรตัวหนาและจัดกึ่งกลางหน้า ถ้าเรื่องที่เขียนเป็นภาษาอังกฤษ หัวข้อหลักใช้ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ เช่น **ABSTRACT INTRODUCTION** เป็นต้น
3. หัวข้อย่อย ใช้อักษรตัวหนาและจัดชิดซ้าย
4. ใส่หมายเลขหน้าข้างขวาบน
5. ใส่หมายเลขบรรทัด (เริ่มแต่ละหน้าใหม่)

รายละเอียดของเนื้อหา

หน้าแรก (Title page) *เป็นหน้าที่แยกออกจากเนื้อหาอื่นๆ* ประกอบด้วย

1. **ชื่อเรื่อง** เรื่องที่เขียนเป็นภาษาไทย ให้ระบุชื่อเรื่องทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรกระชับและตรงกับเนื้อเรื่อง จัดให้อยู่กึ่งกลางหน้ากระดาษ
2. **ชื่อผู้เขียน** เรื่องที่เขียนเป็นภาษาไทย ใช้ชื่อเต็มทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่ต้องระบุเพศ ยศ ตำแหน่ง
3. **สถานที่ทำงานของผู้เขียน** ให้ระบุสถานที่ทำงานและที่อยู่ของผู้เขียนทุกท่านทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พร้อมระบุที่อยู่ที่ติดต่อได้ของผู้เขียนหลัก (corresponding author) พร้อมเบอร์โทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail address

เนื้อหา ประกอบด้วยหัวข้อหลัก ดังนี้

1. **บทคัดย่อ** สรุปสาระสำคัญของผลงานไว้โดยครบถ้วน และมีความยาวไม่เกิน 300 คำ เรื่องที่เขียนเป็นภาษาไทย ต้องมีบทคัดย่อเป็นภาษาอังกฤษ (**ABSTRACT**) ด้วย (ภาษาอังกฤษก่อนและตามด้วยภาษาไทย) ให้ระบุ Keywords จำนวนไม่เกิน 5 คำไว้ในตอนท้ายบทคัดย่อภาษาอังกฤษด้วย
2. **คำนำ** อธิบายความสำคัญของปัญหา การตรวจเอกสาร (literature review) เฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเท่านั้น และวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ในกรณีงานวิจัยทางสังคมศาสตร์อาจเพิ่มเติมขอบเขตการวิจัย กรอบแนวคิดการวิจัย และสมมติฐานการวิจัย (ถ้ามี)
3. **อุปกรณ์และวิธีการ** เขียนให้รัดกุม ไม่พรรณนาวิธีการวิเคราะห์ ใช้วิธีการอ้างอิงชื่อหรือองค์กร เช่น ใช้ตามวิธีของ AOAC (1990)
4. **ผลและวิจารณ์** ผลการทดลองและวิจารณ์ผลเขียนรวมกัน
5. **สรุป** ให้ยกใจความสำคัญที่ได้จากการวิจัยรวมถึงการวิจารณ์ผลที่ได้จากการวิจัย
6. **คำนิยม** (ถ้ามี) ไม่ควรเกิน 50 คำ
7. **เอกสารและสิ่งอ้างอิง** หลักเกณฑ์และรูปแบบการเขียนเอกสารและสิ่งอ้างอิงให้ยึดตามคู่มือวิทยานิพนธ์สายวิทยาศาสตร์ ปีล่าสุดของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สามารถดาวน์โหลดได้ที่ www.grad.ku.ac.th/thesis/template_ss.php ก่อนส่งต้นฉบับควรตรวจทานการอ้างอิงในเนื้อหาและในท้ายบทให้ตรงกัน และถูกต้องตามหลักเกณฑ์ที่ระบุไว้ในคู่มือดังกล่าว
   7.1 การอ้างอิง (citation) ในเนื้อหาใช้ระบบ name-and-year system
   7.2 การเรียงลำดับเอกสารเรียงอ้างอิงตามลำดับตัวอักษรชื่อผู้เขียน เอกสารภาษาไทยและตามด้วยเอกสารภาษาอังกฤษ เอกสารทั้งหมดที่ถูกอ้างอิงในเนื้อหาต้องปรากฏในรายการเอกสารและสิ่งอ้างอิง
   7.3 การเขียนเอกสารและสิ่งอ้างอิงภาษาไทย ชื่อผู้เขียนใช้ชื่อและนามสกุลเต็ม
   7.4 การเขียนเอกสารและสิ่งอ้างอิงที่เป็นภาษาต่างประเทศ ชื่อผู้เขียนให้เขียนนามสกุลก่อนและตามด้วยชื่ออื่นๆ ซึ่งย่อเฉพาะอักษรตัวแรก
   7.5 ตัวอย่างการเขียนเอกสารและสิ่งอ้างอิง

หนังสือ และตำรา

นิวัติ เรืองพานิช. 2535. **วิทยาศาสตร์ทุ่งหญ้า.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชรินทร์ สมาธิ. 2528. **การวิเคราะห์ผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิของไม้เสม็ดขาวในป่าพรุ จังหวัดนราธิวาส.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Kramer, P. J. and T. T. Kozlowski. 1979. **Physiology of Woody Plants**. Academic Press, Inc., New York.

วารสาร

จิระศักดิ์ ชูความดี, อภิรักษ์ อนันต์ศิริวัฒน์, วิจารณ์ มีผล, จิระ จิตตนุกูล และ สนใจ หะวานนท์. 2542. การศึกษาการกระจายของป่าพรุในประเทศไทย. **วารสารวิชาการป่าไม้** 1 (1): 23-32

Kongsom, C. and I. A. Munn. 2003. Optimum rotation of *Eucalyptus camaldulensis* plantations in Thailand based on financial return and risk. **Thai J. For.** 22 (1): 29-35.

รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ

พูนพิภพ เกษมทรัพย์, รวี เสรฐภักดี, เพ็น สายขุนทด, เจษฎา ภัทรเลอพงษ์ และพัชรียา บุญกอแก้ว. 2537. การประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์จากความเขียวของใบพืชบางชนิดในประเทศไทย, น. 114-129. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32 (สาขาพืช)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Nikles, D. G. 1993. Breeding methods for production of interspecific hybrids in clonal selection and mass propagation programmes in the tropics and subtropics, pp. 218-252. *In* J. Davidson, ed. **Regional Symposium on Recent Advances in Mass Clonal Multiplication of Forest Trees for Plantation Programmes.** December 1-8, 1992. FAO/UN, Bogor.

ข้อมูลสารสนเทศจากแหล่งข้อมูลอิเลคทรอนิกส์

เจิดนภางค์ ไชยเลิศ, สันติ สุขสอาด, วุฒิพล หัวเมืองแก้ว และวีระศักดิ์ อุดมโชค. 2548. การประเมินมูลค่าการใช้ประโยชน์ทางตรงจากพื้นที่ลุ่มน้ำทีม อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี. **ว.เกษตรศาสตร์ (สังคม).** แหล่งที่มา: http://www.rdi.ku.ac.th/ KU_Journal/Social/doc/KUSoc26(2).pdf, 27 กรกฎาคม 2548.

Sillery, B. 1998. Urban rain forest: An African jungle come to life on New York's west side. **Popular Sci.** Available source: http://www.epnet.com/hosttrial/ligin.htm, March 27, 1998.

8. **ภาพ (Figure) และตาราง (Table) ต้องมีเนื้อหาและคำอธิบายเป็นภาษาอังกฤษ** ไม่ควรมีมากนัก ให้แสดงเฉพาะข้อมูลที่สำคัญและจำเป็น **และขอให้แยกไฟล์ภาพและตารางออกจากเนื้อหา** ในกรณีภาพที่เป็นกราฟหรือภาพถ่ายขอให้ส่งต้นฉบับตัวจริงมาด้วย

การแจ้งจำนงผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ผู้เขียนต้องแจ้งจำนงถึงความต้องการให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาบทความจำนวน 3 ท่าน โดยลงรายละเอียดในแบบเสนอต้นฉบับ

ข้อแนะนำในการใช้ภาษา

1. ใช้คำศัพท์ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถานและประกาศของราชบัณฑิตยสถาน
2. การใช้ศัพท์บัญญัติทางวิชาการ ควรใช้ควบคู่กับศัพท์ภาษาอังกฤษ ในครั้งแรกที่ปรากฏในเอกสาร
3. การเขียนชื่อเฉพาะหรือคำแปลจากภาษาต่างประเทศ ควรพิมพ์ภาษาเดิมของชื่อนั้นๆ ไว้ในวงเล็บ ในครั้งแรกที่ปรากฏในเอกสาร
4. ไม่ควรใช้ภาษาต่างประเทศในกรณีที่มีภาษาไทยอยู่แล้ว
5. รักษาความสม่ำเสมอในการใช้คำศัพท์และตัวย่อ โดยตลอดทั้งบทความ

กระบวนการพิจารณาบทความ

การพิจารณากลั่นกรองบทความ (peer review ทุกบทความจะได้รับการกลั่นกรองเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการเพื่อพิจารณาถึงความสำคัญของบทความ ความเหมาะสมต่อวารสารวนศาสตร์ รวมถึงคุณภาพเนื้อหาทางด้านวิทยาศาสตร์และข้อมูลที่นำเสนอ บทความที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจะถูกปฏิเสธ (reject) โดยไม่จำเป็นต้องส่งพิจารณาตรวจทาน ส่วนบทความที่ผ่านเกณฑ์เบื้องต้นจะถูกส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิ (referee) ในแต่ละสาขาทำการพิจารณากลั่นกรอง

(peer review) โดยชื่อของผู้ประพันธ์และผู้ทรงคุณวุฒิจะถูกปิดเป็นความลับ ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิจะได้รับการทบทวนจากกองบรรณาธิการ และส่งต่อไปยังผู้ประพันธ์เพื่อดำเนินการเปลี่ยนแปลงบทความตามคำแนะนำดังกล่าวและส่งผลงานที่ปรับแก้ไขแล้วมายังกองบรรณาธิการเพื่อตัดสินใจขั้นสุดท้ายสำหรับการยอมรับ (accept) หรือ (reject) บทความ ปกติการพิจารณาทบทวนบทความใช้เวลาประมาณ 3 เดือน นับจากวันที่ส่งบทความ หากเกินกว่ากำหนดนี้ผู้ประพันธ์สามารถสอบถามมายังกองบรรณาธิการเพื่อทราบความเหตุผลได้

บทความที่ถูกปฏิเสธ (rejected manuscripts) ทางกองบรรณาธิการจะส่งคืนเอกสารทั้งหมดรวมถึงข้อคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิให้กับผู้ประพันธ์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงและส่งผลงานไปตีพิมพ์ยังวารสารอื่นๆ ที่มีความเหมาะสม

บทความที่ได้รับการยอมรับ (accept manuscripts) ทางกองบรรณาธิการจะส่งร่างบทความสำหรับตีพิมพ์ให้กับผู้ประพันธ์เพื่อพิสูจน์ความถูกต้อง (corrected proof) จากนั้นผู้ประพันธ์จะได้รับแจ้งกำหนดเวลาการตีพิมพ์บทความนั้น

การส่งต้นฉบับ

ผู้เสนอจัดส่งต้นฉบับ (manuscript) 4 ชุด และแบบเสนอต้นฉบับ (submission form) 1 ชุด พร้อมส่งไฟล์ต้นฉบับโดยบันทึกข้อมูลลงแผ่น (diskette/CD) ในรูป Microsoft Office Word 2003/2007/XP File สามารถดาวน์โหลดแบบฟอร์มได้ที่ http://www.tjf.forest.ku.ac.th ส่งมาที่ กองบรรณาธิการวารสารวนศาสตร์ ศูนย์วิจัยป่าไม้ ชั้น 5 อาคารวนศาสตร์ 72 ปี คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900 หรือที่ ตู้ ปณ. 1018 ปณฝ. เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10903

หมายเหตุ 1 เอกสารที่มีการเตรียมต้นฉบับไม่ถูกต้องตามข้อแนะนำจะไม่ได้รับการพิจารณา

2. ทางวารสารฯ ขอสงวนสิทธิ์ที่จะไม่คืนเอกสารข้างต้นให้ผู้เขียนไม่ว่ากรณีใดๆ



รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาต้นฉบับ
วารสารวนศาสตร์ คณะวนศาสตร์ ปีที่ 36 (ฉบับที่ 1-2) ประจำปี 2560
ก. ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย

1.	ศ.ดร.อภิชาต ภัทรธรรม	นักวิชาการอิสระ	
2.	รศ.ดร.อุทิศ กุฎอินทร์	นักวิชาการอิสระ	
3.	รศ.ดร.สันต์ เกตุปราณีต	นักวิชาการอิสระ	
4.	รศ.ดร.ดุสิต เวชกิต	สถาบันวิจัยและพัฒนา	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
5.	รศ.อนันต์ชัย เชื่อนธรรม	นักวิชาการอิสระ	
6.	ผศ.ดร.บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์	ที่ปรึกษา	มูลนิธิโครงการหลวง
7.	ผศ.ดร.นุชจรินทร์ เหลืองสะอาด	ภาควิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
8.	ผศ.ดร. ธนากร ลัทธิถีระสุวรรณ	สาขาวิชาเกษตรป่าไม้	มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ
9.	ผศ.ดร. พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
10.	ดร.นิทัศน์ ทิพยโสตนัยนา	ภาควิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
11.	ดร.พันธนา ตอเงิน	คณะวิทยาศาสตร์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
12.	ดร.เชิดชัย โพธิ์ศรี	คณะวิทยาศาสตร์	มหาวิทยาลัยนครพนม
13.	ดร.เชาวลิต ศิลปทอง		สำนักงานเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)
14.	ดร.อำไพ พรลีแสงสุวรรณ	สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้	กรมป่าไม้
15.	ดร.สุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ	สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้	กรมป่าไม้
16.	ดร.วรพรรณ หิมพานต์	สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้	กรมป่าไม้
17.	นางพรพิมล อมรโชติ	สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้	กรมป่าไม้
18.	นายชิงชัย วิริยะบัญชา	สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช	กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

ใบสมัคร
สมาชิกวารสารวนศาสตร์

วารสารวนศาสตร์ เป็นเอกสารทางวิชาการของคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีกำหนดออกปีละ 3 ครั้ง ในเดือนเมษายน, สิงหาคม และเดือนธันวาคม ค่าสมัครเป็นสมาชิกปีละ 200 บาท (รวมค่าส่งภายในประเทศ)

✂.....

กรุณากรอกข้อความลงในแบบฟอร์มนี้

ชื่อ-สกุล .....

ที่อยู่ .....

.....

รหัสไปรษณีย์ .....

อัตราค่าสมาชิก "วารสารวนศาสตร์"

- ❍ อัตราค่าสมาชิกวารสารราย 2 ปี จำนวนเงิน 400 บาท (4 ฉบับ)
- ❍ อัตราค่าสมาชิกวารสารราย 3 ปี จำนวนเงิน 600 บาท (6 ฉบับ)
- ❍ อัตราค่าสมาชิกวารสารราย 5 ปี จำนวนเงิน 1,000 บาท (10 ฉบับ)

การส่งเงินค่าสมัครสมาชิก

1. **เงินสด** (กรณีสมัครด้วยตัวเอง)
2. **โอนเงินธนาคารทหารไทย จำกัด (มหาชน)** สาขามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
   ชื่อบัญชี : ศูนย์วิจัยป่าไม้ (FRC) คณะวนศาสตร์ มก. บัญชีเงินฝากออมทรัพย์ เลขที่บัญชี 069-2-50360-0
   (พร้อมแฟกซ์สำเนาใบโอนเงินพร้อมใบสมัครสมาชิกมาที่ งานวารสาร โทรสาร 02-579-1977
   หรือ 02-942-8899)
3. **สั่งจ่ายธนาณัติ** หัวหน้ากองบรรณาธิการวารสารวนศาสตร์
   ตู้ ปณ. 1018 ปณฝ. เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10903

สอบถามรายละเอียดการสมัครเพิ่มเติมได้ที่

ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถนนงามวงศ์วาน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ 0-2561-4761, 0-2942-8899

ลงชื่อ.....ผู้สมัคร

(.....)

...../...../.....