นิพนธ์ต้นฉบับ

การทบทวนเกี่ยวกับมดสกุลย่อยมดหนามเคียว (Hymenoptera: Formicidae: Formicinae) ในประเทศไทย

A Revision of the Ant Subgenus *Polyrhachis* Fr. Smith (Hymenoptera: Formicidae: Formicinae) in Thailand

วียะวัฒน์ ใจตรง[1]
เดชา วิวัฒน์วิทยา[2]
ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์[3]
วัฒนชัย ตาเสน[2*]

Weeyawat Jaitrong[1]
Decha Wiwatwitaya[2]
Piyawan Suttiprapan[3]
Wattanachai Tasen[2*]

[1]พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยา องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ เทคโนธานี คลองห้า คลองหลวง ปทุมธานี 12120
Natural History Museum, National Science Museum, Technopolis, Khlong 5, Khlong Luang, Pathum Thani 12120, Thailand
[2]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพ ฯ
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[3]คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand
*Corresponding Author, E-mail: fforwct@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 26 ธันวาคม 2560 รับลงพิมพ์ 22 มกราคม 2561

ABSTRACT

The members of the ant subgenus *Polyrhachis* in Thailand are revised. Four species of the subgenus are recognized in the country. They belong to the following two species-groups: *Polyrhachis lamellidens* species-group (*P. craddocki* Bingham) and *Polyrhachis bihamata* species-group (*P. bihamata* (Drury), *P. olybria* Forel and *P. ypsilon* Emery). *Polyrhachis craddocki* is newly recorded from Thailand. Many new localities are given for the other three species. A key to species is provided based on the worker caste. Morphological and ecological information are presented for each species. Lastly, distribution pattern of the four species are given.

Keywords: subgenus *Polyrhachis*, taxonomy, distribution

บทคัดย่อ

ทำการทบทวนเกี่ยวกับมดสกุลย่อยมดหนามเคียวในประเทศไทย ซึ่งพบทั้งหมด 4 ชนิด สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มชนิด ดังนี้ 1) *Polyrhachis lamellidens* species-group (มดหนามเคียวดำ) และ 2) *Polyrhachis bihamata* species-group (มดหนามเคียวใหญ่ มดหนามเคียวเล็ก และมดหนามเคียวห่าง) มดหนามเคียวดำเป็นชนิดที่ถูกรายงาน

ครั้งแรกในประเทศไทย ผู้วิจัยรายงานเพิ่มเติมเกี่ยวกับพื้นที่เก็บตัวอย่างแหล่งใหม่หลายพื้นที่สำหรับมดหนามเคียว 3 ชนิด ที่เคยมีการรายงานไว้แล้วในประเทศไทย นอกจากนี้ได้จัดทำรูปวิธานการจำแนกชนิดพร้อมทั้งคำบรรยายลักษณะและนิเวศวิทยาของมดแต่ละชนิดไว้ และท้ายที่สุดได้รายงานรูปแบบการแพร่กระจายของมดทั้งสี่ชนิดไว้ด้วย

คำสำคัญ: สกุลย่อยมดหนามเคียว อนุกรมวิธาน การแพร่กระจาย

คำนำ

มดสกุลย่อยมดหนามเคียว (subgenus *Polyrhachis*) เป็นสกุลย่อยหนึ่งของมดสกุล *Polyrhachis* มีขนาดลำตัวใหญ่เมื่อเทียบกับมดสกุลย่อยอื่นๆ อีก 12 สกุลย่อยที่ถูกจัดอยู่ภายในสกุลเดียวกันนี้ (Dorow, 1995; Antwiki, 2017) มีหนามลักษณะคล้ายตะขออยู่บนอกปล้องที่ 1 และปล้องที่ 2 และมีหนามคล้ายเคียวเกี่ยวข้าวอยู่ด้านบนของเอว ทั่วโลกพบมดสกุลย่อยมดหนามเคียวทั้งสิ้น 11 ชนิด แพร่กระจายอยู่ในประเทศอินเดีย จีน ญี่ปุ่น ไต้หวัน ประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ นิวกินี ตลอดถึงประเทศออสเตรเลีย (Bolton, 1995; Dorow, 1995; Antwiki, 2017) สำหรับในประเทศไทย Jaitrong and Nabhitabhata (2005) รายงานไว้เพียง 3 ชนิด ได้แก่ มดหนามเคียวใหญ่ (*Polyrhachis bihamata* (Drury, 1773)) มดหนามเคียวเล็ก (*Polyrhachis olybria* Forel, 1912) ซึ่งเคยถูกจำแนกผิดเป็นชื่อ *Polyrhachis bellicosa* (Fr. Smith, 1859) และมดหนามเคียวห่าง (*Polyrhachis ypsilon* Emery, 1887) จากการศึกษาตัวอย่างมดที่เก็บรักษาไว้ในพิพิธภัณฑ์ต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศ รวมถึงจากการสำรวจในภาคสนามทั่วทุกภาคของประเทศ ตั้งแต่ พ.ศ. 2540-2560 เป็นเวลาประมาณ 20 ปี ผู้วิจัยพบชนิดมดสกุลย่อยนี้เพิ่มเติมจากที่รายงานไว้โดย Jaitrong and Nabhitabhata (2005) อีก 1 ชนิด คือ มดหนามเคียวดำ (*Polyrhachis craddocki* Bingham, 1903)

Kohout (2014) ได้ทำการทบทวนเกี่ยวกับมดสกุลย่อยนี้ทุกชนิดในโลก ซึ่งถือเป็นรายงานที่ได้รับการยอมรับในระดับนานาชาติ แต่อย่างไรก็ตามเพื่อให้ง่ายต่อการจำแนกชนิดมดสำหรับประชาชนไทยทั่วไป ผู้วิจัยจึงทำการทบทวนเกี่ยวกับอนุกรมวิธาน การแพร่กระจาย และนิเวศวิทยาบางประการของมดสกุลย่อยมดหนามเคียวที่พบในประเทศไทย โดยค้นหาลักษณะเด่นเฉพาะของมดสกุลย่อยนี้ เพื่อจัดทำรูปวิธานการจำแนกพร้อมทั้งคำบรรยายลักษณะของแต่ละชนิด ซึ่งง่ายต่อการระบุชื่อชนิดที่ถูกต้อง และทราบถึงรูปแบบการแพร่กระจายของมดสกุลย่อยนี้ในประเทศไทย และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสนับสนุนการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์ และวิธีการ

การรวบรวมข้อมูล

ศึกษาตัวอย่างแห้งที่เก็บรักษาไว้ ณ แหล่งเก็บรักษาตัวอย่าง 4 แห่ง ได้แก่ พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยา องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ (THNHM) พิพิธภัณฑ์มด คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (AMK) กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช (NWPD) และสถานที่เก็บรักษาตัวอย่างส่วนตัวของ Professor Dr. Seiki Yamane ประเทศญี่ปุ่น (SKYC) จำนวน 198 ตัว ซึ่งเป็นตัวอย่างมดสกุลย่อยมดหนามเคียว *Polyrhachis* (*Polyrhachis*) ที่เก็บได้จากทั่วทุกภาคของประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540-2560

การจำแนก

นำตัวอย่างมดสกุลย่อยมดหนามเคียวทั้งหมดที่พบในประเทศไทยเทียบกับตัวอย่างแห้งที่จำแนกชนิดแล้ว ซึ่งเก็บรักษาไว้ ณ SKYC พร้อมทั้งเทียบกับเอกสารทางวิชาการอันเป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติ ได้แก่ Emery (1925); Kohout (1988); Kohout (2014) และเทียบจากภาพตัวอย่างต้นแบบ (type specimens) ของมดหนามเคียวที่พบในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งปรากฏอยู่บน Antweb (Antweb, 2017) และทำการยืนยัน

ความถูกต้องของการจำแนกชนิดมดโดยผู้เชี่ยวชาญมดระดับนานาชาติ (Prof. Dr. Seiki Yamane) เพื่อความน่าเชื่อถือ แล้วนำข้อมูลที่ได้จัดทำรูปวิธานจำแนกมดสกุลย่อยนี้ในประเทศไทย และบรรยายลักษณะสัณฐานภายนอกพร้อมทั้งนำเสนอรูปแบบการแพร่กระจายของมดแต่ละชนิด

ตัวอย่างศึกษาที่ใช้ปรากฏอยู่หลังจากคำบรรยายลักษณะของมดแต่ละชนิด โดยนำเสนอเป็นภาษาอังกฤษตามการเขียนป้ายบันทึกข้อมูลประจำตัวอย่างมดที่เขียนเป็นภาษาอังกฤษ ซึ่งข้อมูล "ตัวอย่างศึกษา" ประกอบด้วย สถานที่เก็บตัวอย่าง (ประเทศ จังหวัด อำเภอ ตำบล หรือพื้นที่อนุรักษ์ต่างๆ ถ้ามี) วันที่เก็บตัวอย่าง ผู้เก็บตัวอย่าง หมายเลขประจำตัวมดหรือรังมด (ถ้ามี) และสุดท้ายจำนวนตัวอย่าง และสถานที่เก็บรักษาตัวอย่าง (เขียนอยู่ในวงเล็บ) ตามลำดับ

การแพร่กระจายโดยทั่วไป และการแพร่กระจายในประเทศไทย ปรากฏหลังจากหัวข้อ "ตัวอย่างศึกษา"ของมดแต่ละชนิด โดยการนำเสนอเป็นภาษาไทย

การถ่ายภาพและการศึกษาตัวอย่าง

ภาพมดหนามเคียวดำ ดำเนินการถ่ายภาพ ณ คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล โดยด้วยกล้อง NiJkon MNB42100 digital ที่เชื่อมต่อกับกล้องจุลทรรศน์แบบ stereoscope รุ่น Nikon ELCIPSE E600 หลายๆ ภาพ แล้วทำการรวมภาพด้วยโปรแกรม NIS celement 3.7 สำหรับมดหนามเคียวใหญ่ มดหนามเคียวเล็ก และมดหนามเคียวห่างใช้ภาพที่ปรากฏบน Antweb (Antweb, 2017) ซึ่งเป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติ

สำหรับการศึกษาลักษณะสัณฐานภายนอกของตัวอย่าง ดำเนินการ ณ พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยา องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบ stereoscope รุ่น ZEISS Discovery.V12

คำย่อ (การวัดขนาด มาตราส่วน และอื่น ๆ)

ความยาวลำตัว (total length; TL): ความยาวลำตัว วัดจากด้านข้างลำตัว จากหัวถึงปลายส่วนท้อง

ความยาวส่วนหัว (head length; HL): ความยาวตรงกลางส่วนหัวจากขอบด้านหน้าของแผ่นเหนือริมฝีปากบนถึงขอบฐานกะโหลก

ความกว้างส่วนหัว (head width; HW): ความยาวส่วนที่กว้างที่สุดของหัวด้านหน้าตรง

ความยาวฐานหนวด (scape length; SL): ความยาวส่วนที่ยาวที่สุดของฐานหนวดโดยไม่รวมจุดที่ฐานหนวดเชื่อมต่อกับส่วนหัว

ความกว้างอกปล้องแรก (pronotal width; PW): ความยาวส่วนที่กว้างที่สุดของอกปล้องแรก โดยวัดจากทางด้านบน

สัดส่วนหัว (cephalic index; CI): [HW/HL] × 100

อัตราส่วนฐานหนวด (scape index; SI): [SL/HW] × 100

ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (above mean sea level: a.s.l.)

สวนพฤกษศาสตร์ (botanical garden: B.G.)

อำเภอ (district: Dist.)

ผู้เก็บตัวอย่าง (legit: leg.)

อุทยานแห่งชาติ (national park: N.P.)

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า (wildlife sanctuary: W.S.)

จังหวัด (province: Prov.)

คำศัพท์เฉพาะสำหรับบรรยายลักษณะมดสกุลย่อยมดหนามเคียว

การบรรยายลักษณะของมดในรายงานวิจัยนี้ใช้ลักษณะสัณฐานภายนอกของมดงาน (Figure 1 และ 2) ดังนี้

Antenna (หนวด) มีจำนวน 12 ปล้อง ปล้องที่ 1 ยาวกว่าปล้องอื่นๆ และอยู่ติดกับส่วนหัว เรียกว่าฐานหนวด หรือ scape ปล้องที่ 2 ถึงปล้องสุดท้ายเป็นปล้องสั้นๆ เรียงต่อกันเรียกว่าเส้นหนวด หรือ funiculus of antenna

Clypeus (แผ่นเหนือริมฝีปากบน) มีขนาดค่อนข้างใหญ่ อยู่ทางด้านหน้าของส่วนหัว ประกอบด้วย

ขอบแผ่นเหนือริมฝีปากบนส่วนท้าย (posterior clypeal margin) ขอบแผ่นเหนือริมฝีปากบนส่วนหน้า (anterior clypeal margin) ส่วนด้านข้างของแผ่นเหนือริมฝีปากบน (lateral portion of clypeus) และ ส่วนกลางของแผ่นเหนือริมฝีปากบน (medial portion of clypeus)

Gaster (ส่วนท้อง) เป็นส่วนท้ายสุดของมด ถัดจากเอว (petiole) มีลักษณะเป็นปล้องๆ จำนวน 5 ปล้อง เรียงต่อกัน โดยแต่ละปล้องประกอบด้วยแผ่นแข็งด้านบน (tergite) และแผ่นแข็งด้านล่าง (sternite) ประกบกัน สำหรับแผ่นแข็งด้านบนของท้องปล้องสุดท้ายเรียกว่า pygidium และแผ่นแข็งด้านล่างของท้องปล้องสุดท้ายเรียกว่า hypopygium

Mandible (กราม) มีลักษณะแบบกึ่งสามเหลี่ยม (subtriangular shape) ประกอบด้วย ขอบด้านใน (apical margin) ซึ่งมีฟันขนาดใหญ่ 5 ซี่ ขอบฐาน (basal margin) และขอบด้านนอก (external margin)

Mesosoma (อก) เป็นส่วนที่ 2 ของมดต่อจากส่วนหัว ประกอบด้วยอกที่แท้จริงจำนวน 3 ปล้อง และท้องปล้องที่ 1 เชื่อมต่อกับอกปล้องที่สามเรียกว่า propodeum หรือปล้องท้ายส่วนอก อกปล้องที่ 1 และ 2 มีหนามเป็นรูปคล้ายตะขอ ปล้องละ 1 คู่

Occipital margin (ขอบสันกะโหลก) เป็นขอบด้านท้ายขอ งส่วนหัว

Petiole (เอว) เป็นส่วนที่สามของมดต่อจาก mesosoma และก่อนถึงส่วนท้อง มีลักษณะเป็นปุ่ม ด้านบนมีหนามเป็นรูปคล้ายเคียวเกี่ยวข้างจำนวน 1 คู่ ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของมดสกุลย่อยนี้

ผลและวิจารณ์

อนุกรมวิธาน

Genus *Polyrhachis* Fr. Smith, 1857 สกุลมดหนาม

Polyrhachis Fr. Smith, 1857: 58. Type species: *Formica bihamata* Drury, 1773, by original designation.



Figure 1 Head in full-face view. A, *Polyrhachis craddocki*; B, *P. bihamata*; C, *P. olybria*; D, *P. ypsilon* (figures 1B-D: available on https://www.antweb.org/).

Subgenus *Polyrhachis* Fr. Smith, 1857 สกุลย่อยมดหนามเดียว

Polyrhachis Fr. Smith; Wheeler, 1911: 859 (as subgenus of *Myrma* Billberg). Type species: *Polyrhachis bihamata* (Drury) (by subsequent designation).

Polyrhachis (*Polyrhachis*) Fr. Smith; Wheeler, 1922: 257 (as subgenus of *Polyrhachis* Fr. Smith).

Polyrhachis (*Polyrhachis*) Fr. Smith; Emery, 1925: 181 (diagnosis of the subgenus).

มดขนาดใหญ่ ส่วนหัวรูปไข่ วงกลม หรือวงรี หนวด 12 ปล้อง ปล้องฐานหนวดยาวเลยขอบสันกะโหลกมาก ตารวมกลมและนูน เมื่อมองจากทางด้านหน้าตรง ขอบด้านข้างของตารวมไม่เลยพ้นขอบด้านข้างของส่วนหัว มีตาเดี่ยว 1-3 ดวง ดวงที่อยู่ตรงกลางมองเห็นได้ชัดเจน สองดวงที่อยู่ด้านข้างมีขนาดเล็กกว่า หรือมองเห็นไม่ชัด หรือไม่มี (บางชนิดไม่มีตาเดี่ยว) แผ่นเหนือริมฝีปากบนกว้างรูปคล้ายระฆังคว่ำ กรามรูปกึ่งสามเหลี่ยมขอบด้านในมีฟัน 5 ซี่ อกหนา ปล้องที่ 1 และ 2 มีหนามรูปคล้ายตะขอปล้องละ 1 คู่ เอว 1 ปล้อง ด้านบนมีหนามขนาดใหญ่ และแบนรูปคล้ายเคียวเกี่ยวข้าว 1 คู่ ส่วนท้องขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับส่วนอก ปลายส่วนท้องเป็นช่องเปิดรูปวงกลม ไม่มีเหล็กไน มดงานมีรูปร่างแบบเดียวกันทั้งรัง

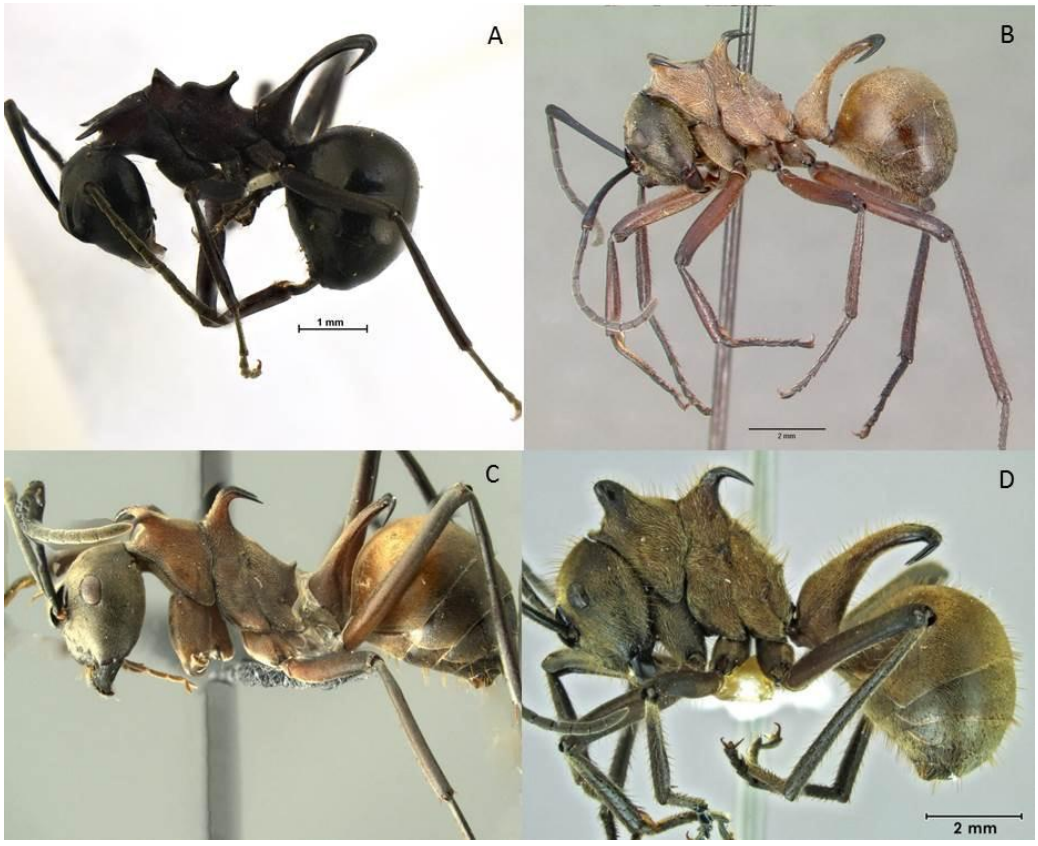


Figure 2 Body in profile. A, *Polyrhachis craddocki*; B, *P. bihamata*; C, *P. olybria*; D, *P. ypsilon* (figures 2B-D: available on https://www.antweb.org/).



Figure 3 Body from dorsal view. A, *Polyrhachis craddocki*; B, *P. bihamata*; C, *P. olybria*; D, *P. ypsilon* (figures 3B-D: available on https://www.antweb.org/).

รูปวิธานจำแนกมดสกุลย่อยมดหนามเคียว

1. ด้านข้างของส่วนอก บริเวณขอบด้านบนมีลักษณะเป็นสันตามแนวยาวลำตัว (Figure 2A) หนามบนอกปล้องที่ 2 โค้งส่วนปลายชี้ไปทางด้านข้างลำตัว ปล้องท้ายส่วนอกมีหนามยาวปลายมน 1 คู่ (Figure 2A) .... *Polyrhachis craddocki*

- ด้านข้างของส่วนอก บริเวณขอบด้านบนโค้งมนไม่เป็นสัน (Figures 2B-D) หนามบนอกปล้องที่ 2 โค้งส่วนปลายชี้ไปทางด้านหลัง ปล้องท้ายส่วนอกไม่มีหนาม แต่อาจมีตุ่มหนามเล็กๆ 1 คู่ (Figures 2B-D) 2

2. มดขนาดใหญ่ (HW > 2.30 มิลลิเมตร) หนามบนเอวแยกห่างกันเห็นได้ชัดเจน โดยเมื่อมองจากทางด้านหน้า หนามบนเอวแยกห่างกันเป็นรูปตัว V (Figure 3D) ……..……...*Polyrhachis ypsilon*

- มดขนาดเล็ก (HW < 2.30 มิลลิเมตร) หนามบนเอวชิดกัน (Figures 3B-C) โดยเมื่อมองจากทางด้านหน้า หนามบนเอวขนานกันแล้วค่อยแยกกันออกทางด้านข้าง 3

3. ลำตัวมีขนอ่อนนุ่มราบไปกับลำตัว และขนแข็งเป็นเส้นตั้งขึ้นจำนวนมาก มีตาเดี่ยวเห็นได้ชัดเจน .... *Polyrhachis bihamata*

- ลำตัวมีเฉพาะขนอ่อนนุ่มราบไปกับลำตัว ไม่มีขนแข็งเป็นเส้นตั้งขึ้น ไม่มีตาเดี่ยว..... ..... *Polyrhachis olybria*

***POLYRHACHIS BIHAMATA* SPECIES-GROUP**

***Polyrhachis* (*Polyrhachis*) *bihamata* (Drury, 1773)**

มดหนามเคียวใหญ่

Formica bihamata Drury, 1773: 73, pl. 38, figs. 7, 8. Type locality: Island of Johanna, near Madagascar.

Polyrhachis (*Polyrhachis*) *bihamata* var. *perplexa* Santschi, 1925: 92. Type locality: Laos. Junior synonym of *P. bihamata*: Hung, 1970: 16.

Polyrhachis bihamata var. *minor* Karavaiev, 1927: 12. Type locality: Java, Indonesia. Junior synonym of *P. bihamata*: Hung, 1970: 16.

Polyrhachis (*Polyrhachis*) *bihamata* var. *tonsilis* Santschi, 1928: 133. Type locality Sumatra, Indonesia. Junior synonym of *P. bihamata*: Hung, 1970: 16.

การวัดขนาด และมาตราส่วน (จำนวน 12 ตัวอย่าง) TL 9.40-11.90 มิลลิเมตร; HL 2.15-2.76 มิลลิเมตร; HW 1.90-2.25 มิลลิเมตร; SL 2.80-3.50 มิลลิเมตร; PW 1.15-1.26 มิลลิเมตร; CI 82-88; SI 141-156.

สัณฐานภายนอกของมดงาน หัวรูปวงรี มีความยาวมากกว่าความกว้างเล็กน้อย ตาเดี่ยวดวงตรงกลางขนาดใหญ่เห็นได้ชัดเจน สองดวงที่อยู่ด้านข้างมีลักษณะเป็นจุดเล็กๆ ด้านข้างของส่วนอกบริเวณขอบด้านบนโค้งมนไม่เป็นสัน หนามบนอกปล้องที่ 1 โค้งตามแนวระนาบปลายชี้ไปทางด้านหลัง หนามบนอกปล้องที่สองโค้งในแนวดิ่งปลายชี้ไปทางด้านหลัง ปล้องท้ายส่วนอกมีตุ่มหนามปลายมนเล็กๆ 1 คู่ หนามบนเอวขนานกัน และแยกห่างกันเพียงเล็กน้อย ส่วนปลายหนามโค้งไปทางด้านข้างลำตัวปลายงุ้มลงด้านล่าง

หัว กราม หนวด และปลายส่วนท้องสีดำ อก เอว และท้องปล้องที่ 1 สีน้ำตาลแดง ปลายของหนามแต่ละคู่บนส่วนอก และเอวสีดำ ผิวลำตัวหยาบไม่เรียบเป็นมัน อกมีผิวหยาบกว่าหัวและท้องตามลำดับ ทั่วลำตัวมีขนอ่อนนุ่มสีทองหรือน้ำตาลแดงปกคลุม นอกจากนี้ยังมีขนแข็งเป็นเส้นตั้งขึ้นกระจายอยู่ทั่วไปโดยเฉพาะด้านบนของลำตัว ขนแข็งบนส่วนท้องสั้นกว่าบนส่วนอก

ตัวอย่างศึกษา Chiang Mai: Chiang Dao Dist., Chiang Dao Subdistrict, 9.VI.2001, W. Jaitrong leg. (4 workers, AMK); Omkoi Dist., Omkoi Forest, Dry Dipterocarp Forest (DDF), 16.VII.2016, W. Jaitrong leg., TH16-WJT-829 (4 workers, THNHM). **Tak:** Umphang Dist., Thung Yai W.S., Dry Evergreen Forest, 25.V.2000, W. Jaitrong leg. (4 workers, AMK, NWPD, THNHM); **Chaiyaphum:** Phu Kheao Dist., Khon Sarn Subdistrict, 19.III2003, N. Kongjam leg. (11 workers, AMK). **Nakhon Ratchasima:** Pak Chong Dist., Moo Si Subdistrict, 31.V.2000, D. Wiwatwitaya leg. (3 workers, AMK); same locality, 25.V.2000, W. Jaitrong leg. (2 workers, AMK). **Uthai Thani:** Ban Rai Dist., Ban Kan Ma Krud, 20.XI.2001, W. Jaitrong leg. (2 workers, AMK). **Kanchanaburi:** Thong Phaphum Dist., 11.XII.2003, C. Boumas leg. (1 worker, AMK); Srisawat Dist., 7.II.2002, W. Jaitrong leg. (5 workers, AMK). **Petchaburi:** Kang Krachan Dist., 28.XII.2007, I. Chama leg. (2 workers, AMK, NWPD). **Prachinburi:** Muang Dist., 4.XI.2017, W. Jaitrong leg., WJT041117-1 (4 workers, THNHM). **Sakheao:** Huai Nam Yen Dist., 27.V.2006, W. Jaitrong leg., WJT06-E358 (6 workers, NWPD, THNHM). **Chachoengsao:** Thatakiab Dist., 27.X.2002, W. Jaitrong leg. (6 workers, NWPD, THNHM). **Chanthaburi:** Pong Nam Ron Dist., 18.V.2008, W. Jaitrong leg., WJT08-E175 (8 workers, THNHM); Soi Dao Dist., 23.I.2008, W. Jaitrong leg., WJT08-TH157 (3 workers, THNHM); Soi Dao Dist., 3.VI.2001, Sk. Yamane leg., TH01-SKY-05 (1 worker, THNHM); same locality, 3.VI.2001, D. Wiwatwitaya leg. (1 worker, AMK); Khlung Dist., 23.XI.2003, W. Jaitrong leg. (1 worker, THNHM); Khlung Dist., 23.XI.2003, D. Wiwatwitaya leg. (1 worker, AMK). **Trat:** Ko Kud Dist., 17.IV.2009, T. Jeenthong leg.

(28 workers, THNHM). **Nakhon Si Thammarat:** Sichon Dist., 239 m a.s.l., 11.XII.2007, W. Jaitrong leg., WJT07-TH1884 (1 worker, THNHM). **Songkhla:** Had Yai Dist., 21.XI.2000, C. Boumas leg. (1 worker, AMK). **Narathiwat:** Wang Dist., 15.IX.2001, S. Hasin leg. (7 workers, AMK); same locality, 11.IV.1999, W. Jaitrong leg. (2 workers, AMK).

การแพร่กระจาย อินเดีย เวียดนาม ลาว เมียนมาร์ ไทย มาเลเซีย (มาเลเซียตะวันตก ซาราวัก ซาร์บา) อินโดนีเซีย (สุมาตรา กาลิมันตัน บาหลี ชวา สุลาเวสี) บรูไน ฟิลิปปินส์ และนิวกินี (Kohout, 2014)

การแพร่กระจายในประเทศไทย เชียงใหม่ (อมก๋อย เชียงดาว) ลำปาง (งาว) ตาก (อุ้มผาง) ชัยภูมิ (ภูเขียว) อุบลราชธานี (โขงเจียม) นครราชสีมา (ปากช่อง) อุทัยธานี (บ้านไร่) กาญจนบุรี (ทองผาภูมิ) เพชรบุรี (แก่งกระจาน) ปราจีนบุรี (เมือง) สระแก้ว (เมือง) ฉะเชิงเทรา (ท่าตะเกียบ) จันทบุรี (สอยดาว โป่งน้ำร้อน) ตราด (เกาะกูด) นครศรีธรรมราช (ท่าศาลา) สงขลา (หาดใหญ่) นราธิวาส (แว้ง)

นิเวศวิทยา Kohout (2014: 4) รายงานว่า มดหนามเคียวใหญ่สร้างรังอยู่ตามลำต้นของไม้ใหญ่ และพบเดินอยู่ทั่วไปตามพุ่มไม้ ยอดอ่อนของไม้เถา สอดคล้องกับการศึกษานี้ที่พบเดินอยู่ตามลำต้นไม้ พุ่มไม้ต่างๆ และจากการสำรวจในภาคสนามทางภาคตะวันออกยังพบว่ามดหนามเคียวใหญ่บางรังสร้างรังในดินที่ค่อนข้างลึก

Polyrhachis (*Polyrhachis*) *olybria* Forel, 1912 มดหนามเคียวเล็ก

Polyrhachis olybrius Forel, 1912: 73 (q.) Indonesia (Sumatra). Combination in *P.* (*Myrmhopla*): Emery, 1925: 197; in *P.* (*Polyhachis*): Kohout, 1998: 508.

การวัดขนาด และมาตราส่วน (จำนวน 12 ตัวอย่าง) TL 8.10-9.85 มิลลิเมตร; HL 1.96-2.45 มิลลิเมตร; HW 1.75-2.05 มิลลิเมตร; SL 2.35-2.70 มิลลิเมตร; PW 0.95-1.20 มิลลิเมตร; CI 84-89; SI 132-134.

สัณฐานภายนอกของมดงาน หัวรูปวงรี มีความยาวมากกว่าความกว้างเล็กน้อย สันกะโหลกโค้งมน ไม่มีตาเดี่ยว หรือมีเฉพาะควงตรงกลางเป็นจุดจางๆ ด้านข้างของส่วนอกบริเวณด้านบนโค้งมนไม่เป็นสันหรือขอบ หนามบนอกปล้องที่ 1 โค้งตามแนวระนาบปลายชี้กลับไปทางด้านหลัง หนามบนอกปล้องที่สองโค้งในแนวดิ่งปลายชี้ไปทางด้านหลังเฉียงออกทางด้านข้างเล็กน้อย ปล้องท้ายส่วนอกมีตุ่มหนามรูปสามเหลี่ยมปลายแหลม 1 คู่ หนามบนเอวขนานและอยู่ชิดกัน ส่วนปลายหนามโค้งไปทางด้านข้างลำตัวปลายงุ้มลงด้านล่าง

หัว กราม หนวด และปลายส่วนท้องสีดำ อก เอว และท้องปล้องที่ 1 สีน้ำตาลแดง ปลายของหนามแต่ละคู่บนส่วนอก และเอวสีดำ หัวและท้องมีผิวค่อนข้างเรียบ อกและเอวผิวไม่เรียบ มีลักษณะเป็นหลุมเล็กๆ จำนวนมากเรียงตัวกันเป็นระเบียบ ทั่วลำตัวมีขนอ่อนนุ่มสีทองหรือน้ำตาลแดงปกคลุม ไม่มีขนแข็งเป็นเส้นตั้งขึ้นปกคลุมร่างกาย หากมีก็มีน้อยมากอยู่บริเวณปลายส่วนท้อง

ตัวอย่างศึกษา Tak: Umphang Dist., Umphang W.S., Thi Lor Su Waterfall, 25.III.2016, W. Jaitrong leg., TH16-WJT-247 (3 workers, NWPD, THNHM); Umphang Dist., Thung Yai W.S., Thung Na Noi Forest Station, 23.III.2016, W. Jaitrong leg., TH16-WJT-217 (10 workers, NWPD, THNHM). **Chaiyaphum:** Phu Kheao Dist., Khon Sarn Subdistrict, 15.X.2001, W. Jaitrong leg. (1 worker, AMK). **Nakhon Ratchasimma:** Wang Nam Kheao Dist., Sakaerat Environmental Research Station, 1.VI.2000, W. Jaitrong leg. (2 workers, AMK); Pak Chong Dist., 21.XI.2000, S. Hasin leg. (1 worker, AMK). **Chumphon:** Tha Sae Dist., 31.II.2002, W. Jaitrong leg., WJT02-TH0120 (3 workers, THNHM). **Ranong:** Suk Samran Dist., 12.VIII.2009, W. Jaitrong leg. (1 worker, THNHM); same locality, 30.XII.2000, S. Hasin leg. (1 worker,

AMK). **Nakhon Si Thammarat:** Noppitum Dist., 20.V.2003, W. Jaitrong leg. (2 workers, THNHM); Sichon Dist., 13.III.2007, Sk. Yamane leg. (1 worker, THNHM). **Trang:** Nayong Dist., Khao Chong B.G., 4.VI.2016, W. Jaitrong leg., TH16-WJT-0350 (6 workers, THNHM). **Narathiwat:** Wang Dist., 8.XI.2002, W. Jaitrong leg. (1 worker, THNHM); same locality, 28.II.2003, Y. Sittimul leg. (5 workers, AMK); same locality, 30.X.2003, Y. Sittimul leg. (2 workers, AMK); Sungai Kolok Dist., 10.IV.2002, S. Hasin (3 workers, AMK); same locality, 15.III.2000, W. Jaitrong leg. (1 worker, AMK); same locality, 14.IV.1998, W. Jaitrong leg. (1 worker, AMK).

การแพร่กระจาย ไทย (Jaitrong and Nabhitabhata, 2005 รายงานในชื่อ *Polyrhachis bellicosa*) มาเลเซีย (ซาร์บา ซาราวัก) อินโดนีเซีย (สุมาตรา คาลิมันตัน) บรูไน ฟิลิปปินส์ และ สิงคโปร์ (Kohout, 2014)

การแพร่กระจายในประเทศไทย ตาก (อุ้มผาง) ชัยภูมิ (ภูเขียว) นครราชสีมา (ปากช่อง) สุราษฎร์ธานี (เขาสก) (Kohout, 2014) ชุมพร (ท่าแซะ) ระนอง (สุขสำราญ) นครศรีธรรมราช (นบพิตำ) ตรัง (นาโยง) นราธิวาส (แว้ง สุไหงโกลก)

นิเวศวิทยา พบมดหนามเคียวเล็กหากินอยู่ตามพุ่มไม้ ยอดอ่อนของต้นไม้ และตามลำต้นของไม้ใหญ่ (Kohout, 2014) และมีรายงานว่ามดหนามเคียวชนิดนี้สร้างรังบนพื้นดิน หรือในขอนไม้ผุ (Robson and Kohout, 2007)

***Polyrhachis* (*Polyrhachis*) *ypsilon* Emery, 1887**
มดหนามเคียวห่าง

Polyrhachis ypsilon Emery, 1887: 239. Type locality: Singapore. Wheeler and Wheeler, 1990: 764. Senior synonym of *synacantha, victoris*: Hung, 1970: 19.

การวัดขนาด และมาตราส่วน (จำนวน 5 ตัวอย่าง) TL 12.12-13.10 มิลลิเมตร; HL 2.65-2.94 มิลลิเมตร; HW 2.32-2.65 มิลลิเมตร; SL 3.42-3.90 มิลลิเมตร; PW 1.40-1.73 มิลลิเมตร; CI 88-90; SI 147.

สัณฐานภายนอกของมดงาน หัวรูปวงรี มีความยาวมากกว่าความกว้างเล็กน้อย สันกะโหลกโค้งมน มีตาเดี่ยวเฉพาะดวงตรงกลางเห็นได้ชัดเจน ด้านข้างของส่วนอกบริเวณด้านบนโค้งมนไม่เป็นสันหรือขอบหนามบนอกปล้องที่ 1 ค่อนข้างหนาโค้งตามแนวระนาบปลายวกกลับไปทางด้านหลัง หนามบนอกปล้องที่สองโค้งในแนวดิ่งปลายชี้ไปทางด้านหลังเฉียงออกด้านข้างเล็กน้อย ปล้องท้ายส่วนอกมีลักษณะเป็นมุมหรือตุ่มหนามเล็กๆ 1 คู่ หนามบนเอวแยกห่างกันเป็นรูปตัว V

หัว กราม หนวด และปลายส่วนท้องสีน้ำตาลดำ อก เอว และท้องปล้องที่ 1 สีน้ำตาลแดง ปลายของหนามแต่ละคู่บนส่วนอก และเอวสีดำ หัว อก และเอวมีผิวหยาบไม่เรียบ ส่วนท้องเรียบกว่าส่วนอื่นๆ ทั่วลำตัวมีขนอ่อนนุ่มสีทองหรือน้ำตาลแดงปกคลุมจำนวนมาก โดยเฉพาะส่วนหัวและอก นอกจากนี้ยังมีขนแข็งเป็นเส้นตั้งขึ้นปกคลุมทั่วลำตัว

ตัวอย่างศึกษา Ranong: Suk Samran Dist., 30.XII.2000, S. Hasin leg. (2 workers, AMK). **Nakhon Si Thammarat:** Sichon Dist., 500-600m, 17.IV.2007, W. Jaitrong leg., WJT07-TH668 (6 workers, THNHM); same locality, WJT07-TH656 (4 workers, THNHM). **Songkhla:** Had Yai Dist., 11.I.2003, unknown collector (1 worker, THNHM). **Narathiwat:** Wang Dist., 6.VII.2000, A. Chaitae leg. (2 workers, AMK); same locality, 21.II.2003, Y. Sittimul leg. (1 worker, AMK).

การแพร่กระจาย ไทย (Jaitrong and Nabhitabhata, 2005) มาเลเซีย (มาเลเซียตะวันตก ซาร์บา ซาราวัก) อินโดนีเซีย (สุมาตรา คาลิมันตัน) บรูไน และ สิงคโปร์ (Kohout, 2014)

การแพร่กระจายในประเทศไทย ระนอง (สุขสำราญ) นครศรีธรรมราช (ท่าศาลา) สงขลา (หาดใหญ่) นราธิวาส (แว้ง)

นิเวศวิทยา ยังไม่ทราบข้อมูลนิเวศวิทยาของมดชนิดนี้ที่แน่ชัด แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลจากตัวอย่างพบว่าตัวอย่างทั้งหมดถูกเก็บจากป่าดิบชื้น

***POLYRHACHIS LAMELLIDENS* SPECIES-GROUP**

***Polyrhachis* (*Polyrhachis*) *craddocki* Bingham, 1903**
มดหนามเคียวดำ

Polyrhachis craddocki Bingham, 1903: 403, fig. 138.

Type locality: Myanmar.

การวัดขนาด และมาตราส่วน (จำนวน 12 ตัวอย่าง) TL 6.83-7.25 มิลลิเมตร; HL 1.72-1.84 มิลลิเมตร; HW 1.56-1.75 มิลลิเมตร; SL 1.87-2.10 มิลลิเมตร; PW 1.12-1.25 มิลลิเมตร; CI 91-95; SI 120.

สัณฐานภายนอกของมดงาน หัวรูปไข่ ส่วนท้ายกว้างกว่าส่วนหน้า มีความยาวมากกว่าความกว้างเพียงเล็กน้อย สันกะโหลกโค้งเล็กน้อย ไม่มีตาเดี่ยว ด้านข้างของส่วนอกบริเวณด้านบนมีลักษณะเป็นสันหรือขอบขนานไปกับความยาวลำตัว หนามบนอกปล้องที่ 1 ปลายชี้ไปทางด้านหน้า ทำมุมประมาณ 45 องศากับแนวกลางลำตัว หนามบนอกปล้องที่สองโค้งปลายชี้ไปทางด้านข้างลำตัว ปล้องท้ายส่วนอกมีหนามยาวปลายมน 1 คู่ มองจากทางด้านหน้า เอวขยายกว้างทางด้านล่างแล้วสอบเล็กลงบริเวณฐานของหนามบนเอว หนามทั้งคู่นี้ขนานกัน และแยกห่างกันเพียงเล็กน้อย ส่วนปลายหนามโค้งไปทางด้านข้างลำตัวปลายงุ้มลงด้านล่าง

หัว กราม หนวด และท้องสีดำ อก และเอวสีน้ำตาลดำ หนามบนเอวสีดำ หัวมีผิวค่อนข้างเรียบด้านไม่เป็นมัน ท้องเรียบกว่าสวนหัว อกและเอวมีผิวหยาบขรุขระ ทั่วลำตัวไม่มีขนปกคลุม มีขนแข็งเล็กน้อยบริเวณใต้ส่วนท้อง

ตัวอย่างศึกษา Chiang Mai: Omkoi Dist., Omkoi Forest, Dry Dipterocarp Forest (DDF), 16.VII.2016, W. Jaitrong leg., TH16-WJT-826 (26 workers, AMK, SKYC, THNHM).

การแพร่กระจาย พม่า (Kohout, 2014) ไทย **(รายงานครั้งแรก)** และบรูไน (Kohout, 2014)

การแพร่กระจายในประเทศไทย เชียงใหม่ (อมก๋อย) เป็นรายงานแรกในประเทศไทย

นิเวศวิทยา พบสร้างรังอยู่ตามรอยแตกของเปลือกไม้ยางพลวง ในป่าเต็งรังผสมสน ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 1000 เมตร อาศัยอยู่ร่วมกับเพลี้ยแป้ง (giant coccid) ในวงศ์ Margarodidae

การศึกษาอนุกรมวิธานของมดสกุลย่อยมดหนามเคียวได้ใช้ลักษณะสัณฐานภายนอกของมดงานสำหรับจัดทำรูปวิธานการจำแนก เนื่องจากมดงานเป็นวรรณะที่พบได้ง่ายและมีประชากรมากที่สุดในรัง ซึ่งเหมือนกับที่ Hung (1970) และ Kohout (2014) ใช้ลักษณะของมดงานจำแนกชนิดของมดสกุลย่อยมดหนามเคียวในเอเชีย นิวกินี และออสเตรเลีย

สกุลย่อยมดหนามเคียวที่พบในประเทศไทยสามารถแบ่งได้ 2 กลุ่มชนิด (species-group) ตามการแบ่งของ Emery (1925) และ Kohout (2014) ได้แก่ 1) *Polyrhachis lamellidens* species-group มีลักษณะเด่นที่ด้านข้างลำตัวส่วนบนมีลักษณะเป็นสันหรือขอบตามความยาวลำตัว ปลายของหนามบนอกปล้องที่ 2 ชี้ไปทางด้านข้างของลำตัว ปล้องท้ายส่วนอกมีหนามยาวปลายมน 1 คู่ กลุ่มชนิดนี้ทั่วโลกพบเพียง 2 ชนิด คือ มดหนามเคียวดำ (*P. craddocki*) และมดหนามเคียวอกแดง (*P. lamellidens* Fr. Smith, 1874) ในประเทศไทยพบเฉพาะมดหนามเคียวดำ ซึ่งแตกต่างจากมดหนามเคียวอกแดงตรงที่มีขนาดเล็กกว่า และหนามที่อยู่บนเอวอยู่ชิดกัน (มดหนามเคียวอกแดงมีหนามบนเอวแยกห่างกันเห็นได้ชัดเจน 2) *Polyrhachis bihamata* species-group มีลักษณะเด่นที่ด้านข้างของส่วนอกบริเวณด้านบนโค้งมนไม่เป็นสันหรือขอบ ปลายของหนามบนอกปล้องที่ 2 ชี้ไปทางด้านหลังหรือเฉียงออกด้านข้างเล็กน้อย ปล้องท้ายส่วนอกไม่มีหนาม หรือมีลักษณะเป็นตุ่มหนาม หรือหนามสั้นรูปสามเหลี่ยม ในประเทศไทยพบกลุ่มชนิดนี้ 3 ชนิด (จากทั้งหมด 9 ชนิดที่พบในโลก) คือ มดหนาม

เคียวใหญ่ (*P. bihamata*) มดหนามเคียวเล็ก (*P. olybria*) และมดหนามเคียวห่าง (*P. ypsilon*)

มดหนามเคียวห่างมีขนาดลำตัวใหญ่ที่สุดเมื่อเทียบกับมดชนิดอื่นๆ หนามที่อยู่บนอกและเอวหนา หนามบนเอวแยกห่างกันเป็นรูปตัว V ทั่วลำตัวมีขนอ่อนนุ่มสีทองหรือน้ำตาลแดงปกคลุมหนาแน่น นอกจากนี้มีขนแข็งเป็นเส้นตั้งขึ้นจำนวนมาก

มดหนามเคียวใหญ่มีลักษณะสัณฐานภายนอกคล้ายกับมดหนามเคียวเล็ก แต่มีขนาดใหญ่กว่าเล็กน้อย มดหนามเคียวใหญ่มีตาเดี่ยวดวงตรงกลางเห็นได้ชัด (มดหนามเคียวเล็กไม่มีตาเดี่ยว) ปล้องท้ายส่วนอกมีตุ่มหนามเล็กๆ ปลายทู่ 1 คู่ (ปล้องท้ายส่วนอกของมดหนามเคียวเล็กมีหนามสั้นรูปสามเหลี่ยมปลายแหลม) และมีขนแข็งเป็นเส้นตั้งขึ้นปกคลุมลำตัวจำนวนมาก (มดหนามเคียวเล็กไม่มีขนแข็ง หรือมีน้อยมาก)

รูปแบบการแพร่กระจาย

พิจารณาการแพร่กระจายของมดสกุลย่อยมดหนามเคียวในเอเชีย พบว่า มดหนามเคียวใหญ่มีเขตการแพร่กระจายค่อนข้างกว้าง ซึ่ง Hung (1970) และ Kohout (2014) รายงานการแพร่กระจายเกือบทุกประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตั้งแต่ประเทศเมียนมาร์ เวียดนาม ลาว ไทย มาเลเซีย (มาเลเซียตะวันตก ซาร์บา ซาราวัก) บรูไน ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย (สุมาตรา คาลิมันตัน บาหลี) Bharti *et al*. (2016) รายงานการพบมดชนิดนี้ในอินเดีย และ Guénard and Dunn (2012) พบในประเทศจีน สำหรับในประเทศไทยสามารถพบมดหนามเคียวใหญ่ได้ตั้งแต่ภาคเหนือตลอดถึงภาคใต้ พบได้ในป่าระดับต่ำทางภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ถึงป่าบนสูงในภาคเหนือ และภาคตะวันตก จากข้อมูลข้างต้น เห็นได้ว่ามดหนามเคียวใหญ่แพร่กระจายจากแนวศูนย์สูตร (equator zone) อันเป็นป่าฝนเขตร้อน (tropical rainforest) ขึ้นไปทางซีกโลกเหนือ โดยมีรายงานพบเหนือสุดอยู่ทางตอนใต้ของประเทศจีน ซึ่งเป็นเขตป่ากึ่งเขตร้อน (subtropical forest)

มดหนามเคียวเล็กมีแนวโน้มการแพร่กระจายเป็นรูปแบบเดียวกับการแพร่กระจายของมดหนามเคียวใหญ่ คือแพร่กระจายจากแนวศูนย์สูตรในประเทศประเทศอินโดนีเซีย (สุมาตรา คาลิมันตัน) มาเลเซีย (มาเลเซียตะวันตก ซาร์บา ซาราวัก) สิงค์โป ขึ้นไปทางซีกโลกเหนือในประเทศฟิลิปปินส์ และไทย (Kohout, 2014) แต่มดชนิดนี้มีเขตการแพร่กระจายแคบกว่ามดหนามเคียวใหญ่ พบแพร่กระจายขึ้นมาสูงสุดบริเวณภาคตะวันตกของประเทศไทย

Jaitrong and Nabhitabhata (2005) ระบุชื่อวิทยาศาสตร์ของมดหนามเคียวเล็กผิดเป็น *Polyrhachis bellicosa* ต่อมา Dr. Rudolf Kohout ผู้เชี่ยวชาญมดสกุล *Polyrhachis* จาก Queenland Museum ประเทศออสเตรเลีย ได้ทำการจำแนกมดสกุลย่อยมดหนามเคียวที่เก็บรักษาไว้ ณ พิพิธภัณฑ์มด คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และระบุชื่อวิทยาศาสตร์ของมดหนามเคียวเล็กเป็น *P. olybria* ดังนั้นตัวอย่างมดที่ถูกจำแนกเป็น *P. bellicosa* ในบัญชีรายชื่อมดของ Jaitrong and Nabhitabhata (2005) ทั้งหมดจึงถูกเปลี่ยนเป็นชื่อ *P. olybria* ปัจจุบันยังไม่พบ *P. bellicose* แพร่กระจายอยู่ในประเทศไทย

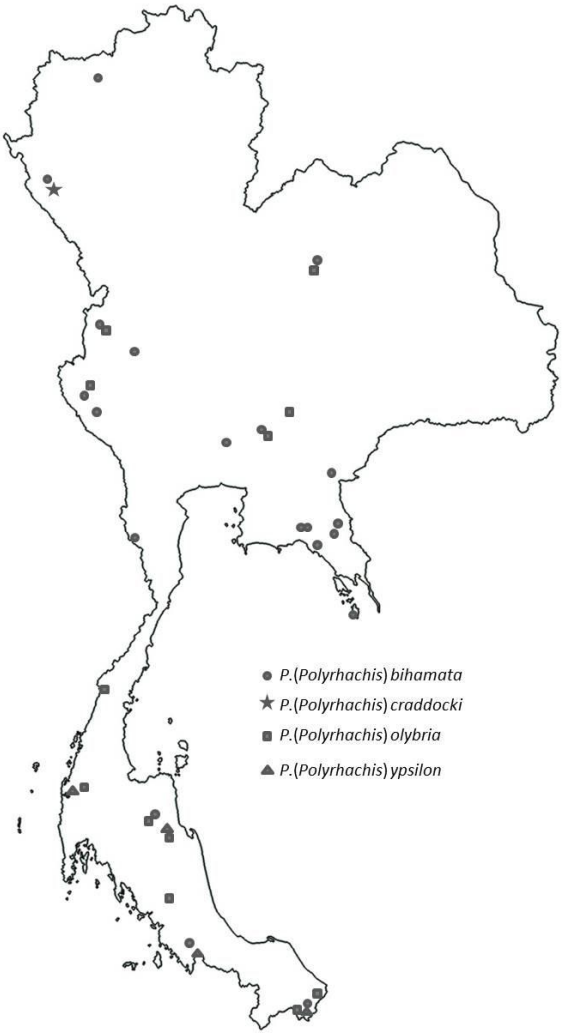


Figure 4 Distribution of the ant subgenus *Polyrhachis* in Thailand.

Hung (1970) และ Kohout (2014) รายงานการแพร่กระจายของมดหนามเคียวห่างในประเทศอินโดนีเซีย (คาลิมันตัน สุมาตรา) สิงคโปร์ บรูไน และมาเลเซีย (มาเลเซียตะวันออก ซาราวัก ซาร์บา) ในขณะที่ Jaitrong and Nabhitabhata (2005) รายงานจากจังหวัดนราธิวาส ใต้สุดของประเทศไทย การศึกษานี้พบการแพร่กระจายใหม่ โดยพบกระจายถึงจังหวัดนครศรีธรรมราช แต่อย่างไรก็ตามจากข้อมูล แสดงให้เห็นว่ามดหนามเคียวห่างแพร่กระจายอยู่เฉพาะบริเวณป่าฝนเขตร้อนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Sundaland) เท่านั้น

มดหนามเคียวดำเป็นมดที่พบและรายงานครั้งแรกในประเทศไทย โดยพบเพียงรังเดียวจากการสำรวจมดประมาณ 20 ปี เฉพาะในป่าเต็งรังผสมสนทางภาคเหนือ (อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่) สำหรับรูปแบบการแพร่กระจายยังไม่สามารถอธิบายได้แน่ชัด เนื่องจากมีข้อมูลเกี่ยวกับมดชนิดนี้น้อยมาก ซึ่ง Kohout (2014) รายงานการค้นพบเฉพาะในประเทศพม่าและบรูไน

สรุป

การศึกษานี้ พบมดสกุลย่อยมดหนามเคียวในประเทศไทย 4 ชนิด สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่มชนิด ได้แก่

1) *Polyrhachis lamellidens* species-group (มดหนามเคียวดำ) และ 2) *Polyrhachis bihamata* species-group (มดหนามเคียวใหญ่ มดหนามเคียวเล็ก และมดหนามเคียวห่าง) จากลักษณะสัณฐานภายนอกของมดงานได้จัดทำรูปวิธานการจำแนกชนิด (key to species) เพื่อง่ายต่อการระบุชื่อ และได้บรรยายลักษณะของมดงานแต่ละชนิดอย่างละเอียด มดหนามเคียวห่างเป็นมดที่มีขนาดใหญ่ที่สุด หนามบนเอวแยกห่างกันเป็นรูปตัว V มดหนามเคียวดำแตกต่างจากมดหนามเคียวชนิดอื่น โดยอกมีลักษณะเป็นสันหรือขอบตามความยาวลำตัว หนามที่อยู่บนอกปล้องที่ 2 โค้ง ปลายชี้ออกทางด้านข้าง และปล้องท้ายส่วนอกมีหนามยาว ปลายทู่ 1 คู่ มดหนามเคียวใหญ่และมดหนาวเคียวเล็กมีลักษณะสัณฐานภายนอกคล้ายกันมาก แต่มดหนามเคียวใหญ่มีขนาดลำตัวใหญ่กว่า มีตาเดี่ยว มีขนแข็งที่เป็นเส้นตั้งขึ้นปกคลุมลำตัวจำนวนมาก ในขณะที่มดหนามเคียวเล็กมีขนาดเล็กกว่า ไม่มีตาเดี่ยว และไม่มีขนแข็งปกคลุมลำตัว หรือมีน้อยมาก

มดหนามเคียวใหญ่ และมดหนามเคียวเล็กมีรูปแบบการแพร่กระจายคล้ายกัน มีเขตการแพร่กระจายบางส่วนซ้อนทับกัน แต่มดหนามเคียวใหญ่มีเขตการแพร่กระจายที่กว้างกว่า โดยพบตั้งแต่แนวเส้นศูนย์สูตรขึ้นมาถึงทางตอนใต้ของประเทศจีน ในขณะที่มดหนามเคียวเล็กแพร่กระจายสูงสุดบริเวณภาคตะวันตกของประเทศไทย สำหรับมดหนามเคียวดำในประเทศไทยพบเฉพาะทางภาคเหนือ

งานวิจัยนี้ถือเป็นรายงานการค้นพบมดหนามเคียวดำเป็นครั้งแรกในประเทศไทย พบได้เฉพาะในป่าเต็งรังผสมสนบนพื้นที่สูงทางภาคเหนือ ส่วนมดหนามเคียวห่างมีเขตการแพร่กระจายเฉพาะภาคใต้ตอนล่างตั้งแต่จังหวัดนครศรีธรรมราชเรื่อยไปถึงบริเวณเส้นศูนย์สูตร

มดสกุลย่อยนี้ส่วนใหญ่หากินอยู่ตามเรือนยอดไม้ ลำต้น พุ่มไม้ หรือเถาวัลย์ บางชนิดเช่น มดหนามเคียวเล็กมีรายงานการสร้างรังบนพื้นดินหรือในขอนไม้ผุ มดหนามใหญ่สร้างรังในดินที่ค่อนข้างลึก ส่วนมดหนามเคียวดำสร้างรังอยู่ตามรอยแยกของลำต้นไม้ใหญ่โดยอยู่ร่วมกับเพลี้ยแป้ง

คำนิยม

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ Professor Dr. Seiki Yamane สำหรับคำแนะนำในการจำแนกชนิดมด และอนุญาตให้เข้าตรวจเทียบตัวอย่างมดในคลังตัวอย่างส่วนตัวในประเทศญี่ปุ่น ขอขอบคุณภาควิชาเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดลที่อนุเคราะห์ให้ใช้กล้องในการถ่ายภาพมด และกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืชที่อนุญาตให้เข้าใช้สถานที่ นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณคุณศุภชัย นุชิต และคุณพิศุทธ์ ลักษวุธที่ให้ความช่วยเหลือในการสำรวจมดภาคสนามท้องที่จังหวัดเชียงใหม่

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

Antweb. 2017. **Genus: *Polyrhachis* Smith, 1857**. Available source: https://aamg6.mail.yahoo.com/neo/launch?.rand=b6ar0r2to9jnn#7708081445, November 29, 2017

Antwiki. 2017. ***Polyrhachis* (subgenus)**. Available source: http://www.antwiki.org/wiki/Polyrhachis_(subgenus), November 29, 2017.

Bharti, H., B. Guénard, M. Bharti and E.P. Economo. 2016. An updated checklist of the ants of India with their specific distributions in Indian states (Hymenoptera, Formicidae). **ZooKeys** 551: 1-83.

Bingham, C.T. 1903. **The fauna of British India, including Ceylon and Burma. Hymenoptera**, Vol. II. Ants and Cuckoo-wasps. London: Taylor and Francis.

Bolton, B. 1995. **A New General Catalogue of the Ants of the World**. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

Dorow, W.H.O. 1995. Revision of the ant genus *Polyrhachis* Smith, 1857 (Hymenoptera: Formicidae: Formicinae) on subgenus level with keys, checklist of species and bibliography. **Courier Forschungsinstitut Senckenberg** 185: 1-113.

Drury, D. 1773. **Illustrations of natural history. Wherein are exhibited upwards of two hundred and twenty figures of exotic insects, according to their different genera**. Vol. 2. London: B. White, vii + 90 pp.

Emery, C.E. 1887. Catalogo delle formiche esistenti nelle collezioni del Museo Civico di Genova. Parte terza. Formiche della regione Indo-Malese e dell'Australia. [part]. **Ann. Mus. Civ. Stor. Nat.** 24: 209-240.

_____. 1925. **Hymenoptera, Fam. Formicidae, subfam. Formicinae. In: Genera Insectorum**. (Wytsman ed.) Fasc. 183. Bruxelles.

Forel, A. 1912. Einige neue und interessante Ameisenformen aus Sumatra etc. **Zool. Jahrb. Suppl**. 15: 51-78.

Guénard B. and R.R. Dunn. 2012. A checklist of the ants of China. **Zootaxa** 3558: 1-77.

Hung, A.C.F. 1970. A revision of ants of the subgenus *Polyrhachis* Fr. Smith (Hymenoptera: Formicidae: Formicinae). **Orient. Insects** 4: 1-36.

Jaitrong, W. and J. Nabhitabhata. 2005. A list of known ant species of Thailand (Formicidae: Hymenoptera). **The Thailand Natural History Museum Journal** 1 (1): 9-54.

Karavaiev, V. 1927. Ameisen aus dem IndoAustralischen Gebiet III. Académie des Sciences de l'Ukraïne. Mémoires de la Classe des Sciences Physiques et Mathématiques 7 (1). **Travaux du Musée Zoologique** 3: 3-52.

Kohout, R.J. A new species of *Polyrhachis* (*Polyrhachis*) from Papua New Guinea with a review of the New Guinean and Australian species. **Memoirs of the Queensland Museum** 25 (2): 417-427.

_____. 1998. New synonyms and nomenclatural changes in the ant genus *Polyrhachis* Fr. Smith (Hymenoptera: Formicidae: Formicinae). **Memoirs of the Queensland Museum** 42 (2): 505-531.

_____. 2014. A review of the subgenus *Polyrhachis* (*Polyrhachis*) Fr. Smith (Hymenoptera: Formicidae: Formicinae) with keys and description of a new species. **Asian Myrmecology** 6: 1-31.

Robson, S.K.A. and R.J. Kohout. 2007. A review of the nesting habits and socioecologyof the ant genus *Polyrhachis* Fr. Smith. **Asian Myrmecology** 1: 81-99.

Santschi, F. 1925. Contribution à la faune myrmécologique de la Chine. **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles** 56: 81-96.

_____. 1928. Fourmis de Sumatra, récoltées par Mr. J.B. Corporaal. **Tijdschrift voor Entomologie** 71: 119-140.

Smith, Fr. 1857. Catalogue of the hymenopterous insects collected at Sarawak, Borneo; Mount Ophir, Malacca; and at Singapore, by A. R. Wallace. [part]. **J. Proc. Linn. Soc. Lond. Zool.** 2: 42-88.

_____. 1859. Catalogue of hymenopterous insects collected by Mr A.R. Wallace at the Islands

of Aru and Key. **J. Proc. Linn. Soc. Lond. Zool.** 3: 132-158.

_____. 1874. Descriptions of new species of Tenthredinidae, Ichneumonidae, Chrysididae, Formicidae, & c. of Japan. **Transactions of the Entomological Society of London** 4 (7): 373-409.

Wheeler, G.C. and J. Wheeler. 1990. Larvae of the formicine ant genus *Polyrhachis*. **Trans. Am. Entomol. Soc.** 116: 753-767.

Wheeler, W.M. 1911. Three formicid names which have been overlooked. Science. **New York (N.S.)** 33: 858-860.

_____. 1922. Ants of the American Museum Congo Expedition. A contribution to the myrmecology of Africa. **Bulletin of the American Museum of Natural History** 45: 13-1055.

นิพนธ์ต้นฉบับ

เรณูวิทยาของพืชวงศ์ถั่วบางชนิดในจังหวัดภูเก็ต

Palynological studies of some species of Fabaceae in Phuket province

ปราณี อินสุทน* Pranee Insuton*
เบญจวรรณ ชิวปรีชา Benchawon Chiwapreecha

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
Faculty of Science, Burapha University, Muang District, Chon Buri Province, 20131 Thailand
*Corresponding Author, E-mail: insuton.kik@gmail.com

รับต้นฉบับ 14 ธันวาคม 2560 รับลงพิมพ์ 26 มกราคม 2561

ABSTRACT

The study of pollen grain in 18 species of family Fabaceae in Phuket province namely *Bauhinia monandra* Kurz, *B. pottsii* G. Don, *B. purpurea* L., *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw., *Cassia fistula* L., *C. grandis* L.f., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., *Parkia speciosa* Hassk, *P. timoriana* (DC.) Merr., *Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne, *Phanera aureifolia* (K. Larsen & S.S. Larsen) Banyop., P.P. Ghoshal & M.K. Pathak, *Saraca indica* L., *Senna floribunda* (Cav.) H.S. Irwin & Barneby, *S. siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby, *S. timoriensis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby, *Sesbania grandiflora* (L.) Poir., *Strongylodon macrobotrys* A. Gray and *Tamarindus indica* L. has been undertaken by acetolysis method. The palynological characters were examined by compound light microscope and scanning electron microscope (LM & SEM). The results showed difference palynological characteristics of which the pollens could be divided into two groups. The first one has two different types : the first one is tetrad pollen with pantoporate apertures and finely reticulate exine sculpturing was found in *Bauhinia pottsii* and the second one is polyad pollen with pantoporate aperture type with rugulate exine sculpturing which was found in *Parkia speciosa* and *P. timoriana*. The second one is monad pollen (15 species) most of them (14 species) has the pollen characters with tricolporate aperture type and exine sculpturing varied from rugulate, striate, reticulate and finely reticulate, only *Bauhinia monandra* found 5-zonocolporate and baculate exine sculpturing.

Keywords: palynology, Fabaceae, Phuket Province

บทคัดย่อ

ศึกษาเรณูวิทยาของพืชวงศ์ถั่ว (Fabaceae) 18 ชนิด ในจังหวัดภูเก็ต ได้แก่ *Bauhinia monandra* Kurz (โยทะกา), *B. pottsii* G. Don (ชงโคดำ), *B. purpurea* L. (ชงโค), *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw. (หางนกยูงไทย), *Cassia fistula* L. (ราชพฤกษ์), *C. grandis* L.f. (กาฬพฤกษ์), *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (กระถิน), *Parkia speciosa* Hassk (สะตอ), *P. timoriana* (DC.) Merr. (เหรียง), *Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne (นนทรี), *Phanera aureifolia* (K. Larsen & S.S. Larsen) Banyop., P.P. Ghoshal & M.K. Pathak (ใบไม้สีทอง), *Saraca indica* L. (โศกน้ำ), *Senna floribunda* (Cav.) H.S. Irwin & Barneby (ขี้เหล็กอเมริกัน), *S. siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby (ขี้เหล็ก), *S. timoriensis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby (ขี้เหล็กเลือด), *Sesbania grandiflora* (L.) Poir. (แค), *Strongylodon macrobotrys* A. Gray (พวงหยก) และ *Tamarindus indica* L. (มะขาม) โดยใช้วิธีอะซีโตไลซิส (acetolysis) นำเรณูมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (LM) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบลักษณะของเรณูแตกต่างกัน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นเรณูที่อยู่เป็นกลุ่มแบบกลุ่มละสี่ (tetrad) พบใน *Bauhinia pottsii* มีช่องเปิดแบบ pantoporate ลวดลายบนผนังเรณู เป็นแบบ finely reticulate และเรณูที่อยู่เป็นกลุ่มแบบกลุ่มมากกว่าสี่ (polyad) ได้แก่ *Parkia speciosa* และ *P. timoriana* เรณูพืชทั้ง 2 ชนิดมีช่องเปิดแบบ pantoporate ลวดลายบนผนังเรณูเป็นแบบ rugulate และกลุ่มที่ 2 เป็นเรณูที่อยู่กลุ่มละหนึ่ง (monad) พบในพืช 15 ชนิด ในจำนวนนี้ส่วนใหญ่มีรูปแบบของช่องเปิดของพืชเป็นแบบ tricolporate และมีลวดลายบนผนังเรณูที่แตกต่างกันได้ 4 แบบ ได้แก่ regulate, striate, reticulate และ finely reticulate ยกเว้นเพียงชนิดเดียว คือ *Bauhinia monandra* ที่มีช่องเปิดแบบ 5-zonocolporate และลวดลายบนผนังเรณูแบบ baculate

คำสำคัญ: เรณูวิทยา วงศ์ถั่ว จังหวัดภูเก็ต

คำนำ

เรณู (Pollen) คือแกมีโทไฟต์เพศผู้ (male gametophyte) ของพืชมีเมล็ด ทั้งพืชเมล็ดเปลือยและพืชดอก ซึ่งทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (sperm cell) เพื่อไปผสมพันธุ์กับเซลล์ไข่ เรณูของพืชที่สร้างมาจากอับเรณูเป็นโครงสร้างที่ทำหน้าที่ขนส่งเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ซึ่งทำหน้าที่ถ่ายทอดพันธุกรรมของพืช ความโดดเด่นของเรณูพืชอยู่ที่ผนังหุ้มเรณูที่ประกอบด้วยสารสปอโรพอลลินิน (sporopollenin) ซึ่งมีคุณสมบัติทนต่ออุณหภูมิสูง กรด ด่าง และการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ ดังนั้นเรณูพืชจึงมีความคงทนสูง ไม่ถูกทำลายได้ง่ายในธรรมชาติ นอกจากนี้เรณูยังมีประโยชน์ทางด้านการเกษตร เช่น การใช้ทำนายการอพยพของแมลง เป็นแหล่งอาหารของผึ้งและชันโรง ใช้พิสูจน์หลักฐานในทางนิติวิทยาศาสตร์ การติดตามการเปลี่ยนแปลงของสภาวะอากาศ และการศึกษาด้านแหล่งกำเนิดทางธรณีวิทยา (ทิพย์สุดา และคณะ, 2553)

พืชวงศ์ถั่วมีสมาชิกมากเป็นอันดับ 3 รองมาจากวงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) และวงศ์กล้วยไม้ (Orchidaceae) ทั่วโลกมีประมาณ 550 สกุล ในประเทศไทยเท่าที่มีการสำรวจพบ 95 สกุล นักพฤกษศาสตร์จำแนกพืชวงศ์ถั่วออกเป็น 3 วงศ์ย่อย (Sub-Families) ได้แก่ วงศ์ย่อยราชพฤกษ์ (Caesalpinoideae) วงศ์ย่อยแดง (Mimosoideae) และวงศ์ย่อยประดู่ (Papilionoideae) (ก่องกานดา และวรดลต์, 2559) พืชหลายชนิดในวงศ์นี้มีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ มากมาย เช่น เป็นพืชอาหาร ปลูกเป็นไม้ดอกไม้ประดับ นำเนื้อไม้มาใช้ประโยชน์ บางชนิดมีสรรพคุณทาง

สมุนไพร เช่น ขี้เหล็ก มะขาม ราชพฤกษ์ และฝาง รวมถึงการปลูกเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของดิน เป็นต้น

ในการศึกษาครั้งนี้เลือกศึกษาเรณูพืชในวงศ์ถั่ว จำนวน 18 ชนิด ในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่เป็นพืชอาหาร ได้แก่ กระถิน สะตอ เหรียง ขี้เหล็กอเมริกัน ขี้เหล็ก ขี้เหล็กเลือด แค และมะขาม ทั้งนี้สะตอ และเหรียงจัดเป็นพืชอาหารท้องถิ่นที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจในภาคใต้ของไทย กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่เป็นไม้ดอกไม้ประดับ ได้แก่ โยทะกา ชงโคดำ ชงโค หางนกยูงไทย ราชพฤกษ์ กาฬพฤกษ์ นนทรี ใบไม้สีทอง โศกน้ำ และพวงหยก ในกลุ่มนี้มีใบไม้สีทองเป็นพืชถิ่นเดียวของไทย พบเฉพาะในเขตจังหวัดปัตตานี นราธิวาส และยะลา เป็นพืชที่ได้รับความสนใจในวงการไม้ประดับ และการนำมาประยุกต์ทำเป็นสินค้าที่ระลึก การศึกษาสัณฐานวิทยาของเรณูในพืชวงศ์ถั่วบางชนิดในครั้งนี้ เพื่อศึกษารูปแบบ ลวดลายบนผนัง ช่องเปิด และการจำแนกชนิดพืชโดยใช้ลักษณะของเรณู สำหรับเป็นข้อมูลสำคัญสนับสนุนการวิจัยในสาขาที่เกี่ยวข้อง เช่น การสืบพันธุ์และการแพร่กระจายของเรณู เป็นแนวทางในการอนุรักษ์แมลงพาหะถ่ายเรณูของพืชวงศ์ถั่วชนิดต่างๆ ที่มีความสำคัญด้านการเกษตรและสาขาที่เกี่ยวข้อง

อุปกรณ์ และวิธีการ

เก็บตัวอย่างพืชในวงศ์ถั่ว จำนวน18 ชนิด ในพื้นที่อำเภอเมือง และอำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต นำตัวอย่างพรรณไม้ที่ศึกษาไปตรวจจำแนกชื่อวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้เอกสารทางพฤกษอนุกรมวิธานต่างๆ ร่วมกับคู่มือจำแนกพรรณไม้ (ราชันย์ และสมราน, 2557; ก่องกานดา และวรดลต์, 2559; ไชมอน และคณะ, 2559) แยกเอาเฉพาะส่วนของเรณูมาเตรียมตัวอย่างด้วยวิธีอะซีโตไลซิส (acetolysis) โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Erdtman (ประศาสตร์, 2551) ต้มเรณูด้วย KOH ความเข้มข้น 10% ประมาณ 2 นาที กรองตัวอย่างใส่หลอด และล้าง KOH ออกจากตัวอย่างด้วยน้ำ กำจัดน้ำออกโดย glacial acetic acid ก่อนนำไปอุ่นในสารละลาย acetolysis mixture ซึ่งมีส่วนผสมของ glacial acetic acid 9 ส่วน กับ conc sulphuric acid 1 ส่วน ล้างด้วยน้ำ และแบ่งตัวอย่างเป็น 2 ชุด ชุดแรกใช้ปลายไม้จิ้มฟันแตะเรณูวางบน stub นำไปเคลือบด้วยอนุภาคทอง เพื่อศึกษาลักษณะละเอียดผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ยี่ห้อ LEO รุ่น LEO 1450 VP JEOL ณ ห้องปฏิบัติการกล้องจุลทรรศน์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ตัวอย่างชุดที่สองดึงน้ำออกด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% และ 100% แช่ตัวอย่างใน benzene ผสม silicone oil เข้าตู้อบอุณหภูมิ 50 ℃ ทิ้งไว้ข้ามคืน เพื่อให้ benzene ระเหย นำตัวอย่างวางบนกระจกสไลด์ยึดด้วยพาราฟินหลอม นำไปศึกษาลักษณะของเรณูผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (LM) Olympus รุ่น Zeiss Axioskop 2 plus บันทึกภาพและวัดขนาดด้วยชุดอุปกรณ์ถ่ายภาพดิจิตอล Olympus รุ่น Ziess Axio Cam MRc บันทึกและบรรยายลักษณะเรณูของพืชแต่ละชนิดๆ ละ 10 เรณู ได้แก่ ขนาด รูปทรงเรณู ช่องเปิด (รูปแบบและจำนวน) และลวดลายบนผนังชั้นนอกของเรณู ตามวิธีการของ สุมน (ม.ป.ป.); ประนอม และพันธ์ทิวา (2556); Erdtman (1972)

ผลและวิจารณ์

เรณูของพืชวงศ์ถั่ว (Fabaceae) จำนวน 18 ชนิด ในจังหวัดภูเก็ต ได้แก่ *Bauhinia monandra* Kurz (โยทะกา), *B. pottsii* G. Don (ชงโคดำ), *B. purpurea* L. (ชงโค), *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw. (หางนกยูงไทย), *Cassia fistula* L. (ราชพฤกษ์), *C. grandis* L.f. (กาฬพฤกษ์), *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (กระถิน), *Parkia speciosa* Hassk (สะตอ), *P. timoriana* (DC.) Merr. (เหรียง), *Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne (นนทรี), *Phanera aureifolia* (K. Larsen & S.S. Larsen) Banyop., P.P. Ghoshal & M.K. Pathak (ใบไม้สีทอง), *Saraca indica* L. (โศกน้ำ),

Senna floribunda (Cav.) H.S. Irwin & Barneby (ขี้เหล็กอเมริกัน), *S. siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby (ขี้เหล็ก), *S. timoriensis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby (ขี้เหล็กเลือด), *Sesbania grandiflora* (L.) Poir. (แค), *Strongylodon macrobotrys* A. Gray (พวงหยก) และ *Tamarindus indica* L. (มะขาม) พบว่ามีลักษณะทางเรณูวิทยาแตกต่างกัน (Table 1 และ Figure 1-5) โดยมีเกณฑ์ในการกำหนดขนาดเรณู ดังนี้ ขนาดใหญ่มาก (100 - 200 µm) ขนาดใหญ่ (50 - 100 µm) ขนาดกลาง (25 -50 µm) และขนาดเล็ก (10 -25 µm)

Table 1 Pollen characters of some species of Fabaceae in Phuket province.

Sciencetific name	P/E (µm)	Shape	Pollen size	Aperture system	Ornamentation
Bauhinia monandra	0.81	Suboblate	large	5-zonocolporate	Baculate
Bauhinia pottsii	0.80	Suboblate	large	pantoporate	Finely reticulate
Bauhinia purpurea	1.15	Subprolate	medium	tricolporate	Striate
Caesalpinia pulcherrima	1.00	Oblate-spheroidal Spheroidal Prolate-Spheroidal	large	tricolporate	Reticulate
Cassia fistula	1.04	Prolate-Spheroidal	medium	tricolporate	Rugulate
Cassia grandis	1.18	Subprolate	small	tricolporate	Rugulate
Leucaena leucocephala	1.00	Oblate-spheroidal Spheroidal Prolate-Spheroidal	medium	tricolporate	Finely reticulate
Parkia speciosa	1.31	Prolate	large	Pantoporate	Rugulate
Parkia timoriana	1.39	Prolate	very large	Pantoporate	Rugulate
Peltophorum pterocarpum	1.02	Prolate-Spheroidal	medium	tricolporate	Reticulate
Phanera aureifolia	1.15	Subprolate	large	tricolporate	Reticulate
Saraca indica	1.38	Prolate	medium	tricolporate	Rugulate
Senna floribunda	1.13	Prolate- Spheroidal	small	tricolporate	Rugulate
Senna siamea	1.20	Subprolate	medium	tricolporate	Rugulate
Senna timoriensis	1.42	Prolate	medium	tricolporate	Rugulate
Sesbania grandiflora	1.25	Subprolate	medium	tricolporate	Reticulate
Strongylodon macrobotrys	1.31	Prolate	medium	tricolporate	Reticulate
Tamarindus indica	1.09	Prolate-Spheroidal	small	tricolporate	Striate

Note: P/E is ratio between polar axis (P) with equatorial axis (E)



Figure 1 pollen from compound light microscope (LM), *Bauhinia monandra* (A-B) *Bauhinia pottsii* (C) *Bauhinia purpurea* (D-E) *Caesalpinia pulcherrima* (F-G) *Cassia fistula* (H-I) *Cassia grandis* (J-K) *Leucaena leucocephala* (L-M) *Parkia speciose* (N) *Parkia timoriana* (O) *Peltophorum pterocarpum* (P) (Scale bar = 10 μm)

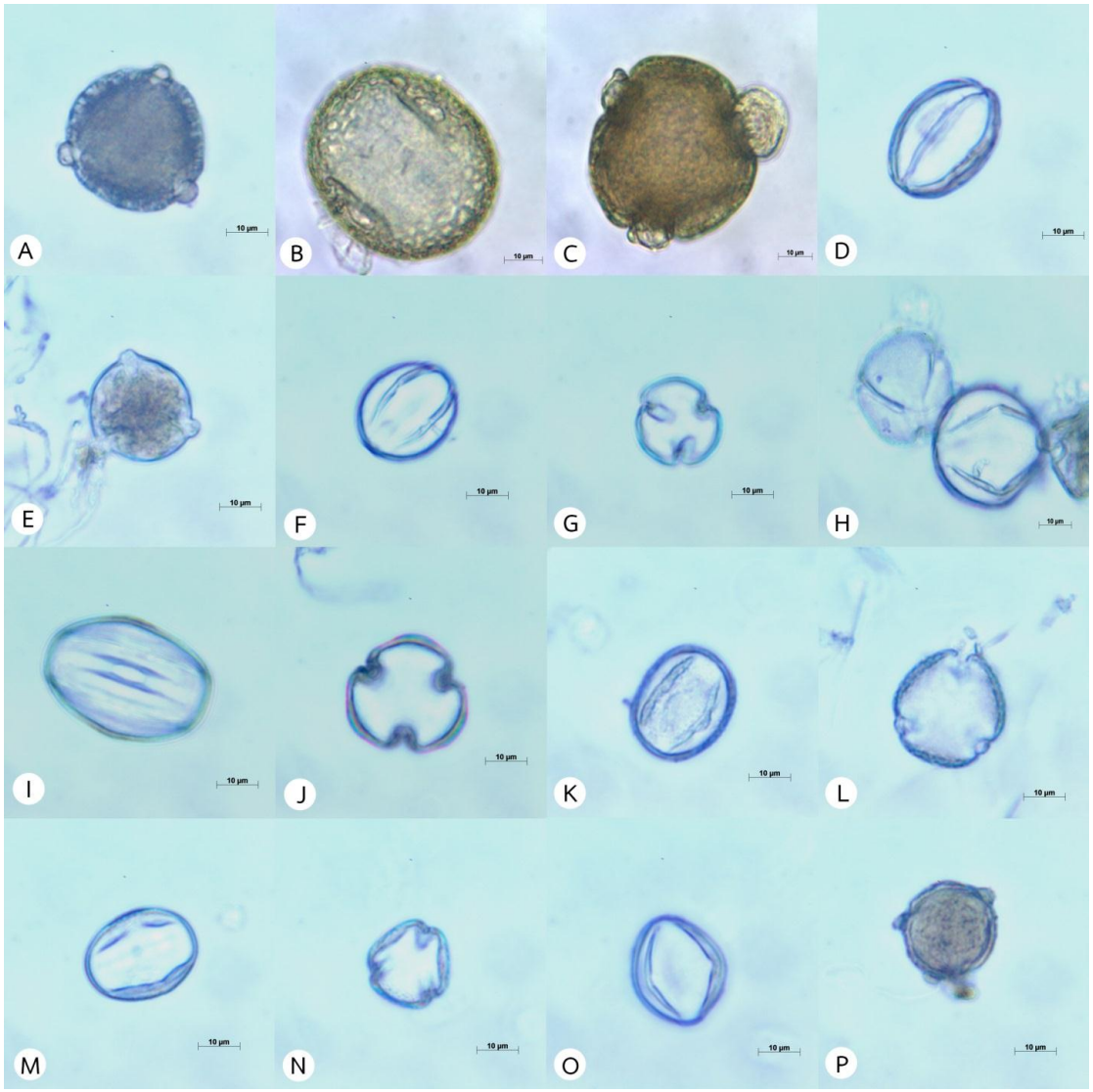


Figure 2 pollen from compound light microscope (LM), *Peltophorum pterocarpum* (A) *Phanera aureifolia* (B-C) *Saraca indica* (D-E) *Senna floribunda* (F-G) *Senna siamea* (H) *Senna timoriensis* (I-J) *Sesbania grandiflora* (K-L) *Strongylodon macrobotrys* (M-N) *Tamarindus indica* (O-P) (Scale bar = 10 **µ**m)

1. *Bauhinia monandra* (โยทะกา) เป็นเรณูกลุ่มละหนึ่ง (monad) ช่องเปิดแบบ 5-zonocolporate รูปร่าง suboblate ความยาวตามแนวแกนขั้ว (P) เฉลี่ย 61.5 µm ความยาวตามแนวแกนเส้นศูนย์สูตร (E) เฉลี่ย 75.6 µm เป็นเรณูขนาดใหญ่ ลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ baculate

2. *B. pottsii* (ชงโคดำ) เป็นเรณูกลุ่มละสี่ (tetrad) ช่องเปิดแบบ pantoporate รูปร่าง suboblate ความยาวตามแนวแกนขั้ว (P) เฉลี่ย 72.7 µm ความยาวตามแนวแกนเส้นศูนย์สูตร (E) เฉลี่ย 90.8 µm เป็นเรณูขนาดใหญ่ ลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ finely reticulate

3. *B. purpurea* (ชงโค) เป็นเรณู monad ช่องเปิดแบบ tricolporate รูปร่าง subprolate ความยาวตามแนวแกนขั้ว (P) เฉลี่ย 44.4 µm ความยาวตามแนวแกนเส้นศูนย์สูตร (E) เฉลี่ย 38.6 µm เป็นเรณูขนาดกลาง ลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ striate

4. *Caesalpinia pulcherrima* (หางนกยูงไทย) เป็นเรณู monad ช่องเปิดแบบ tricolporate รูปร่าง oblate-spheroidal, spheroidal, prolate-spheroidal ความยาวตามแนวแกนขั้ว (P) เฉลี่ย 51.0 µm ความยาวตามแนวแกนเส้นศูนย์สูตร (E) เฉลี่ย 50.8 µm เป็นเรณูขนาดใหญ่ ลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ reticulate

5. *Cassia fistula* (ราชพฤกษ์) เป็นเรณู monad ช่องเปิดแบบ tricolporate รูปร่าง prolate-spheroidal ความยาวตามแนวแกนขั้ว (P) เฉลี่ย 25.4 µm ความยาวตามแนวแกนเส้นศูนย์สูตร (E) เฉลี่ย 24.5 µm เป็นเรณูขนาดกลาง ลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ rugulate

6. *C. grandis* (กาฬพฤกษ์) เป็นเรณู monad ช่องเปิดแบบ tricolporate รูปร่าง subprolate ความยาวตามแนวแกนขั้ว (P) เฉลี่ย 23.4 µm ความยาวตามแนวแกนเส้นศูนย์สูตร (E) เฉลี่ย 19.8 µm เป็นเรณูขนาดเล็ก ลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ rugulate

7. *Leucaena leucocephala* (กระถิน) เป็นเรณู monad ช่องเปิดแบบ tricolporate รูปร่าง oblate-spheroidal, spheroidal, prolate-spheroidal ความยาวตามแนวแกนขั้ว (P) เฉลี่ย 35.0 µm ความยาวตามแนวแกนเส้นศูนย์สูตร (E) เฉลี่ย 34.9 µm เป็นเรณูขนาดกลาง ลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ finely reticulate

8. *Parkia speciosa* (สะตอ) เป็นเรณูกลุ่มมากกว่าสี่ (polyad) ช่องเปิดแบบ pantoporate รูปร่าง prolate ความยาวตามแนวแกนขั้ว (P) เฉลี่ย 70.6 µm ความยาวตามแนวแกนเส้นศูนย์สูตร (E) เฉลี่ย 53.9 µm เป็นเรณูขนาดใหญ่ ลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ rugulate

9. *P. timoriana* (เหรียง) เป็นเรณู polyad ช่องเปิดแบบ pantoporate รูปร่าง prolate ความยาวตามแนวแกนขั้ว (P) เฉลี่ย 81.5 µm ความยาวตามแนวแกนเส้นศูนย์สูตร (E) เฉลี่ย 58.4 µm เป็นเรณูขนาดใหญ่มาก ลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ rugulate

10. *Peltophorum pterocarpum* (นนทรี) เป็นเรณู monad ช่องเปิดแบบ tricolporate รูปร่าง prolate-spheroidal ความยาวตามแนวแกนขั้ว (P) เฉลี่ย 36.1 µm ความยาวตามแนวแกนเส้นศูนย์สูตร (E) เฉลี่ย 35.3 µm เป็นเรณูขนาดกลาง ลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ reticulate

11. *Phanera aureifolia* (ใบไม้สีทอง) เป็นเรณู monad ช่องเปิดแบบ tricolporate รูปร่าง subprolate ความยาวตามแนวแกนขั้ว (P) เฉลี่ย 51.6 µm ความยาวตามแนวแกนเส้นศูนย์สูตร (E) เฉลี่ย 44.8 µm เป็นเรณูขนาดใหญ่ ลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ reticulate

12. *Saraca indica* (โศกน้ำ) เป็นเรณู monad ช่องเปิดแบบ tricolporate รูปร่าง prolate ความยาวตามแนวแกนขั้ว (P) เฉลี่ย 33.3 µm ความยาวตามแนวแกนเส้นศูนย์สูตร (E) เฉลี่ย 24.2 µm เป็นเรณูขนาดกลาง ลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ rugulate

13. *Senna floribunda* (ขี้เหล็กอเมริกัน) เป็นเรณู monad ช่องเปิดแบบ tricolporate รูปร่าง prolate-spheroidal ความยาวตามแนวแกนขั้ว (P) เฉลี่ย 24.8 µm ความยาวตามแนวแกนเส้นศูนย์สูตร (E) เฉลี่ย 21.9 µm

เป็นเรณูขนาดเล็ก ลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ rugulate

14. *S. siamea* (ขี้เหล็ก) เป็นเรณู monad ช่องเปิดแบบ tricolporate รูปร่าง subprolate ความยาวตามแนวแกนขั้ว (P) เฉลี่ย 35.9 µm ความยาวตามแนวแกนเส้นศูนย์สูตร (E) เฉลี่ย 30.0 µm เป็นเรณูขนาดกลาง ลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ rugulate

15. *S. timoriensis* (ขี้เหล็กเลือด) เป็นเรณู monad ช่องเปิดแบบ tricolporate รูปร่าง prolate ความยาวตามแนวแกนขั้ว (P) เฉลี่ย 40.3 µm ความยาวตามแนวแกนเส้นศูนย์สูตร (E) เฉลี่ย 28.4 µm เป็นเรณูขนาดกลาง ลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ rugulate

16. *Sesbania grandiflora* (แค) เป็นเรณู monad ช่องเปิดแบบ tricolporate รูปร่าง subprolate ความยาวตามแนวแกนขั้ว (P) เฉลี่ย 29.6 µm ความยาวตามแนวแกนเส้นศูนย์สูตร (E) เฉลี่ย 23.8 µm เป็นเรณูขนาดกลาง ลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ reticulate

17. *Strongylodon macrobotrys* (พวงหยก) เป็นเรณู monad ช่องเปิดแบบ tricolporate รูปร่าง prolate ความยาวตามแนวแกนขั้ว (P) เฉลี่ย 26.6 µm ความยาวตามแนวแกนเส้นศูนย์สูตร (E) เฉลี่ย 20.3 µm เป็นเรณูขนาดกลาง ลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ reticulate

18. *Tamarindus indica* (มะขาม) เป็นเรณู monad ช่องเปิดแบบ tricolporate รูปร่าง prolate-spheroidal ความยาวตามแนวแกนขั้ว (P) เฉลี่ย 24.5 µm ความยาวตามแนวแกนเส้นศูนย์สูตร (E) เฉลี่ย 22.4 µm เป็นเรณูขนาดเล็ก ลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ striate

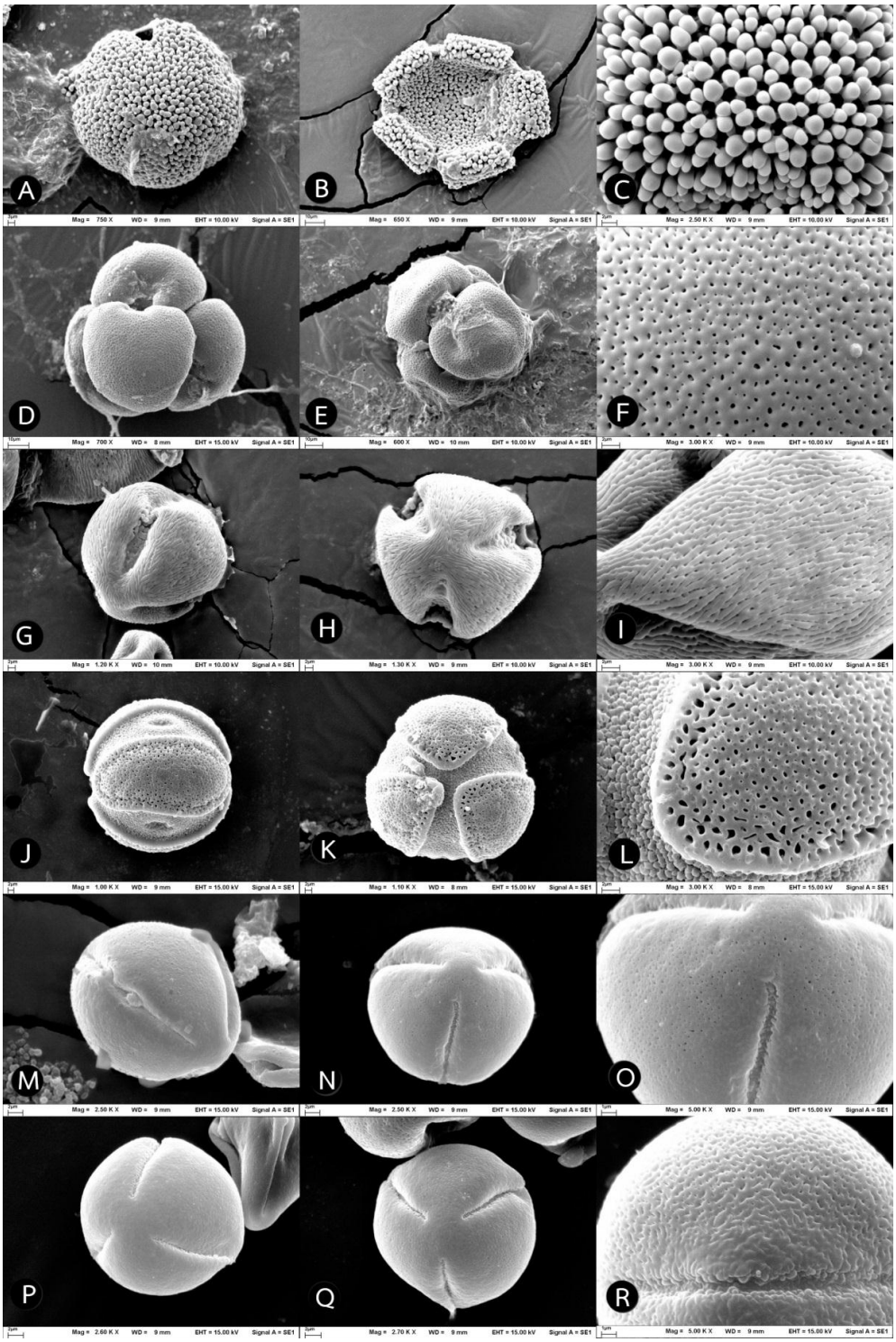


Figure 3 pollen from scanning electron microscope (SEM), *Bauhinia monandra* (A-C) *Bauhinia pottsii* (D-F) *Bauhinia purpurea* (G-I) *Caesalpinia pulcherrima* (J-L) *Cassia fistula* (M-O) *Cassia grandis* (P-R) (scale bar O,R = 1 µm C,F,G,H,I,J,K,L,M,N,P,Q = 2 µm B,D,E = 10 µm)

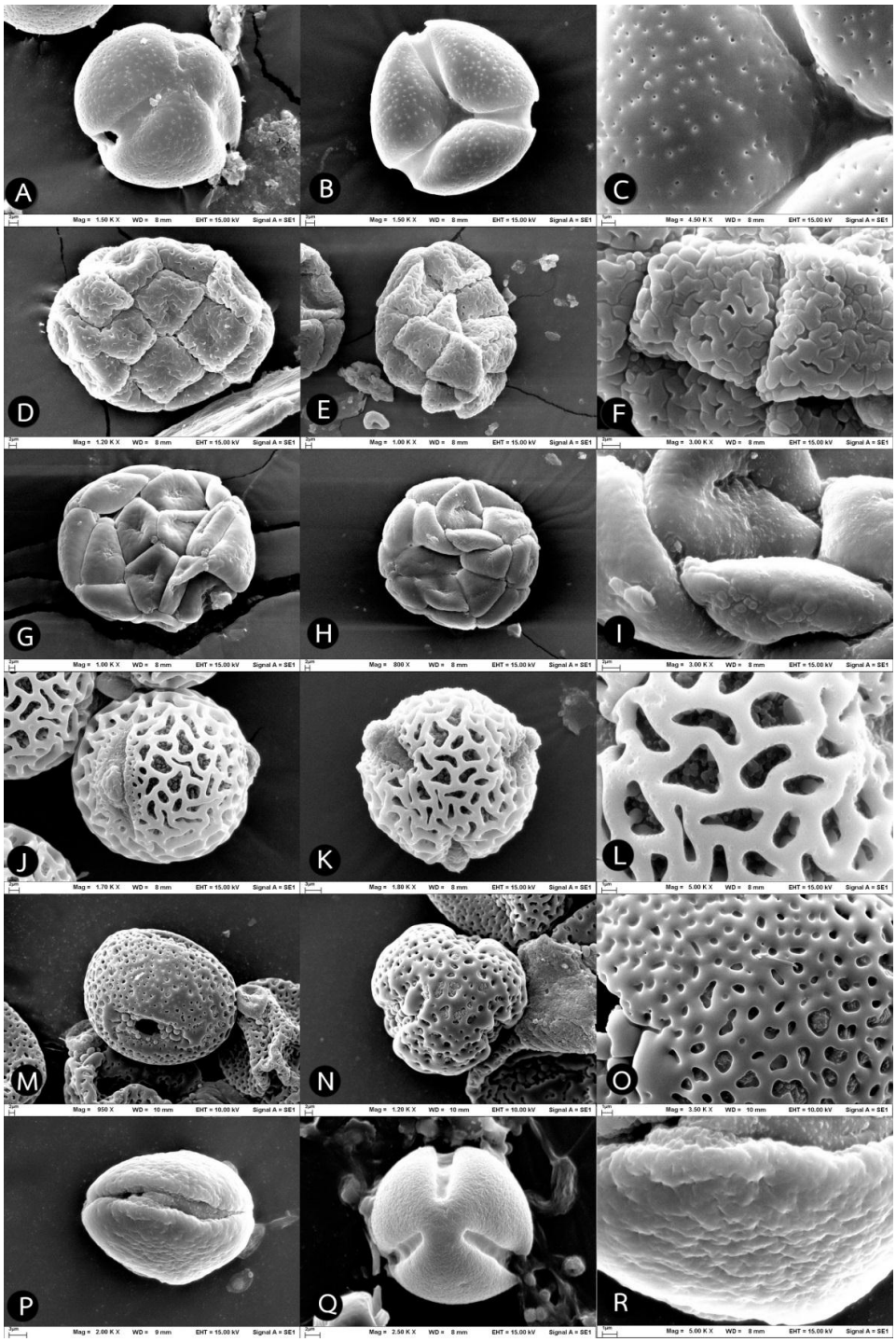


Figure 4 pollen from scanning electron microscope (SEM), *Leucaena leucocephala* (A-C) *Parkia speciose* (D-F) *Parkia timoriana* (G-I) *Peltophorum pterocarpum* (J-L) *Phanera aureifolia* (M-O) *Saraca indica* (P-R) (scale bar C,L,O,R = 1 µm A,B,D,E,F,G,H,I,J,M,N,Q = 2 µm K,P = 3 µm)

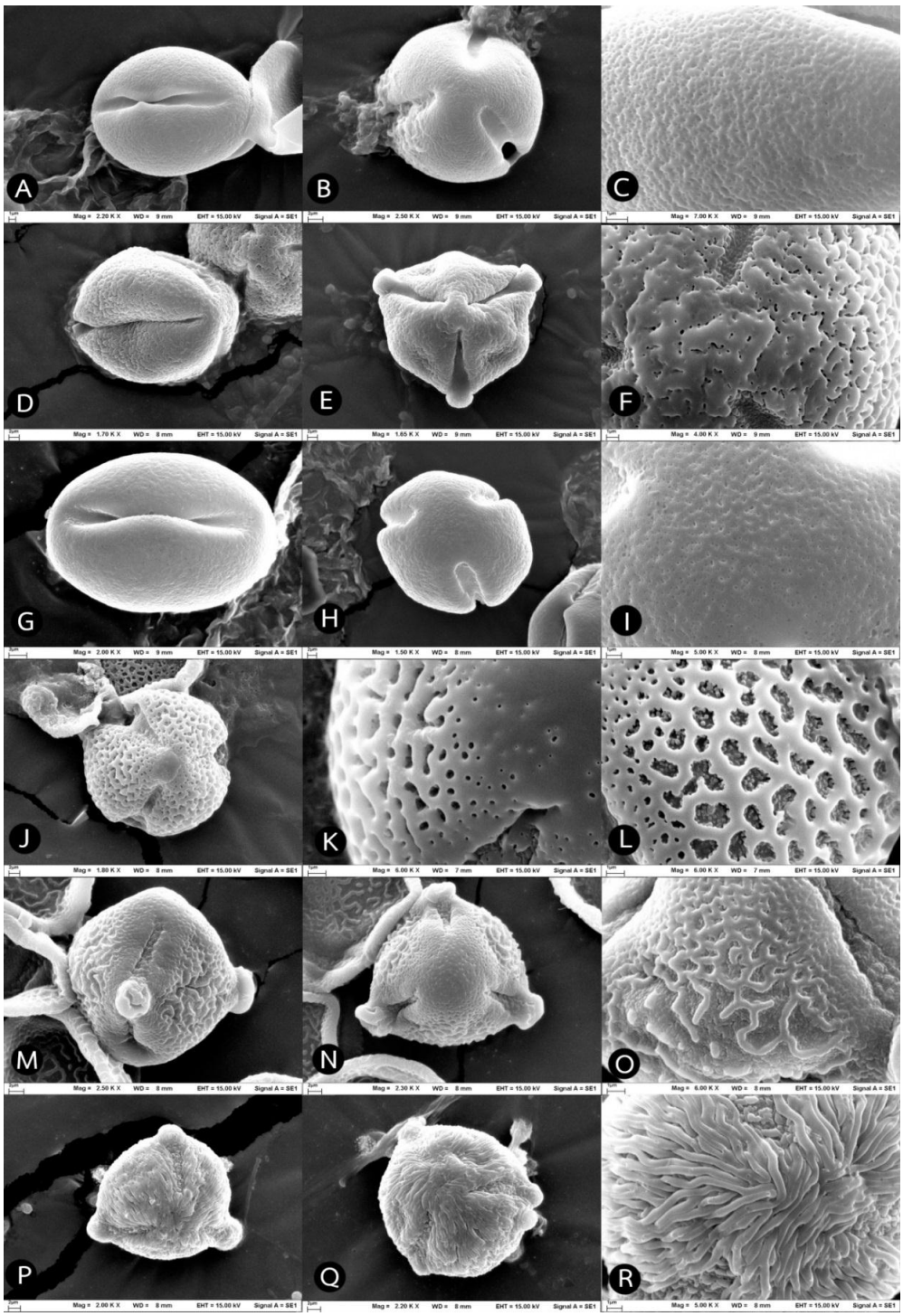


Figure 5 pollen from scanning electron microscope (SEM), *Senna floribunda* (A-C) *Senna siamea* (D-F) *Senna timoriensis* (G-I) *Sesbania grandiflora* (J-L) *Strongylodon macrobotrys* (M-O) *Tamarindus indica* (P-R) (scale bar A,C,F,I,K,L,O,R,= 1 µm B,D,E,H,J,M,N,P,Q = 2 µm G = 3 µm)

จากการศึกษาพืชวงศ์ย่อย Caesalpinoideae จำนวน 13 ชนิด พบเรณูแบบ tetrad 1 ชนิด คือ *Bauhinia pottsii* (ชงโคดำ) ส่วนพืชอีก 12 ชนิด เป็นเรณูแบบ monad โดยที่ *B. monandra (โยทะกา)* (Figure 3 A-C) เป็นเพียงชนิดเดียวที่มีช่องเปิดแบบ 5-zonocolporate และลวดลายบนผนังแบบ baculate ซึ่งลักษณะดังกล่าวใช้จำแนกเรณูของโยทะกาออกจากพืชชนิดอื่นได้ ส่วนเรณูพืชอีก 11 ชนิด มีช่องเปิดแบบ tricolporate นอกจากนี้ พบว่าเรณูพืชบางชนิดมีช่องเปิดด้านในนูนพ้นช่องเปิดด้านนอกออกมา ได้แก่ *Peltophorum pterocarpum* (นนทรี), *Senna siamea* (ขี้เหล็ก) และ *Tamarindus indica* (มะขาม) *(Figure 4 J-L, Figure 5 D-F และ P-R ตามลำดับ)* ซึ่งเป็นลักษณะที่แตกต่างกันจากพืชที่อยู่วงศ์ย่อยเดียวกัน อย่างไรก็ตาม เรณูพืชในสกุล *Cassia* 2 ชนิด และสกุล *Senna* 3 ชนิด ใช้ลักษณะเรณูเพื่อการระบุชนิดได้ยาก เพราะมีความคล้ายคลึงกันมาก

พืชวงศ์ย่อย Mimosoideae ชนิด *Parkia speciose* (สะตอ) และ *P. timoriana* (เหรียง) พบว่าเป็นเรณูแบบ polyad ซึ่งพบเรณูแบบดังกล่าวน้อยในวงศ์ย่อยนี้

ผลการศึกษาพบเรณูที่อยู่เป็นกลุ่ม ในพืชวงศ์ย่อย Caesalpinoideae และ *วงศ์ย่อย* Mimosoideae มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ เบญจวรรณ และคณะ (2559) ที่ได้ศึกษาเรณูวิทยาของพืชดอกในโครงการพัฒนาป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด (มูลนิธิชัยพัฒนา) จังหวัดจันทบุรี พบว่าเรณูของ*วงศ์ย่อย* Caesalpinoideae ได้แก่ ชงโคขาว (*Bauhinia pottsii* G. Don var. *subsessilis* (Craib) de Wit) เป็นแบบ tetrad ส่วนเรณูของ*วงศ์ย่อย* Mimosoideae ได้แก่ เหลืองขี้แรด (*Acacia megaladena* var. *indochinensis* I.C. Nielsen) เป็นแบบ polyad และไมยราบ (*Mimosa pudica* L.) เป็นแบบ diad จึงอาจกล่าวได้ว่าเรณูที่อยู่เป็นกลุ่มมีโอกาสพบได้ในพืชวงศ์ถั่วทั้ง 2 วงศ์ย่อยที่กล่าวมา

พืชวงศ์ย่อย Papilionoideae พบว่าเรณูมีลักษณะคล้ายคลึงกัน มีลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ reticulate และช่องเปิดแบบ tricolporate ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของมะลิวรรณ และคณะ (2558) ที่ได้ศึกษาสัณฐานวิทยาเรณูพืชวงศ์ถั่ว 11 ชนิด ในวงศ์ย่อย Papilionoideae พบว่าเรณูมีความคล้ายคลึงกันมาก กล่าวคือเป็นเรณู monad ลวดลายบนผนังแบบ reticulate ช่องเปิดแบบ tricolporate อย่างไรก็ตามช่องเปิดของเรณู *Strongylodon macrobotrys* (พวงหยก) และ *Sesbania grandiflora* (แค) พบว่ามีลักษณะแตกต่างกันเล็กน้อย โดย *Strongylodon macrobotrys* พวงหยก มีช่องเปิดด้านในที่นูนออกมา (Figure 5 M-O) ในขณะที่แค มีช่องเปิดด้านในเสมอขอบของร่อง (Figure 5 J-L) จึงอาจใช้ลักษณะที่แตกต่างกันดังกล่าวในการจำแนกพืชทั้งสองชนิดนี้ได้

พืชวงศ์ถั่วที่เป็นเรณู monad ส่วนใหญ่ที่พบในการศึกษานี้จำนวน 14 ชนิด ส่วนใหญ่มีช่องเปิดแบบ tricolporate ทั้งหมด (ยกเว้นโยทะกา) ซึ่งเป็นลักษณะที่พบได้ทั้ง 3 วงศ์ย่อย จึงต้องใช้ลักษณะอื่นๆ เพิ่มเติมเพื่อใช้ในการระบุชนิด ได้แก่ ลวดลายบนผนัง รูปทรง ลักษณะช่องเปิดใน (นูนหรือเรียบเสมอช่องเปิดนอก) และขนาดเรณู อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ทำให้ได้ข้อมูลเพื่อการสนับสนุนสำหรับเทียบเคียงลักษณะเรณูที่อาจพบในผลิตผลจากผึ้ง เช่น เกสรผึ้ง (bee pollen) หรือในสมุนไพรที่มีส่วนประกอบของดอกไม้ เพื่อใช้ประกอบการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ด้านพืชอาหารผึ้ง หรือใช้ในการพิสูจน์เอกลักษณ์พืชสมุนไพรตามตำรับยา

งานวิจัยนี้พบพืชหลายชนิดจัดเป็นกลุ่มพืชอาหารที่สำคัญของผึ้งและชันโรง ดังรายงานของ ธัชคณิน และสหณัฐ (2558) ที่ได้ศึกษาพืชอาหารของแมลงพาหะถ่ายเรณูในวงศ์ Apidae (Hymenoptera) ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า จังหวัดพิษณุโลก รายงานว่าพืชในวงศ์ถั่วหรือ Fabaceae เป็นแหล่งเรณูพืชอาหารของแมลงกลุ่มนี้ นอกเหนือจากเรณูพืชอาหารที่ได้จากพืชในวงศ์ Acanthaceae, Asteraceae, Balsaminaceae, Buddlejaceae, Commelinaceae, Ericaceae, Euphorbiaceae, Hydrangeaceae, Melastomataceae, Myrsinaceae, Myrtaceae, Polygalaceae, Rosaceae, Rubiaceae, Rutaceae, Verbenaceae และ Zingiberaceae จากรายงานเห็นได้ว่าถึงจะมีพืชหลายวงศ์ที่เป็นพืชอาหารแก่ผึ้งและชันโรง แต่พืชหลายชนิด

มีช่วงระยะเวลาการออกดอกเพียงปีละครั้ง ในขณะที่พืชในวงศ์ถั่วหลายชนิดออกดอกทั้งปี หรือออกดอกทยอยไปตลอดปี และสอดคล้องกับเบญจวรรณ และคณะ (2559) ที่ได้รายงานเกี่ยวกับพืชวงศ์ถั่วที่ให้เรณูเป็นแหล่งอาหารตลอดทั้งปีแก่ผึ้งและชันโรง ในพืช *Bauhinia pottsii* var. *subsessilis* (ชงโคขาว) *Mimosa pudica* (ไมยราบ) และ *Senna siamea* (ขี้เหล็ก) พบว่าลักษณะเรณูของชงโคขาวมีลักษณะใกล้เคียงกับ *Bauhinia pottsii* (ชงโคดำ) เป็นเรณูแบบ tetrad ช่องเปิดแบบ pantoporate รูปร่าง oblate ในขณะที่ขี้เหล็กมีลักษณะเรณูแบบ monad ช่องเปิดแบบ tricolporate รูปร่าง subprolate ลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ regulate ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้

จากการศึกษาขนาดของเรณู พบว่ามีความสำคัญต่อการแพร่กระจาย ในการวิจัยนี้พบเรณูขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 50-100 µm) จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ *Bauhinia monandra* (โยทะกา), *Bauhinia pottsii* (ชงโคดำ), *Caesalpinia pulcherrima* (หางนกยูงไทย), *Parkia speciosa* (สะตอ) และ *Phanera aureifolia* (ใบไม้สีทอง) และพบเรณูขนาดใหญ่มาก (เส้นผ่านศูนย์กลาง 100-200 µm) ได้แก่ *P. timoriana* (เหรียง) เรณูที่มีขนาดใหญ่การแพร่กระจายโดยอาศัยเพียงลมเกิดขึ้นได้ค่อนข้างยาก จึงต้องอาศัยสัตว์เป็นพาหะในการถ่ายเรณู ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ได้รายงานว่าค้างคาวเล็บกุดเป็นตัวการหลักที่เป็นพาหะถ่ายเรณูให้พืชเศรษฐกิจที่สำคัญในภาคใต้ไม่ต่ำกว่า 10 ชนิด อาทิ สะตอ ลูกเหรียง ทุเรียนบ้าน (*Durio* spp.) ทุเรียนพันธุ์ (*Durio zibethinus* L.) เพกา [*Oroxylum indicum* (L.) Benth. ex Kurz] นุ่น [*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.] ไม้ลำพู [*Sonneratia caseolaris* (L.) Engl.] (ศูนย์สื่อสารวิทยาศาสตร์ไทย, 2552) ซึ่งคิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงถึง 4,400 ล้านบาท/ปี ดังนั้นการอนุรักษ์สัตว์ที่เป็นพาหะถ่ายเรณูจึงต้องอนุรักษ์พืชอาหารของสัตว์เหล่านี้ควบคู่กันไปด้วย สำหรับเรณูขนาดเล็กอาศัยลมในการแพร่กระจายเรณูได้ง่าย ในการวิจัยครั้งนี้พบเรณูพืช 3 ชนิด ได้แก่ *Cassia grandis* (กาฬพฤกษ์) *Senna floribunda* (ขี้เหล็กอเมริกัน) และ *Tamarindus indica* (มะขาม) จัดอยู่ในกลุ่มเรณูขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลาง 10-25 µm) ที่สามารถปลิวไปในอากาศได้เป็นระยะทางไกล นอกจากนี้เรณูพืชบางชนิดอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ได้แก่ อาการแพ้จากการสัมผัสกับเรณูในปริมาณมาก อาการแพ้เกิดขึ้นได้ทั้งระบบหายใจ หรืออาการผื่นคันตามผิวหนัง ดังรายงานของ Dhorranintra *et al.* (1991) ระบุถึงเรณูพืชวงศ์ถั่วที่เป็นสาเหตุให้เกิดอาการภูมิแพ้ในมนุษย์ ได้แก่ *Mimosa pudica* (ไมยราบ) และ *Senna siamea* (ขี้เหล็ก) ซึ่งจากงานวิจัยนี้พบว่าขี้เหล็กเป็นเรณูขนาดกลาง (เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 -50 µm) แต่ยังสามารถแพร่กระจายโดยลมได้ ดังนั้นขนาดของเรณูจึงมีผลต่อการแพร่กระจายพันธุ์ และเหตุดังกล่าวจึงอาจส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์ได้อีกประการหนึ่ง

อย่างไรก็ตามปัจจุบันได้มีการจัดจำแนกพืชในวงศ์ Fabaceae ตามระบบจำแนก APG III โดยใช้ลักษณะเปรียบเทียบทาง phylogeny จำแนกพืชในวงศ์นี้ออกเป็น 6 วงศ์ย่อย ได้แก่ Caesalpinioideae, Cercidoideae, Detarioideae, Dialioideae, Duparquetiodeae และ Papilionoideae (Azani, 2017) รวมทั้งมีการอธิบายถึงรูปแบบของเรณูที่พบในแต่ละวงศ์ย่อยไว้ เมื่อจำแนกพืชที่ศึกษาทั้ง 18 ชนิด ตามระบบ APG III พบว่าพืชตัวอย่างจัดอยู่ใน 4 วงศ์ย่อย ดังนี้. 1) วงศ์ย่อย Caesalpinioideae ประกอบด้วยพืชทั้งหมด 10 ชนิด ได้แก่ *Caesalpinia pulcherrima* (หางนกยูงไทย), *Cassia fistula* (ราชพฤกษ์), *C. grandis* (กาฬพฤกษ์), *Leucaena leucocephala* (กระถิน), *Parkia speciosa* (สะตอ), *P. timoriana* (เหรียง), *Peltophorum pterocarpum* (นนทรี), *Senna floribunda* (ขี้เหล็กอเมริกัน), *S. siamea* (ขี้เหล็ก) และ *S. timoriensis* (ขี้เหล็กเลือด) ส่วนใหญ่เป็นเรณูกลุ่มละหนึ่ง มีช่องเปิดแบบ tricolporate มีเพียง 2 ชนิด คือ สะตอ และเหรียงเป็นเรณูกลุ่มแบบ polyads สอดคล้องกับรายงานของ Azani (2017) รายงานว่าเรณูของพืชในวงศ์ย่อยนี้ส่วนใหญ่พบเป็นกลุ่มละหนึ่ง แต่มีโอกาสพบเป็นเรณูกลุ่มแบบ tetrads และ polyads ได้ 2) วงศ์ย่อย

Cercidoideae ประกอบด้วยพืชทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ *Bauhinia monandra* (โยทะกา), *B. pottsii* (ชงโคดำ), *B purpurea* (ชงโค) และ *Phanera aureifolia* (ใบไม้สีทอง) พบว่าเรณูของพืชในวงศ์ย่อยนี้มี 1 ชนิดที่พบเป็นแบบ tetrads คือชงโคดำ อีก 3 ชนิดเป็นเรณูกลุ่มละหนึ่ง ซึ่งชงโคและใบไม้สีทองมีช่องเปิดแบบ tricolporate มีเพียงชนิดเดียวคือ โยทะกา ที่พบช่องเปิดแตกต่างออกไป สอดคล้องกับรายงานของ Azani (2017) รายงานว่าลักษณะเด่นของเรณูในวงศ์ย่อยนี้เป็นเรณูกลุ่มละหนึ่ง มีช่องเปิดแบบ tricolporate, 3-6 colpate, 3-porate, 3-pororate, 3-4 colporoidate และ inaperture พบน้อยมากที่จะเป็นเรณูแบบกลุ่ม (tetrads) 3) วงศ์ย่อย Detarioideae ประกอบด้วยพืช 2 ชนิด คือ *Saraca indica* (โศกน้ำ) และ *Tamarindus indica* (มะขาม) ทั้ง 2 ชนิดพบเป็ดเรณูกลุ่มละหนึ่ง มีช่องเปิดแบบ tricolporate ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Azani (2017) รายงานว่าเรณูเป็นเม็ดเดี่ยว (monads) ช่องเปิดส่วนใหญ่แบบ tricolporate 4) วงศ์ย่อย Papilionoideae ประกอบด้วยพืช 2 ชนิด ได้แก่ *Sesbania grandiflora* (แค) และ *Strongylodon macrobotrys* (พวงหยก) เป็นเรณูกลุ่มละหนึ่ง มีช่องเปิดแบบ tricolporate ทั้ง 2 ชนิด สอดคล้องกับรายงานของ Azani (2017) รายงานว่าเรณูของพืชในวงศ์ย่อยนี้เป็นแบบกลุ่มละหนึ่ง ส่วนใหญ่มีช่องเปิดแบบ tricolporate, tricolpate และ triporate

สรุป

การศึกษาเรณูวิทยาของพืชวงศ์ถั่ว (Fabaceae) 18 ชนิด พบเรณูมีความแตกต่างกัน 2 กลุ่ม

1 กลุ่มมากกว่าสี่ (polyad) พบในวงศ์ย่อย Mimosoideae จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ *Parkia speciose* (สะตอ) และ *P. timoriana* (เหรียง) มีช่องเปิดแบบ pantoporate และลวดลายบนผนังเรณูแบบ rugulate และแบบ tetrad อยู่ในวงศ์ย่อย Caesalpinoideae 1 ชนิด คือ *Bauhinia pottsii* (ชงโคดำ) มีช่องเปิดแบบ pantoporate ลวดลายบนผนังเรณูแบบ finely reticulate

2. กลุ่มละหนึ่ง (monad) พบได้ทั้ง 3 วงศ์ย่อย จำนวน 15 ชนิด ได้แก่ *Bauhinia monandra* (โยทะกา), *B. purpurea* (ชงโค), *Caesalpinia pulcherrima* (หางนกยูงไทย), *Cassia fistula* (ราชพฤกษ์), *C. grandis* (กาฬพฤกษ์), *Leucaena leucocephala* (กระถิน), *Peltophorum pterocarpum* (นนทรี), *Phanera aureifolia* (ใบไม้สีทอง), *Saraca indica* (โศกน้ำ), *Senna floribunda* (ขี้เหล็กอเมริกัน), *S. siamea* (ขี้เหล็ก), *S. timoriensis* (ขี้เหล็กเลือด), *Sesbania grandiflora* (แค), *Strongylodon macrobotrys* (พวงหยก) และ *Tamarindus indica* (มะขาม) ในจำนวนนี้ 14 ชนิดมีช่องเปิดแบบ tricolporate แต่มีความแตกต่างกันในลักษณะลวดลายบนผนัง รูปทรงช่องเปิดใน (นูนหรือเรียบเสมอช่องเปิดนอก)

3. การใช้ลักษณะและขนาดเรณูเพื่อการจำแนกพืชในวงศ์ Fabaceae พบว่า พืชในสกุลเดียวกัน ได้แก่ สกุล *Senna* และ สกุล *Cassia* มีความคล้ายคลึงกันในระดับชนิด ในขณะที่เรณู *Bauhinia monandra* (โยทะกา) มีช่องเปิดแบบ 5-zonocolporate ซึ่งเป็นลักษณะที่แตกต่างจากพืชชนิดอื่นในกลุ่ม monad ซึ่งข้อมูลลักษณะเรณูพืชวงศ์ถั่วทั้ง 18 ชนิด สามารถใช้เพื่อการระบุชนิดพืชได้เพียง 2 ชนิด 1 สกุล ได้แก่ *Bauhinia pottsii* (ชงโคดำ), *B. monandra* (โยทะกา) ส่วนพืชชนิดอื่นมีลักษณะเรณูคล้ายคลึงกันหรือแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ทำให้การใช้ข้อมูลด้านเรณูเพียงอย่างเดียวในการจำแนกชนิดพืชอาจทำได้ยาก

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ก่องกานดา ชยามฤต และวรดลต์ แจ่มจำรูญ. 2559. **คู่มือจำแนกพรรณไม้**. สิทธิโชค, กรุงเทพฯ.

ไซมอน การ์ดเนอร์, พินดา สิทธิสุนทร และก่องกานดา ชยามฤต. 2559. **ไม้ป่าภาคใต้ เล่มที่ 2 (Eu-Me)**. อมรินทร์, กรุงเทพฯ.

ทิพย์สุดา ตั้งตระกูล, เพ็ญรัตน์ หงส์วิทยากร และภานรินทร์ ปรีชาวัฒนากร. 2553. **รายงานผลการวิจัยมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เรื่องลักษณะละออง**

เรณูและความสัมพันธ์ทางสายวิวัฒนาการของสายพันธุ์ลำไยเพื่อการปรับปรุงพันธุ์และเพื่อการอนุรักษ์. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

ธัชคณิน จงจิตวิมล และสหณัฐ เพชรศร. 2558. **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ละอองเรณูพืชอาหารของแมลงผสมเกสรในวงศ์ Apidae (Hymenoptera) ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า จังหวัดพิษณุโลก**. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก.

เบญจวรรณ ชิวปรีชา, ชัยมงคล คงภักดี และรุ่งวิทย์ ชัยจิรวงศ์. 2559. **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยศึกษาเรณูวิทยาของพืชดอกบางชนิดในโครงการพัฒนาป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด (มูลนิธิชัยพัฒนา) อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี**. มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

ประนอม จันทรโณทัย และพันธ์ทิวา กระจาย. 2556. **เรณูของพืชดอก**. คลังนานาวิทยา, ขอนแก่น.

ประศาสตร์ เกื้อมณี. 2551. **เทคนิคเนื้อเยื่อพืช**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มะลิวรรณ นาคขุนทด, ไอริณ แสงรัตนชัยกุล และรัตนะวดี จาบทอง. 2558. สัณฐานวิทยาละอองเรณูพืชบางชนิดในวงศ์ย่อย Papilionoideae, น. 44-50. *ใน* **การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิชาการเครือข่ายงานวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4**. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ราชันย์ ภู่มา และสมราน สุดดี. 2557. **ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันทน์ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2557**. สำนักงานหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช. กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

ศูนย์สื่อสารวิทยาศาสตร์ไทย. 2552. **ผลวิจัยย้ำ ค้างคาวเล็บกุดช่วยผสมเกสรทุเรียนและสะตอสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจภาคใต้สูงถึง 4 พันล้านบาท/ปี**. แหล่งที่มา: https://www.nstda.or.th/sci2pub/thaismc/factsheet/hotnews/FS-039.pdf, 5 พฤษภาคม 2560.

สุมน มาสุธน. ม.ป.ป.. **เอกสารประกอบการสอนวิชาเรณูวิทยา**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Azani, N. 2017. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. **TAXON** 66 (1): 44-77.

Dhorranintra, B., S., Limsuvan, C., Kanchanarak and S. Kangsakawin. 1991. **Aeroallergens in northern and southern provinces of Thailand**. Available source: http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00173139109432016, March 16, 2017.

Erdtman, G. 1972. **Pollen Morphology and plant Taxonomy Agiosperms (An introduction to palynology I)**. Hafner Publishing Company, New York.

นิพนธ์ต้นฉบับ

ลักษณะทางกายภาพของเมล็ด ประเภทการเก็บรักษาเมล็ด และการเพาะขยายพันธุ์ไม้พื้นเมืองบริเวณป่าริมคลองพระปรง อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว

Seed Physical Characteristics, Seed Storage Behaviour and Seedling Propagation of Native Plants in Phra Prong Riparian Forest, Watthana Nakhon District, Sa Kaeo Province

ปัญญา ไวยบุญญา* **Panya Waiboonya***
บุญธิดา ม่วงศรีเมืองดี **Boontida Moungsrimuangdee**
ประภัสสร ยอดสง่า **Prapatsorn Yodsa-nga**
ปนัดดา ลาภเกิน **Panadda Larpkern**

วิทยาลัยโพธิวิชชาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110
Bodhivijjalaya College, Srinakharinwirot University, Sukumvit 23, Bangkok, 10110 Thailand
*Corresponding Author, E-mail: panyawa@g.swu.ac.th

รับต้นฉบับ 29 กุมภาพันธ์ 2561 รับลงพิมพ์ 23 มีนาคม 2561

ABSTRACT

The riparian forests tend to decrease continuously. Studies of ecology of riparian plants are important for riparian forest restoration. This research aimed to study seed biology, identify seed storage behaviour and select planting media for seedling propagation of riparian native plants growing along Phra Prong Canal, Sa Kaeo Province. *Acacia* sp. and *Ventilago harmandiana* had the lightest seed weight (dry weight 0.02 g) while, *Hydnocarpus anthelminthicus* seeds were the heaviest (1.80 g). *Acacia* sp. had the lowest seed moisture content (5.9%), whereas *Connarus cochinchinensis* had the highest (45.7%). Investigating seed storage behaviour we found that *Acacia* sp., *H. anthelminthicus* and *V. harmandiana* were orthodox species. *C. cochinchinensis* was the only intermediate species and *Derris scandens*, *Knema globularia*, *Streblus asper* and *Xanthophyllum lanceatum* were all recalcitrant species. Seedling growth of riparian native trees, *H. anthelminthicus* and *X. lanceatum*, placed in different types of planting media was investigated. High growth and survival rate were found in *H. anthelminthicus* in the riparian forest soil mixed with bagasse. On the other hand, growth and survival rate of *X. lanceatum* were lowest in the riparian forest soil mixed with bagasse. The medias containing coir or husk were suitable for *X. lanceatum* seedling growth and survival.

Keywords: Orthodox seeds, Intermediate seeds, Recalcitrant seeds, growth, survival rate

บทคัดย่อ

ป่าริมน้ำหรือป่าริมคลองมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง การศึกษานิเวศวิทยาของพรรณพืชริมน้ำจึงมีความสำคัญในการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการฟื้นฟู การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ด ประเภทการเก็บรักษาเมล็ด ตลอดจนทดสอบวัสดุปลูกเพื่อการผลิตกล้าไม้ริมน้ำบริเวณป่าริมคลองพระปรง จังหวัดสระแก้ว ผลการศึกษาพบว่า น้ำหนักแห้งของเมล็ดอะเคเชีย (*Acacia* sp.) และเครือปลอก (*Ventilago harmandiana*) น้ำหนักเบาที่สุดเพียง 0.02 กรัม และกระเบาใหญ่ (*Hydnocarpus anthelminthicus*) หนักที่สุดเท่ากับ 1.80 กรัม เมล็ดอะเคเชีย (*Acacia* sp.) มีความชื้นน้อยที่สุดร้อยละ 5.9 โดยที่เมล็ดถอบแถบ (*Connarus cochinchinensis*) มีความชื้นสูงที่สุดร้อยละ 45.6 การแบ่งประเภทเมล็ดตามการเก็บรักษา พบว่าอะเคเชีย กระเบาใหญ่ และเครือปลอกจัดเป็นเมล็ดประเภทออร์โธดอกซ์ (orthodox) ถอบแถบจัดเป็นเมล็ดประเภทอินเทอร์มิเดียท (intermediate) และ เถาวัลย์เปรียง (*Derris scandens*) เลือดแรด (*Knema globularia*) ข่อย (*Streblus asper*) และชุมแสง (*Xanthophyllum lanceatum)* จัดเป็นเมล็ดประเภทรีแคลซิแทรนท์ (recalcitrant) ผลของการเพาะกล้าไม้ชุมแสงและกระเบาใหญ่ในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมต่างๆ กัน พบว่า วัสดุปลูกดินป่าผสมกากอ้อยเหมาะสำหรับการเพาะขยายพันธุ์กล้ากระเบาใหญ่ โดยมีอัตราการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (root collar diameter growth) ความสูง (height) และมวลชีวภาพ (biomass) สูงกว่าวัสดุปลูกอื่นๆ ในขณะที่กล้าชุมแสงที่เจริญในดินป่าผสมกากอ้อยมีการเติบโตและอัตราการรอดตายต่ำกว่าวัสดุปลูกอื่นๆ สำหรับวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของแกลบหรือขุยมะพร้าวเหมาะสำหรับใช้เพาะขยายพันธุ์กล้าชุมแสงเพราะมีการเติบโตที่ดีและอัตราการรอดตายสูง

คำสำคัญ: เมล็ดประเภทออร์โธดอกซ์ เมล็ดประเภทอินเทอร์มิเดียท เมล็ดประเภทรีแคลซิแทรนท์ การเติบโต อัตราการรอดตาย

คำนำ

คลองพระปรงเป็นลำน้ำสายสำคัญเพื่อการอุปโภค บริโภค และเกษตรกรรมของประชาชนในหลายพื้นที่ของอำเภอวัฒนานครและอำเภอเมืองสระแก้ว ทั้งนี้ระบบนิเวศบริเวณริมคลองพระปรงจัดได้ว่ามีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตทั้งบนบกและในน้ำด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะสังคมพืชที่ขึ้นปกคลุมเป็นป่าริมน้ำหรือริมคลอง (riparian forests) ซึ่งมีประโยชน์ที่สำคัญหลายด้าน เช่น ช่วยชะลอการไหลของน้ำ ควบคุมการพังทลายของดิน รักษาปริมาณและคุณภาพน้ำ (Broadmeadow and Nisbet, 2004) และกรองโลหะหนักจากพื้นที่เกษตรใกล้เคียง (Saint-Laurent *et al*., 2010) ตลอดจนเป็นแหล่งรักษาความหลากหลายทางชีวภาพ (ปัญญา และคณะ, 2559; Moungsrimuangdee and Nawajongpan, 2016) เป็นต้น ปัจจุบันการใช้ประโยชน์โดยรอบคลองพระปรงโดยเฉพาะการใช้พื้นที่เกษตรกรรมที่มีการแผ้วถางป่าริมคลองเพื่อให้สามารถเข้าถึงแหล่งน้ำที่สะดวกและลดการบดบังแสงอันจะส่งผลเสียต่อผลผลิตของพืชเศรษฐกิจที่ปลูก (บุญธิดา และคณะ, 2558) รวมทั้งการนำผลผลิตจากป่ามาเพื่อการใช้สอยและเป็นแหล่งอาหารของชุมชนโดยรอบ (บุญธิดา และคณะ, 2560) นั้นทำให้พื้นที่ป่าริมคลองถูกทำลายลงไปเป็นจำนวนมาก การสูญหายของพื้นที่ป่าริมคลองได้ส่งผลถึงจำนวนประชากร ความหลากชนิด และการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติของพรรณไม้ในพื้นที่ให้มีแนวโน้มลดลงตามไปด้วย ในทางตรงข้ามอัตราการพังทลายของดินตามแนวตลิ่งริมคลองกลับมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ

ป่าริมคลองเป็นระบบนิเวศที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว โดยพืชต้องมีความสามารถในการปรับตัวให้ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำขึ้นลง น้ำท่วมขังหรือการเติบโตในดินตะกอน จึงเป็นที่

น่าสนใจว่าลักษณะทางชีววิทยาของเมล็ดหรือต้นกล้ามีการปรับตัวเช่นไรให้สามารถกระจายพันธุ์ในลักษณะนิเวศวิทยาดังกล่าวได้ แม้ว่าลักษณะเมล็ดของพืชโดยทั่วไปจะมีการศึกษากันอยู่มาก (ดูเพิ่มเติมที่: Baskin and Baskin, 2014) แต่ลักษณะเมล็ดและการเก็บรักษาเมล็ดของพรรณไม้ที่สามารถเติบโตได้ในบริเวณที่มีความชื้นสูงยังคงมีข้อมูลอยู่อย่างจำกัดทั้งที่มีความสำคัญต่อความเข้าใจระบบนิเวศป่าริมน้ำ ยิ่งไปกว่านั้นข้อมูลลักษณะของเมล็ด เช่น ขนาด ความชื้น และร้อยละการงอก และประเภทการเก็บรักษาเมล็ดที่ทำให้ทราบว่าเมล็ดมีความอ่อนไหวต่ออุณหภูมิ ความชื้น และระยะเวลาในการเก็บรักษา มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการผลิตกล้าไม้ โดยพรรณไม้แต่ละชนิดมีการติดผลไม่สม่ำเสมอในแต่ละปี หากไม่ได้มีการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ อาจเกิดการขาดแคลนต้นกล้าในปีถัดไปได้ ดังนั้น นอกจากความรู้เรื่องลักษณะเมล็ดแล้ว ความรู้ในเรื่องวิธีการเก็บรักษาเมล็ดจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะนำไปสู่การจัดการเมล็ดพันธุ์และการวางแผนการผลิตต้นกล้าในเรือนเพาะชำและการใช้เมล็ดโดยตรงที่มีคุณภาพไปปลูกในพื้นที่ฟื้นฟู (Elliott *et al*., 2013) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ด ประเภทเมล็ดจำแนกตามการเก็บรักษา และทดสอบวัสดุปลูกที่เหมาะสมของกล้าไม้เพื่อประโยชน์ในการเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับขั้นตอนเริ่มต้นในการวางแผนฟื้นฟูระบบนิเวศริมคลองให้ประสบความสำเร็จต่อไป

อุปกรณ์ และวิธีการ

สถานที่ดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างเมล็ดในพื้นที่ป่าริมคลองพระปรง อ.วัฒนานคร จ.สระแก้ว (13º 54’ 48” N 102º 22’ 46” E) ลักษณะดินในพื้นที่เป็นดินเหนียวและร่วนปนเหนียว เป็นกรด (pH 4.6) ปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับร้อยละ 2.62 (บุญธิดา และคณะ, 2558) ลักษณะสภาพภูมิอากาศในรอบ 10 ปี (พ.ศ. 2549-2559) มีอุณหภูมิ 28 °C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 73 และปริมาณน้ำฝนสะสมรายปี 1,400 มิลลิเมตรต่อปี (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2559) และศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ด ทดสอบการงอก และการทดสอบวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการผลิตกล้าไม้ได้ดำเนินการ ณ ห้องปฏิบัติการและเรือนเพาะชำภายในวิทยาลัยโพธิวิชชาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สระแก้ว

พรรณไม้และวิธีการเก็บเมล็ด

พรรณไม้ที่ใช้ในการศึกษาเป็นพรรณไม้ที่พบขึ้นในบริเวณป่าริมคลองพระปรงตามการศึกษาของ Moungsrimuangdee and Nawajongpan (2016) และมีช่วงระยะการติดผลอยู่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึง กันยายน พ.ศ. 2559 (Moungsrimuangdee *et al*., 2017) จำนวน 8 ชนิด (Table 1) เก็บเมล็ดจากต้นแม่ไม้แต่ละชนิดอย่างน้อย 5 ต้น การแยกเมล็ดได้คำนึงถึงประเภทและลักษณะของผลหรือฝักที่ห่อหุ้มเมล็ด เช่น การกำจัดส่วนของเนื้อผลออกก่อนการนำเมล็ดไปใช้ (Schmidt, 2007)

Table 1 List of native species in Phra Prong riparian forest, Watthana Nakhon District, Sa Kaeo Privince.

Scientific Name	Thai Name	Family	Life Form
Acacia sp.	-	Leguminosae	Climber
Connarus cochinchinensis (Bail.) Pierre	Thop Thaep	Connaraceae	Shrub/Shrubby tree
Derris scandens (Roxb.) Benth.	Thao wan priang	Leguminosae	Climber
Hydnocarpus anthelminthicus Pierre ex Laness.	Krabao Yai	Achariaceae	Tree
Knema globularia (Lam.) Warb.	Lueat raet	Myristicaceae	Tree
Streblus asper Lour.	Khoi	Moraceae	Tree
Ventilago harmandiana Pierre	Khruea plok	Rhamnaceae	Climber
Xanthophyllum lanceatum J. J. Sm.	Chumsaeng	Polygalaceae	Tree

ลักษณะทางกายภาพของเมล็ด

ศึกษาขนาดเมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ด น้ำหนักเมล็ด ความชื้นของเมล็ด และค่าการงอกเริ่มต้น โดยมีวิธีการดังนี้

ขนาดเมล็ด วัดความกว้างและความยาวของเมล็ด จำนวน 20 เมล็ดโดยใช้เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์

น้ำหนักแห้งเมล็ดและเปลือกหุ้มเมล็ด ชั่งน้ำหนักเมล็ดแห้งจำนวน 20 เมล็ด ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 103±3 °C เป็นเวลา 17±1 ชั่วโมง (Schmidt, 2007) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นแยกส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดแล้วนำไปอบด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาเช่นเดิม นำเปลือกหุ้มเมล็ดที่ได้ไปชั่งหาน้ำหนักแห้งเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาน้ำหนักเปลือกหุ้มเมล็ดต่อน้ำหนักเมล็ดแห้งต่อไป

ความชื้นของเมล็ด นำเมล็ดจำนวน 10-15 เมล็ด หรือมีน้ำหนักโดยประมาณ 5 กรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของเมล็ด นำเมล็ดใส่จานเพาะเชื้อแก้ว (petri dish) แล้วนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิตัลความละเอียด 4 ตำแหน่ง อบที่อุณหภูมิ 103±3 °C เป็นเวลา 17±1 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง (Schmidt, 2007)

การคำนวณความชื้น

$$\text{ความชื้นในเมล็ด} = \frac{(\text{น้ำหนักภาชนะที่มีเมล็ดก่อนอบ-น้ำหนักภาชนะที่มีเมล็ดหลังอบ}) \times 100}{(\text{น้ำหนักภาชนะที่มีเมล็ดก่อนอบ-น้ำหนักภาชนะ})}\%$$

ทดสอบการงอก นำเมล็ดมาเพาะในถาดเพาะที่มีดินจากป่า จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด บันทึกการงอกทุกสัปดาห์ และหยุดบันทึกเมื่อไม่พบการงอกติดต่อกันเป็นเวลาอย่างน้อย 4 สัปดาห์

ประเภทเมล็ดจำแนกตามการเก็บรักษา

การทดสอบประเภทเมล็ดตามวิธีการของ Hong and Ellis (1996)

ทดสอบประเภทเมล็ดออร์โธดอกซ์ (orthodox) อินเทอร์มิเดียท (intermediate) หรือ รีแคลซิแทรนท์ (recalcitrant) เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาวิธีการที่เหมาะสมในการเก็บรักษา ตาม Hong and Ellis (1996) โดยการนำเมล็ดมาลดความชื้นด้วยซิลิกาเจลให้มีความชื้นถึงประมาณร้อยละ 10-12 ร้อยละ 5 และ ร้อยละ 5 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °C เป็นเวลา 3 เดือน จากนั้นนำไปทดสอบการงอก การลดความชื้นเมล็ดทำได้จากการคำนวณค่าความชื้นในเมล็ดตามสมการดังนี้

$$\text{น้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นที่ต้องการ} = \frac{(100 - \text{ร้อยละความชื้นเริ่มต้น})}{(100 - \text{ร้อยละความชื้นที่ต้องการ})} \times \text{น้ำหนักของเมล็ดเริ่มต้น}$$

การทดสอบประเภทเมล็ดตามวิธีการของ Daws *et al*. (2006)

การหาประเภทเมล็ดตามวิธีของ Daws *et al*. (2006) เพื่อทำนายลักษณะประเภทเมล็ดโดยคำนวณหาจากค่าความอ่อนไหวต่อการลดความชื้นในเมล็ด (P (Desiccation-sensitivity, D-S) ถ้า P มีค่ามากกว่า 0.5 แสดงว่าเป็นเมล็ดที่มีความอ่อนไหวต่อการลดความชื้นในเมล็ดหรือเป็นเมล็ดประเภทรีแคลซิแทรนท์ แต่ถ้า P มีค่าน้อยกว่า 0.5 แสดงว่าเป็นเมล็ดที่ไม่อ่อนไหวต่อการลดความชื้นในเมล็ดหรือเป็นเมล็ดประเภทออร์โธดอกซ์ สมการการคำนวณหาค่า P เป็นดังนี้

$$P(D\text{-}S) = \frac{e^{3.269 - 9.974a + 2.156b}}{1+e^{3.269 - 9.974a + 2.156b}}$$

เมื่อ a คือ อัตราส่วนน้ำหนักเปลือกหุ้มเมล็ดต่อน้ำหนักเมล็ดแห้ง (SCR: Seed Coat Ratio) และ b คือ น้ำหนักแห้งเมล็ด โดย SCR คำนวณหาได้จากสมการดังนี้

$$\text{อัตราส่วนน้ำหนักเปลือกหุ้มเมล็ดต่อน้ำหนักเมล็ด (SCR)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งเปลือกหุ้มเมล็ด}}{\text{น้ำหนักแห้งเมล็ด}}$$

การทดสอบวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการผลิตกล้าไม้ป่าริมน้ำ

กล้าที่ใช้ทดสอบมีจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ กระเบาใหญ่และชุมแสง ใช้กล้าที่มีใบแท้อย่างน้อย 2 คู่ ย้ายปลูก

ในถุงดำขนาด 9 × 2.5 นิ้ว ที่บรรจุวัสดุปลูกที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น โดยแบ่งออกเป็น 7 กรรมวิธี ดังนี้ 1) ดินป่า ซึ่งเป็นดินจากป่าริมคลองพระปรง 2) ดินป่า: แกลบ (1:1) 3) ดินป่า: ขุยมะพร้าว (1:1) 4) ดินป่า:แกลบ: ขุยมะพร้าว (1:1:1) 5) ดินป่า: กากอ้อย (1:1) 6) ดินป่า +Trichoderma คือ ดินป่าผสมเชื้อ Trichoderma ที่ความเข้มข้น 100 g ต่อน้ำ 10 ลิตร และ 7) ดินป่า: กากอ้อย+Trichoderma คือ ดินป่าผสมกากอ้อย อัตราส่วน 1:1 และผสมเชื้อ Trichoderma ที่ความเข้มข้น 100 g ต่อน้ำ 10 ลิตร วางการทดลองเป็นแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 Blocks ต้นกล้าที่ใช้ในการทดลอง กรรมวิธีละ 20 ต้น รวมทั้งมีต้นกล้ากันชนเพื่อป้องกันไม่ให้ต้นกล้าในแต่ละวิธีปฏิบัติสัมผัสกันโดยตรง ดังนั้นต้นกล้าที่ใช้ทดลองมีทั้งสิ้น 140 ต้นต่อ Block รวมเป็น 420 ต้นต่อชนิดทั้งการทดลอง โดยกระเบาใหญ่มีระยะเวลาการทดลอง 10 เดือนและชุมแสงมีระยะทดลอง 9 เดือน ทำการประเมินการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR) ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (D0) และความสูง (Ht) จากนั้นสุ่มเลือกกล้าไม้ในแต่ละซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น ในแต่ละวัสดุปลูกของกล้าไม้ทั้งสองชนิดเพื่อประเมินมวลชีวภาพ โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกว่าจะได้น้ำหนักที่คงที่

$$\text{การเติบโตสัมพัทธ์ (RGR)} = \frac{In\ G_2 - \text{In}\ G_1}{t_2 - t_1}$$

เมื่อ G_1 และ G_2 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (D0) ความสูง (Ht) ของต้นกล้าที่ช่วงเวลาเริ่มต้น (t_1) และสิ้นสุดการทดลอง (t_2)

ผลและวิจารณ์

น้ำหนัก ความกว้าง ความยาว และความชื้นในเมล็ด

น้ำหนักเมล็ดสามารถจำแนกตามเกณฑ์ของ Doust *et al*. (2006) ได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มเมล็ดขนาดเล็ก (น้ำหนัก 0.01-0.099 กรัม) จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ อะเคเชีย และเครือปลอก มีน้ำหนักน้อยที่สุดเพียง 0.02 ± 0.00 กรัม และข่อยมีน้ำหนัก 0.04 ± 0.00 กรัม และกลุ่มเมล็ดขนาดกลาง (น้ำหนัก 0.1-4.99 กรัม) มีจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ถอบแถบ เถาวัลย์เปรียง เลือดแรด กระเบาใหญ่ และชุมแสง โดยกระเบาใหญ่มีน้ำหนักแห้งมากที่สุดเท่ากับ 1.80 ± 0.06 กรัม (Table 2) เมล็ดที่มีขนาดความกว้างและความยาวเฉลี่ยมากที่สุดคือ เถาวัลย์เปรียง เท่ากับ 1.70 ± 0.05 เซนติเมตร และ 1.94 ± 0.06 เซนติเมตร ตามลำดับ และ เมล็ดที่มีขนาดความกว้างและความยาวเฉลี่ยสั้นที่สุดคือ เครือปลอก เท่ากับ 0.29 ± 0.01 เซนติเมตร และ 0.42 ± 0.01 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 2) จะเห็นว่าในรายงานวิจัยครั้งนี้ ไม่พบเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ซึ่งมีน้ำหนักแห้งมากกว่า 5.00 กรัมขึ้นไป

ความชื้นในเมล็ดสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เมล็ดมีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 10 มีจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ อะเคเชีย และเครือปลอก ซึ่งเมล็ดอะเคเชีย มีความชื้นในเมล็ดต่ำที่สุดเพียงร้อยละ 5.9 ± 1.1 กลุ่มที่ 2 เมล็ดมีความชื้นเมล็ดร้อยละ 10-30 มีจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ เถาวัลย์เปรียง เลือดแรด และกระเบาใหญ่ และ กลุ่มที่ 3 เมล็ดที่มีความชื้นมากกว่าร้อยละ 30 มีจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ถอบแถบ ข่อย และชุมแสง โดยถอบแถบมีความชื้นเมล็ดสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 45.7 ± 1.3 (Table 2)

Table 2 Seed dry weight, width, length and moisture content of riparian plants along Phra Prong Canal, Watthana Nakhon District, Sa Kaeo Province.

Scientific name	Dry weight (g)	Moisture content (%)	Width (cm)			Length (cm)		
			Min	Max	Mean ± SE	Min	Max	Mean ± SE
Acacia sp.	0.02 ± 0.00	5.9 ± 1.1	0.4	0.5	0.44 ± 0.01	0.5	0.6	0.56 ± 0.01
Connarus cochinchinensis	0.29 ± 0.02	45.7 ± 1.3	0.8	1.0	0.91 ± 0.02	1.1	1.3	1.26 ± 0.02
Derris scandens	0.61 ± 0.04	11.7 ± 1.0	1.4	2.3	1.70 ± 0.05	1.5	2.7	1.94 ± 0.06
Knema globularia	1.12 ± 0.03	24.3 ± 1.4	1.0	1.1	1.04 ± 0.01	1.4	1.7	1.52 ± 0.02
Hydnocarpus anthelminthicus	1.80 ± 0.06	21.8 ± 1.4	0.7	1.7	1.30 ± 0.06	1.4	2.3	1.69 ± 0.05
Streblus asper	0.04 ± 0.00	34.1 ± 3.1	0.3	0.4	0.33 ± 0.01	0.4	0.5	0.46 ± 0.01
Ventilago harmandiana	0.02 ± 0.00	6.2 ± 0.1	0.2	0.4	0.29 ± 0.01	0.3	0.5	0.42 ± 0.01
Xanthophyllum lanceatum	1.42 ± 0.13	45.6 ± 0.9	1.4	2.0	1.66 ± 0.04	1.5	2.0	1.84 ± 0.03

การทราบขนาดเมล็ดโดยพิจารณาจากน้ำหนักและขนาดของความกว้างและความยาวของเมล็ดจะทำให้ทราบถึงลักษณะการกระจายเมล็ดของพืชแต่ละชนิดตามธรรมชาติ เช่น การกระจายโดยลม การพัดพาของน้ำ หรือการมีสัตว์ในการช่วยกระจายเมล็ดพันธุ์ เมล็ดขนาดเล็กซึ่งใช้ในการทดลองนี้มีอยู่ 3 ชนิด คือ อะเคเชีย เครือปอก และข่อย ส่วนมากอาศัยลมในการกระจายเมล็ด ส่วนเมล็ดขนาดใหญ่ต้องอาศัยสัตว์ในการกระจายเมล็ดพันธุ์ ซึ่งจำนวนสัตว์ป่าที่ลดลงย่อมส่งผลต่อการกระจายเมล็ดพันธุ์ด้วย (หน่วยวิจัยการฟื้นฟูป่า, 2549) ดังนั้นการผลิตกล้าไม้สำหรับพืชที่มีเมล็ดขนาดใหญ่จะสามารถช่วยกระจายชนิดพันธุ์พืชนั้นๆ ไปยังพื้นที่ฟื้นฟูบริเวณอื่นๆ อีกทั้งขนาดเมล็ดยังเป็นปัจจัยสำคัญที่นำมาพิจารณาในการฟื้นฟูป่าโดยวิธีการหยอดเมล็ด (Direct seeding) อีกด้วย (Tunjai and Elliot, 2012)

ความชื้นในเมล็ด จากผลการทดลองเมล็ดมีความชื้นที่ต่ำกว่าร้อยละ 10 มีจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ อะเคเชีย เครือปลอก และกระดังงา โดยที่เมล็ดอะเคเชียมีความชื้นเริ่มต้นเพียงร้อยละ 5.9 ซึ่งเป็นระดับความชื้นที่ต่ำเช่นเดียวกับที่พบใน *Acacia eburnean* และ *A. mangium* ที่เมล็ดมีความชื้นเพียงร้อยละ 9.4 ± 1.1 และร้อยละ 8.2 ± 0.8 ตามลำดับ (Jayasuriya *et al*., 2013) และ *A. auriculaeforis* ที่มีความชื้นเมล็ดร้อยละ 12.3 (Ellis *et al*., 2007) ดังนั้น การเก็บรักษาเมล็ดที่ความชื้นเริ่มต้นของพืชชนิดนี้สามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานาน โดยปกติการเก็บรักษาเมล็ดจะทำที่ความชื้นร้อยละ 5 ซึ่งเป็นช่วงความชื้นที่ลดการเติบโตของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในเมล็ด (Hong and Ellis, 1996) ลดการเกิดผลึกน้ำแข็งเมื่อนำเมล็ดไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ในการทดลองนี้เมล็ดส่วนมากมีความชื้นร้อยละ 10-30 มีจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ เถาวัลย์เปรียง เลือดแรด และกระเบาใหญ่ ซึ่งความชื้นในเมล็ดของกระเบาใหญ่ที่ได้จากการทดลองนี้ (ร้อยละ 21.8) ให้ผลใกล้เคียงกับ Ellis *et al*. (2007) ที่ทำการทดลองกับกระเบาใหญ่ในประเทศเวียดนาม พบว่าเมล็ดกระเบาใหญ่มีความชื้นร้อยละ 22.0 เช่นเดียวกับเถาวัลย์เปรียงที่พบบริเวณป่าชายเลนของประเทศศรีลังกา มีความชื้นในเมล็ดเท่ากับร้อยละ 11.6 (Jayasuriya *et al*., 2013) ซึ่งใกล้เคียงกับที่ได้ทำการทดลองในป่าริมคลองพระปรง (ความชื้นเมล็ดร้อยละ 11.7)

ประเภทของเมล็ดจำแนกตามการเก็บรักษา

การจำแนกประเภทของเมล็ดตามวิธีการของ Hong and Ellis (1996)

สามารถแบ่งเมล็ดออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) เมล็ดประเภทออร์โธดอกซ์ ซึ่งสามารถลดความชื้นและเก็บที่อุณหภูมิต่ำ มีจำนวน 3 ชนิดได้แก่ อะเคเชีย กระเบาใหญ่ และเครือปลอก ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อลดความชื้นในเมล็ดถึงร้อยละ 5 และเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 3 เดือน นั้นไม่ทำให้ร้อยละการงอกแตกต่างจากค่าการงอกเริ่มต้น (ANOVA, p=0.14, 0.09 และ 0.15 ตามลำดับ) 2) เมล็ดประเภทอินเทอร์มิเดียท คือประเภทที่อาจอ่อนไหวต่อการลดความชื้นในเมล็ดหรือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เก็บรักษา มีเพียงชนิดเดียว คือ ถอบแถบ ที่เมื่อลดความชื้นในเมล็ดถึงร้อยละ 10 และร้อยละ 5 ร้อยละการงอกแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ANOVA, p=0.12) แต่เมล็ดที่ลดความชื้นในเมล็ดถึงร้อยละ 5 และเก็บภายใต้อุณหภูมิ-20 °C เป็นเวลา 3 เดือนกลับไม่สามารถงอกได้เลย พืชชนิดนี้จึงมีความอ่อนไหวต่อการเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิต่ำ และ 3) เมล็ดประเภทรีแคลซิแทรนท์ ซึ่งมีความอ่อนไหวต่อการลดความชื้นในเมล็ดและเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิต่ำ มีจำนวน 4 ชนิดได้แก่ เถาวัลย์เปรียง เลือดแรด ข่อย และชุมแสง เห็นได้ว่าเมื่อลดความชื้นในเมล็ดลงถึงร้อยละ 10 เมล็ดไม่สามารถงอกได้เลย (Table 3)

Table 3 Seed storage behaviour of riparian plants along Phra Prong Canal, Watthana Nakhon District, Sa Kaeo Province.

Scientific name	Initial seed moisture (%)	Initial germination (%)	Germination (%)		
			10% MC (%)	5% MC (%)	5% MC, -20 °C , 3 months storage
Orthodox					
Acacia sp.	5.9 ± 1.1	14.0 ± 1.2[b]	-	54.4 ± 11.6[a]	11.1 ± 4.0[b]
Hydnocarpus anthelminthicus	21.8 ± 1.4	18.9 ± 2.9[a]	28.9 ± 1.1[a]	21.1 ± 2.2[a]	24.4 ± 2.9[a]
Ventilago harmandiana	6.2 ± 0.1	35.5 ± 2.2[a]	-	54.4 ± 5.9[a]	50.0 ± 8.4[a]
Intermediate					
Connarus cochinchinensis	45.7 ± 1.3	20.0 ± 5.8[a]	6.7 ± 1.9[a]	11.1 ± 2.9[a]	0.0 ± 0.0
Recalcitrant					
Derris scandens	11.7 ± 1.0	7.8 ± 1.1	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Knema globularia	24.3 ± 1.4	51.7 ± 4.4	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Streblus asper	34.1 ± 3.1	37.8 ± 2.9	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Xanthophyllum lanceatum	45.6 ± 0.9	36.7 ± 3.3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0

Remark: a and b indicate statistically different within species (mean differentiation using Duncan multiple range test, α= 0.05).

ระยะพักตัว หมายถึง การนับจำนวนวันตั้งแต่วันที่เพาะจนกระทั่งเมล็ดงอกขึ้นมาครึ่งหนึ่งของจำนวนเมล็ดที่งอกทั้งหมด (median length of dormancy, หน่วยวิจัยการฟื้นฟูป่า, 2549) โดย อะเคเชีย และเครือปลอก มีระยะพักตัวยาวขึ้นกว่าเมล็ดที่มีความชื้นอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ เก็บรักษาที่ความชื้นในเมล็ดร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิ -20 °C เป็นระยะเวลา 3 เดือน (ANOVA, p<0.01 และ p=0.02 ตามลำดับ) ในขณะที่เมล็ดกระเบาใหญ่ที่มีความชื้นในเมล็ดต่างกันมีระยะพักตัวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ANOVA,

p=0.23) ถอบแถบมีระยะพักตัวเริ่มต้นสั้นกว่าเมล็ดที่มีความชื้นร้อยละ 10 และร้อยละ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ANOVA, p=0.01, Table 4)

Table 4 Median length of dormancy (MLD) of riparian plants along Phra Prong Canal at different storage conditions.

Scientific name	Initial seed moisture (%)	Initial MLD (days)	MLD (days)		
			10% MC (%)	5% MC (%)	5% MC, -20 °C , 3 months storage
Orthodox					
Acacia sp.	5.9 ± 1.1	6.0 ± 1.4[b]	-	12.6 ± 0.2[b]	29.0 ± 3.0[a]
Hydnocarpus anthelmintcuhis	21.8 ± 1.4	113.0 ± 8.1[a]	113.0 ± 2.0[a]	96.7 ± 1.2[a]	92.0 ± 14.0[a]
Ventilago harmandiana	6.2 ± 0.1	20.0 ± 7.0[b]	-	14.9 ± 0.1[b]	37.1 ± 2.2[a]
Intermediate					
Connarus cochinchinensis	45.7 ± 1.3	37.3 ± 2.3[b]	51.3 ± 2.3[a]	45.5 ± 2.0[a]	-
Recalcitrant					
Derris scandens	11.7 ± 1.0	14.0 ± 0.0	-	-	-
Knema globularia	24.3 ± 1.4	48.4 ± 3.4	-	-	-
Streblus asper	34.1 ± 3.1	9.3 ± 4.2	-	-	-
Xanthophyllum lanceatum	45.6 ± 0.9	66.4 ± 12.1	-	-	-

Remark: a and b indicate statistically different within species (mean differentiation using Duncan multiple range test, α= 0.05)

การจำแนกประเภทของเมล็ดตามวิธีการของ Daws *et al.* (2006)

สามารถแบ่งเมล็ดออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) เมล็ดประเภทออร์โธดอกซ์ ซึ่งมีค่า P หรือค่าความอ่อนไหวต่อการลดความชื้นในเมล็ดน้อยกว่า 0.5 มีจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ กระเบาใหญ่ และข่อย และ 2) เมล็ดประเภทรีแคลซิแทรนท์ มีค่า P มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 มีจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ เถาวัลย์เปรียง ถอบแถบ และเลือดแรด (Table 5) สำหรับเมล็ดของอะเคเชีย เครือปลอก และชุมแสงไม่ได้แสดงผลในการทดลองนี้เนื่องจากเมล็ดอะเคเชียและเครือปลอก มีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถแยกเปลือกหุ้มเมล็ดออกมาได้ ส่วนชุมแสงมีเปลือกหุ้มเมล็ดที่แนบติดกับเนื้อเมล็ด จึงไม่สามารถแยกออกได้เช่นกัน

Table 5 Seed storage behaviour of riparian plants along Phra Prong Canal, Watthana Nakhon District, Sa Kaeo Province according to Daws *et al*. (2006).

Scientific name	SCR*	*P*	Seed types**
Hydnocarpus anthelminthicus	0.594 ± 0.014	0.124 ± 0.015	Orthodox
Streblus asper	0.120 ± 0.001	0.305 ± 0.022	Orthodox
Derris scandens	0.066 ± 0.004	0.886 ± 0.012	Recalcitrant
Connarus cochinchinensis	0.201 ± 0.030	0.559 ± 0.054	Recalcitrant
Knema globularia	0.122 ± 0.003	0.894 ± 0.005	Recalcitrant

Remarks: * SCR (Seed Coat Ratio) = seed coat dry mass : seed dry mass

** $P \geq 0.5$ = Recalcitrant seeds, $P < 0.5$ = Orthodox seeds

ในการทดลองนี้พบเมล็ดที่เป็นทั้งประเภทออร์โธดอกซ์ อินเทอร์มิเดียท และรีแคลซิแทรนท์ ตามวิธีการของ Hong and Ellis (1996) ซึ่งกลุ่มออร์โธดอกซ์มี 3 ชนิด คือ อะเคเชีย กระเบาใหญ่ และ เครือปลอก เมล็ดในสกุล Acacia จากหลายการทดลองให้ผลเดียวกันว่าเป็นเมล็ดประเภทออร์โธดอกซ์ เช่น *A. eburnean* และ *A. mangium* (Jayasuriya *et al*., 2013) และ *A. auriculaeforis* (Ellis *et al*., 2007) กระเบาใหญ่จากการทดลองนี้จำแนกเป็นออร์โธดอกซ์ ซึ่งต่างจาก Ellis *et al*. (2007) ที่เมล็ดของพืชชนิดนี้เป็นประเภทอินเทอร์มิเดียท จึงอาจต้องมีการทดสอบเพิ่มเติมด้วยการขยายระยะเวลาการเก็บรักษาเพื่อยืนยันประเภทของเมล็ดชนิดนี้ เมล็ดถอบแถบจัดเป็นเมล็ดประเภทอินเทอร์มิเดียท สามารถทนต่อการลดความชื้นได้ถึงร้อยละ 5 แต่ไม่สามารถรอดชีวิตเมื่อนำเมล็ดที่ระดับความชื้นดังกล่าวไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ – 20 °C เป็นระยะเวลานาน 3 เดือน การเก็บรักษาเมล็ดประเภทนี้จึงไม่อาจเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ เมล็ดประเภทรีแคลซิแทรนท์ มีจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ เถาวัลย์เปรียง เลือดแรด ข่อย และชุมแสง การลดความชื้นในเมล็ดจะทำให้เมล็ดสูญเสียน้ำและทำให้เกิดการสูญเสียการมีชีวิต สำหรับเถาวัลย์เปรียง (*D. scandens*) จากข้อมูลในการทดลองนี้ตามวิธีของ Hong and Ellis (1996) และ Daws *et al*. (2006) ให้ผลที่สอดคล้องกันคือ จัดเป็นประเภทรีแคลซิแทรนท์ แต่จากการทดลองของ Jayasuriya *et al*. (2013) กลับพบว่าเถาวัลย์เปรียงเป็นเมล็ดประเภทออร์โธดอกซ์ อย่างไรก็ตาม อาจทำการทดสอบอีกครั้งเพื่อยืนยันประเภทการเก็บรักษาของเมล็ดชนิดนี้ต่อไป

การใช้วิธีการประเมินประเภทการเก็บรักษาเมล็ดตามวิธีการของ Daws *et al*. (2006) เป็นการประเมินเบื้องต้นที่สามารถคำนวณได้จากน้ำหนักแห้งของเมล็ดและเปลือกหุ้มเมล็ด โดยไม่ต้องรอเวลาทดสอบการมีชีวิตของเมล็ดเมื่อผ่านการเก็บรักษา แต่วิธีการดังกล่าวยังมีข้อควรระวัง เนื่องจากการแบ่งประเภทเมล็ดออกเป็นเพียงออร์โธดอกซ์หรือรีแคลซิแทรนท์ จึงไม่สามารถบอกเมล็ดประเภทอินเทอร์มิเดียทได้ และความถูกต้องของการคำนวณยังอาจต้องมีการทดสอบต่อไปเนื่องจากโมเดลที่ใช้คำนวณสร้างมาจากพืชจำนวน 104 ชนิด (Daws *et al*., 2006) และเมล็ดที่มีขนาดเล็กมาก เช่น อะเคเชีย และเครือปลอก ที่ไม่สามารถแยกเปลือกหุ้มเมล็ดออกมาได้ หรือแยกเปลือกหุ้มเมล็ดออกได้ยาก เช่น ชุมแสง อาจไม่สามารถใช้วิธีการนี้ได้เช่นกัน ดังนั้นการใช้โมเดลของ Daws *et al*. (2006) จึงเป็นการประเมินในเบื้องต้น โดยควรที่จะทดสอบยืนยันตามวิธีของ Hong and Ellis (1996) เพื่อให้ผลทดสอบมีความถูกต้องและแม่นยำ

การทดลองผลิตกล้าไม้ป่าริมน้ำ

อัตราการรอดตาย (Survival rate)

กล้ากระเบาใหญ่ที่ปลูกในวัสดุปลูกดินป่า: ขุยมะพร้าว มีอัตราการรอดตายสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 77 และต่ำสุดในวัสดุปลูกดินป่า: กากอ้อย+Trichoderma คิดเป็นร้อยละ 32 (Figure 1) สำหรับอัตราการรอดตายของกล้าชุมแสงในวัสดุปลูกต่างๆ พบว่า มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 70-90 โดยในวัสดุปลูกดินป่า+Trichoderma มีอัตราการรอดตายสูงสุดเท่ากับร้อยละ 98 และต่ำสุดคิดเป็นร้อยละ 72 ในวัสดุปลูกดินป่า: กากอ้อย (Figure 1) จะเห็นว่า กล้ากระเบาใหญ่มีอัตราการรอดตายต่ำกว่าชุมแสงในวัสดุปลูกชนิดเดียวกัน และวัสดุปลูกที่มี Trichoderma เป็นส่วนผสมจะมีอัตราการรอดตายต่ำกว่าวัสดุปลูกอื่นๆ (Figure 1) โดยส่วนใหญ่แล้ว Trichoderma ถูกใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในการเพาะปลูกพืชเกษตร ดังนั้นอาจมีการทดลองปรับเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่องานทางด้านป่าไม้ต่อไป สำหรับชุมแสงในวัสดุปลูกที่มีกากอ้อยเป็นส่วนผสมมีอัตราการรอดตายต่ำกว่าวัสดุปลูกอื่นๆ (Figure 1) ดังนั้นควรพิจารณาถึงคุณสมบัติของดินที่ส่งผลการเจริญของต้นกล้าในระยะตั้งตัว เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) หรือโรคที่เกิดจากดิน เป็นต้น

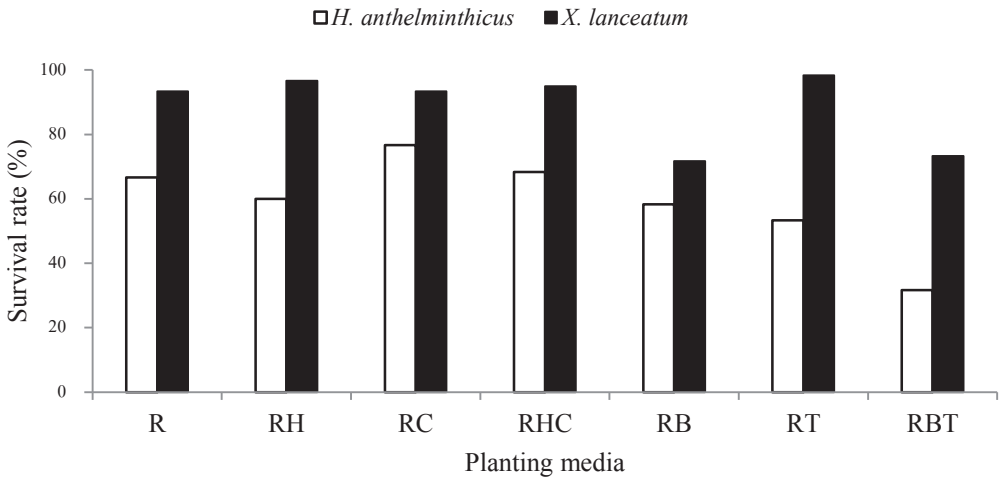


Figure 1 Survival rate of *Hydnocarpus anthelminthicus* (□) and *Xanthophyllum lanceatum* (■) seedlings in the different planting medias at 10 and 9 months experiment, respectively, R = riparian forest soil, RH = riparian forest soil:husk (1:1), RC = riparian forest soil:coir (1:1), RHC = riparian forest soil:husk:coir (1:1:1), RB = riparian forest soil:bagasse (1:1), RT = riparian forest soil+Trichoderma (10% w/v), RBT = riparian forest soil:bagasse (1:1) +Trichoderma (10% w/v).

การเติบโต (Growth)

การเติบโตทางด้านความโตประเมินจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (D0) พบว่า กล้ากระเบาใหญ่ในวัสดุปลูกดินป่า:กากอ้อย มีการเติบโตสูงที่สุดแตกต่างจากวัสดุปลูกอื่นๆ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 2) ในทางตรงข้าม การเติบโตของกล้าชุมแสงในวัสดุปลูกดินป่า:กากอ้อย มีการเติบโตต่ำสุดและต่างจากวัสดุปลูกอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ANOVA, $p=0.002$, Figure 2) การเติบโตทางด้านความสูง (Ht) กระเบาใหญ่เติบโตได้ดีที่สุดในวัสดุปลูกดินป่า:กากอ้อย โดยที่ชุมแสงเติบโตสูงที่สุดในวัสดุปลูกดินป่า (Figure 3) และน้อยที่สุดในวัสดุปลูกดินป่า:กากอ้อย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับวัสดุปลูกอื่นๆ (ANOVA, $p<0.01$, Figure 3)

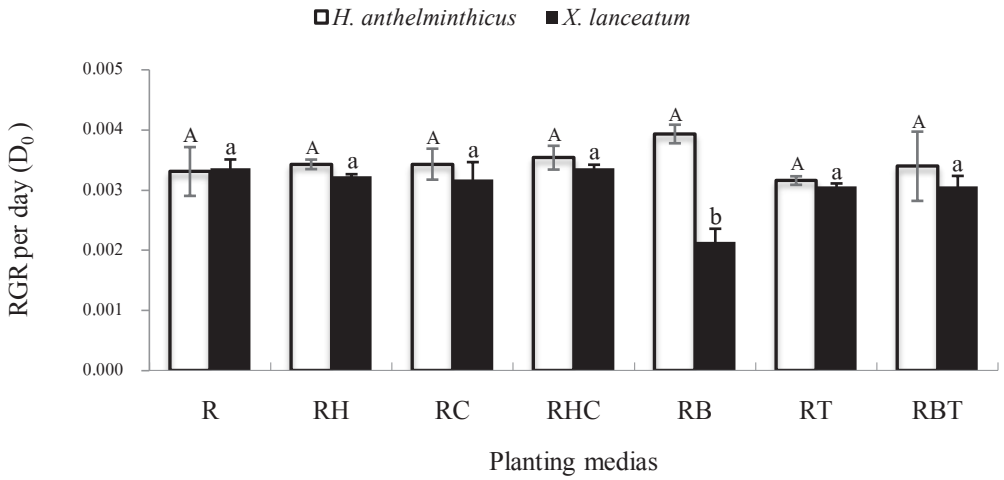


Figure 2 Relative growth rate per day (RGR) of diameter at ground level (D0) of *Hydnocarpus anthelminthicus* (□) and *Xanthophyllum lanceatum* (■) in the different planting medias at 10 and 9 months experiment, respectively, R = riparian forest soil, RH = riparian forest soil:husk (1:1), RC = riparian forest soil:coir (1:1), RHC = riparian forest soil:husk:coir (1:1:1), RB = riparian forest soil:bagasse (1:1), RT = riparian forest soil+Trichoderma (10% w/v), RBT = riparian forest soil:bagasse (1:1) +Trichoderma (10% w/v). Data are given as mean and standard errors. Letters above column indicate significant difference within species (A for *H. anthelminthicus,* a and b *for X. lanceatum)*, using Duncan multiple range test (α= 0.05).

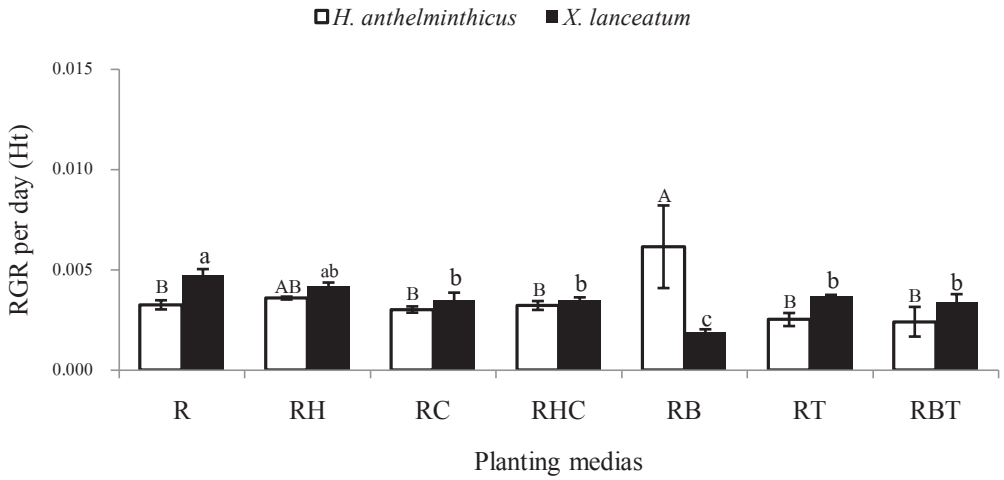


Figure 3 Relative growth rate (RGR) per day of total height (Ht) of *Hydnocarpus anthelminthicus* (□) and *Xanthophyllum lanceatum* (■) grown in the different planting medias after 10 months and 9 months, respectively, R = riparian forest soil, RH = riparian forest soil:husk (1:1), RC = riparian forest soil:coir (1:1), RHC = riparian forest soil:husk:coir (1:1:1), RB = riparian forest soil:bagasse (1:1), RT = riparian forest soil+Trichoderma (10% w/v), RBT = riparian forest soil:bagasse (1:1) +Trichoderma (10% w/v). Data are given as mean and standard errors. Letters above column indicate significant difference within species species (A and B for *H. anthelminthicus,* a and b for *X. lanceatum)*, using Duncan multiple range test (α= 0.05).

มวลชีวภาพ (Biomass)

มวลชีวภาพของราก (root) ลำต้น (stem) และใบ (leaf) ของกระเบาใหญ่ในวัสดุปลูกดินป่า: กากอ้อย มีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ANOVA, *p=0.001, 005, 003*, Figure 4) เช่นเดียวกับมวลชีวภาพรวม (total biomass) ที่มีค่าสูงที่สุดในวัสดุปลูกดินป่า: กากอ้อย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ANOVA, *p=0.001*, Figure 4) สำหรับมวลชีวภาพในวัสดุปลูกอื่นๆ ของทุกส่วนมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 4) สำหรับชุมแสงที่เจริญในวัสดุปลูกดินป่า ดินป่า:แกลบ ดินป่า:ขุยมะพร้าว และดินป่า:แกลบ:ขุยมะพร้าว มีค่ามวลชีวภาพสูงและใกล้เคียงกันในทั้งในส่วนของราก ลำต้น และใบ (Figure 5) แต่ในวัสดุปลูกดินป่า: กากอ้อย มีค่ามวลชีวภาพต่ำที่สุดในทุกส่วนเช่นเดียวกับมวลชีวภาพรวมเมื่อเทียบกับวัสดุปลูกอื่นๆ (Figure 5)

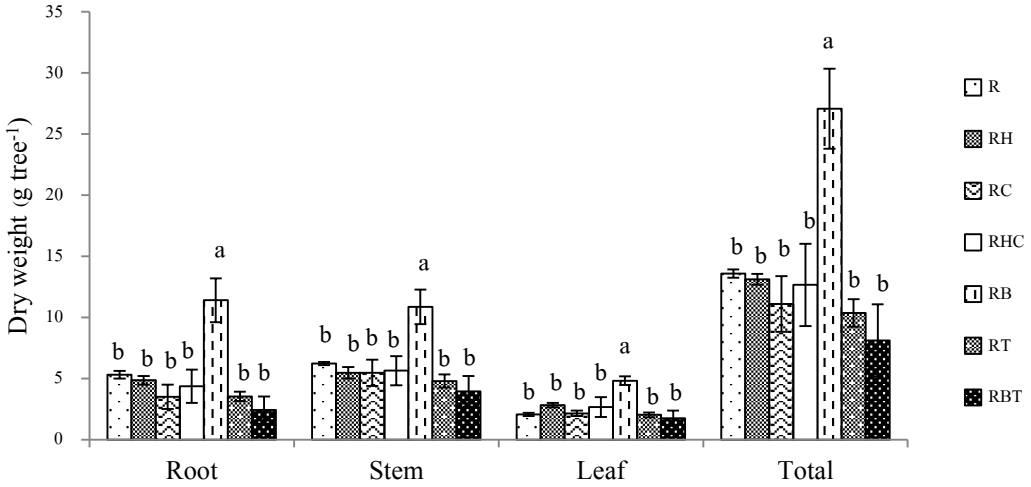


Figure 4 Root, stem, leaf, and total biomass of *Hydnocarpus anthelminthicus* seedlings in the different planting medias at 10 months experiment, R = riparian forest soil, RH = riparian forest soil:husk (1:1), RC = riparian forest soil:coir (1:1), RHC = riparian forest soil:husk:coir (1:1:1), RB = riparian forest soil:bagasse (1:1), RT = riparian forest soil+Trichoderma (10% w/v), RBT = riparian forest soil:bagasse (1:1) +Trichoderma (10% w/v). Data are given as mean and standard errors. Letters above column indicate significant difference, using Duncan multiple range test (α= 0.05).

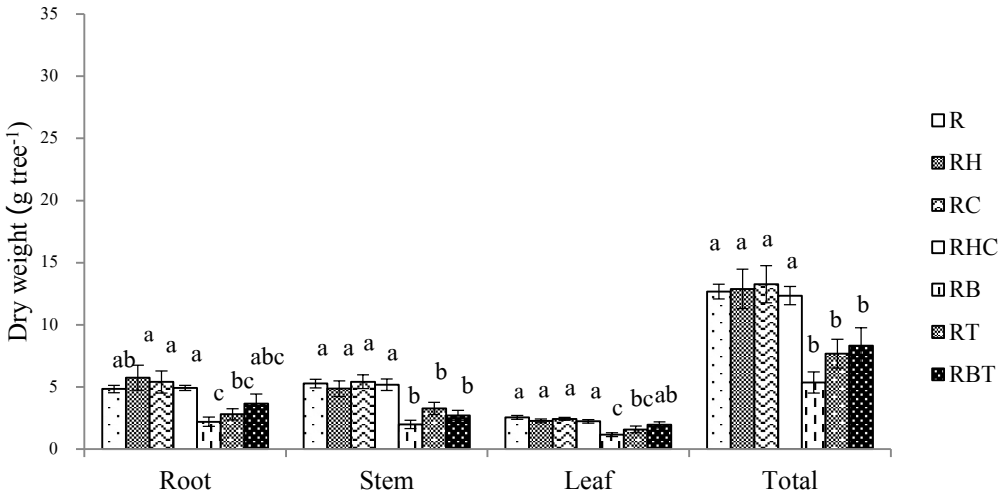


Figure 5 Root, stem, leaf, and total biomass of *Xanthophyllum lanceatum* in the different planting medias at 10 months experiment, R = riparian forest soil, RH = riparian forest soil:husk (1:1), RC = riparian forest soil:coir (1:1), RHC = riparian forest soil:husk:coir (1:1:1), RB = riparian forest soil:bagasse (1:1), RT = riparian forest soil+Trichoderma (10% w/v), RBT = riparian forest soil:bagasse (1:1) +Trichoderma (10% w/v). Data are given as mean and standard errors. Letters above column indicate significant difference, using Duncan multiple range test (α= 0.05).

ผลจากการทดลองนี้พบว่า การใช้กากอ้อยผสมกับดินป่าในอัตราส่วน 1:1 เป็นวัสดุปลูกเหมาะสมสำหรับการผลิตกล้ากระเบาใหญ่ในเรือนเพาะชำเพื่อใช้สำหรับการปลูกเพื่อฟื้นฟูโดยพิจารณาจากการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก ความสูง และมวลชีวภาพ อีกทั้งกากอ้อยยังเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น เนื่องจากในจังหวัดสระแก้วมีโรงงานผลิตน้ำตาลจากอ้อย ซึ่งมีกากอ้อยที่หลงเหลือจากการผลิตน้ำตาลเป็นจำนวนมากและมีราคาถูก สำหรับกล้าชุมแสงนั้นมีการเติบโตที่ดีในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของแกลบและขุยมะพร้าวเป็นส่วนประกอบ ดังนั้นคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เช่น ความร่วนซุย การระบายน้ำ หรือขนาดอนุภาคของวัสดุปลูกอาจสัมพันธ์ต่อการเติบโตของกล้าชุมแสง

สรุป

การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงลักษณะของเมล็ดที่พบในคลองพระปรงทั้งด้านลักษณะทางกายภาพของเมล็ด เช่น ขนาด ความชื้นในเมล็ด และร้อยละการงอก ประเภทการเก็บรักษาเมล็ดที่สามารถจำแนกได้เป็นเมล็ดประเภทออร์โธดอกซ์ อินเทอร์มิเดียท และรีแคลซิแทรนท์ ทั้งนี้การทราบประเภทการเก็บรักษาจะนำไปสู่การจัดการเมล็ดพันธุ์ที่ดี โดยสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการฟื้นฟูคลองพระปรงต่อไปได้ นอกจากนี้การทดลองวัสดุปลูกทำให้เกิดความเข้าใจต่อการเพาะขยายพันธุ์กล้าไม้ริมน้ำที่ยังมีการศึกษาอยู่ไม่มากนัก ซึ่งสามารถนำผลจากงานวิจัยไปใช้ขยายพันธุ์ไม้ริมน้ำโดยเฉพาะชุมแสงและกระเบาใหญ่ซึ่งถือว่าเป็นไม้สำคัญที่พบอยู่มากบริเวณริมคลองแต่กำลังมีแนวโน้มที่จะสูญหายไปจากริมคลองพระปรง

คำนิยม

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 (รหัสโครงการ 2559A11362001) ขอขอบคุณมะลิวัลย์ แซ่ย่าง จรุงศักดิ์ จันทร์เปรียง และแสนชัย โสดาราม สำหรับการช่วยเหลือเก็บข้อมูลในภาคสนาม

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2559. **ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจังหวัดสระแก้วระหว่างปี พ.ศ. 2549-2559 สถานีอุตุนิยมวิทยาอรัญประเทศ**. กรมอุตุนิยมวิทยา, กรุงเทพฯ.

บุญธิดา ม่วงศรีเมืองดี, วันเพ็ญ ก้านอินทร์, ปนัดดา ลาภเกิน และ ศศิธร โคสุวรรณ. 2558. ความหลากชนิดของพรรณไม้และการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าริมคลองพระปรง จังหวัดสระแก้ว, น. 160-168. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย "องค์ความรู้ทางนิเวศวิทยาเพื่อการจัดการที่ยั่งยืน"** คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

บุญธิดา ม่วงศรีเมืองดี, หทัยรัตน์ บุญศรี และ ปนัดดา ลาภเกิน. 2560. การใช้ประโยชน์ผลผลิตจากป่าริมคลองพระปรง อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว. **วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)** 9 (18): 84-95.

ปัญญา ไวยบุญญา, จตุภูมิ มีเสนา, ปนัดดา ลาภเกิน, ประภัสสร ยอดสง่า และ บุญธิดา ม่วงศรีเมืองดี. 2559. ความหลากหลายของนกในช่วงฤดูหนาวบริเวณป่าริมน้ำตามแนวคลองพระปรง อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว, น. 214-220. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการ "การบริหารจัดการความหลากหลายทางชีวภาพแห่งชาติ" ครั้งที่ 3**, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, น่าน.

หน่วยวิจัยการฟื้นฟูป่า. 2549. **ปลูกป่าให้เป็น: แนวคิดและแนวปฏิบัติสำหรับการฟื้นฟูป่าเขตร้อน**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Baskin, C.C. and J.M. Baskin. 2014. **Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination**, Academic/Elsevier., San Diego, CA, USA

Broadmeadow, S. and T.R. Nisbet. 2004. The effects of riparian forest management on the freshwater environment: a literature review of best management practice. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions** 8 (3): 286-305.

Daws, M.I., N.C. Garwood and H.W. Pritchard. 2006. Prediction of desiccation sensitivity in seeds of woody species: a probabilistic model based on two seed traits and 104 species. **Annals of Botany** 97 (4): 667-674.

Doust S.J., P.D. Erskine and D. Lamb. 2006. Direct seeding to restore rainforest species: Microsite effects on the early establishment and growth of rainforest tree seedlings on degraded land in the wet tropics of Australia. **Forest Ecology and Management** 234: 333–343.

Elliott, S.D., D. Blakesley and K. Hardwick. 2013. **Restoring tropical forest: a practical guide**. Royal Botanic Garden, Kew.

Ellis, R.H., T. Mai-Hong, T.D. Hong, T.T. Tan, N.D. Xuan-Chuong, L.Q. Hung and V.T. Le-Tam. 2007. Comparative analysis by protocol and key of seed storage behaviour of sixty Vietnamese tree species. **Seed Science and Technology** 35 (2): 460-476.

Hong, T.D. and R.H. Ellis. 1996. A Protocol to determine seed storage behaviour. **IPGRI Technical Bulletin No.1**. (J.M.M. Engels and J.Toll, vol. eds) International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

Jayasuriya, K.G., A.S. Wijetunga, J.M. Baskin and C.C. Baskin. 2013. Seed dormancy and storage behaviour in tropical Fabaceae: a study of

100 species from Sri Lanka. **Seed Science Research** 23 (4): 257-269.

Moungsrimuangdee, B. and T. Nawajongpan. 2016. A Survey of riparian species in the Bodhivijjalaya College's Forest, Srinakharinwirot University, Sa Kaeo. **Thai Journal of Forestry** 35 (3): 15 – 29.

Moungsrimuangdee, B., P. Waiboonya, P. Larpkern, P. Yodsa-nga and M. Saeyang. 2017. Reproductive Phenology and Growth of Riparian Species along Phra Prong River, Sa Kaeo Province, Eastern Thailand. **Journal of Landscape Ecology** 10 (2): 5-18.

Saint-Laurent, D., H. Marlies, J. St-Laurent and B. Francis. 2010. Comparative assessment of soil contamination by Lead and heavy metals in riparian and agricultural areas (Southern Québec, Canada). **International Journal of Environmental Research and Public Health** 7: 3100-3114.

Schmidt, L. 2007. **Tropical Forest Seed**. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Tunjai, P. and S. Elliott. 2012. Effects of seed traits on the success of direct seeding for restoring southern Thailand's lowland evergreen forest ecosystem. **New Forests** 43: 319-333.

นิพนธ์ต้นฉบับ

การเติบโตของกล้าไม้ 15 ชนิดภายใต้สภาพแสงจำลองในสวนยางพาราอายุ 1-10 ปี

Growth of 15 Species under Mimic Light Intensity below 1-10 Year-Old Pararubber Canopy

นิสา เหล็กสูงเนิน
สุวิมล อุทัยรัศมี*
สุริวรรณ มูลจันทร์
มาละตรีหนึ่ง สีหไกร
พีรพัฒน์ ดุมนิล

Nisa Leksungnoen
Suwimon Uthairatsamee*
Suriwan Moonchan
Maratreenung Seehakrai
Peerapat Doomnil

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

รับต้นฉบับ 12 มกราคม 2561 รับลงพิมพ์ 13 กุมภาพันธ์ 2561

ABSTRACT

Pararubber plantation has currently gained popularity in the northern part of Thailand replacing the corn plantation. However, most pararubber plantations are established on the steep and high altitude which causes the soil erosion during the rainy season. With these regards, intercropping with pararubber trees would be better than a monoculture crop for both economic return, and soil and water conservation. The objective of this study was to investigate 15 seedling species that has been reported to be shade-tolerant, high economic value, and good adaptation to the weather in the northern Thailand. Relative diameter, height, and number of leaves were calculated under the different mimic light intensity below canopies of pararubber trees at the age of 1, 2, 3, 4, 5–7, and 8–10 years old with the light intensity of 100%, 80%, 60%, 40%, 20%, and 10% of that above canopy, respectively, at a nursery in the Faculty of Forestry, Kasetsart University for one year.

The relative growth rate of all species decreased as light intensity decreased (as pararubber age increased). Three species with the highest growth rates in this study were *Alpinia galangal* (L.) Wild.) (Galangale: Kha), *Piper sarmentosum* Roxb. (Lolot pepper: Cha Phlu) and *Tectona grandis* L.f. (Teak). The next best species in terms of growth rates included *Mangifera indica* L. (Mango), *Zanthozylum rhetsa* (Roxb.) DC (Indian prickly ash: Ma Kwhan), *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner (Coffee), *Pandanus amaryllifolius* Roxb. (Pandan: Toey) and *Calamus* sp. (Rattan: Whay). Species with the lowest growth rates were *Aspidistra sutepensis* K.Laren (Ling

Lao), *Gnetum gnemon* L. (Baegu: Leaung), *Schinus terebinthifolius* Raddi (Brazilian peper tree: Matumkak). All 15 species in this study could be intercropped with pararubber aged between 1–3 years (light intensity 100-60%) without growth reduction. However, when the pararubber trees are older than 3 years, only shade tolerant species are recommended including *P. Amaryllifolius, A. galangal*, *P. sarmentosum, D. Cochinchinensis*, *Z. rhetsa* and *T. grandis*. Plantation should be mixed between fast-yielding and big tree for long-term yielding which help to prevent soil erosion and water runoff.

Keywords: seedling growth, mimic light intensity**,** Pararubber, intercropping species

บทคัดย่อ

ยางพาราเป็นพืชชนิดหนึ่งที่นิยมปลูกเพิ่มขึ้นทดแทนการปลูกข้าวโพดในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย แต่จากการปลูกแบบเชิงเดี่ยวบนพื้นที่สูงและลาดชันก่อให้เกิดปัญหาด้านการพังทลายของหน้าดินในฤดูฝน ดังนั้น การปลูกพืชชนิดอื่นร่วมกับยางพาราจึงเป็นอีกทางที่ช่วยอนุรักษ์ดินและน้ำ เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีระบบรากหลากหลายเมื่อปลูกร่วมอยู่ในสวนยางพาราก็จะทำให้อัตราการพังทลายของดินและการไหลบ่าหน้าดินของน้ำลดลงด้วย การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากล้าไม้ของพรรณพืช 15 ชนิดที่มีรายงานว่าทนร่ม และมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ รวมถึงสามารถปรับตัวกับสภาพแวดล้อมทางภาคเหนือได้ โดยทำการศึกษาการเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง และจำนวนใบ โดยจำลองสภาพแสงภายในสวนยางพาราอายุ 1, 2, 3, 4, 5–7 และ 8–10 ปี ที่มีปริมาณความเข้มแสงอยู่ร้อยละ 100, 80, 60, 40, 20 และ 10 ของความเข้มแสงบนเรือนยอดตามลำดับ ในโรงเรือนคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นระยะเวลา 1 ปี

อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของพืชส่วนใหญ่ลดลงตามปริมาณแสงที่ลดลง (ตามอายุยางพาราที่เพิ่มขึ้น) ชนิดที่มีการเติบโตสัมพัทธ์โดยรวมสูงสุด ได้แก่ ข่า ชะพลู สัก และรองลงมาได้แก่ มะม่วง มะแขว่น กาแฟ เตย และหวาย ส่วนชนิดที่มีการเติบโตสัมพัทธ์ต่ำที่สุดได้แก่ ลิงลาว เหลียง และมะตูมแขก เมื่อยางพารามีอายุ 1–3 ปี (ระดับแสงร้อยละ 100–60) นั้นสามารถปลูกพืชได้ทั้ง 15 ชนิดที่กล่าวมาและรวมถึงพืชอื่นๆ เนื่องจากแสงในระดับนี้ไม่ส่งผลกระทบต่อการเติบโตของพืช แต่เมื่อยางพาราอายุมากกว่า 3 ปี พืชที่ทนร่มเป็นชนิดที่แนะนำให้ปลูกในพื้นที่ โดยจากการศึกษาครั้งนี้แนะนำให้ปลูกเตย ข่า ชะพลู พะยูง มะแขว่น และสัก ซึ่งควรปลูกผสมกันไปเนื่องจากเตย ข่า และชะพลู เป็นพืชที่ให้ผลผลิตเร็ว และสามารถใช้ประโยชน์ได้ตลอดทั้งปี ส่วนไม้ต้นให้ปลูกควบคู่เพื่อประโยชน์ในระยะยาวจากการตัดฟันเพื่อใช้ประโยชน์จากเนื้อไม้ หรือจากการกินผล พร้อมทั้งช่วยลดการชะล้างพังทลายของดิน และชะลอการไหลบ่าของน้ำอีกด้วย

คำสำคัญ: การเติบโตของกล้าไม้ แสงจำลอง ยางพารา พืชปลูกควบยางพารา

คำนำ

ยางพารามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Hevea brasiliensis* (Kunth) Müll. Arg. จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae มีชื่อท้องถิ่นว่า กะเต๊าะห์ Ka-to (Malay-Peninsular); Brazilian rubber tree; Para rubber เป็นไม้ต้นผลัดใบขนาดใหญ่มีความสูง 7 เมตรขึ้นไป เรือนยอดรูปทรงกลมหรือรูปรีโปร่ง ในช่วงแรกทรงพุ่มจะเจริญเติบโตเป็นกลุ่มๆ เรียงลำดับเป็นชั้นๆ อย่างชัดเจน (สำนักงาน

หอพรรณไม้, 2557) เนื่องจากในปัจจุบันความต้องการใช้ประโยชน์จากยางพารามีเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณความต้องการวัตถุดิบเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีการขยายพื้นที่ปลูกยางพาราเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในเขตภาคเหนือซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศสูงชัน หากมองในแง่เศรษฐกิจเป็นการเพิ่มพูนรายได้ให้เกษตรกรได้เป็นอย่างดี แต่ในขณะเดียวกันก็ก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมขึ้นได้ เช่น การชะล้างพังทลายของดินและการสูญเสียธาตุอาหารเนื่องจากความลึกของรากมีเพียงระดับเดียว ทำให้การเกาะยึดของดินไม่ดีเท่ากับป่าไม้ที่มีพืชหลายชนิด มีรากหลายระดับความลึก นอกจากนี้การใช้ยาฆ่าแมลงและยาปราบศัตรูพืชยังปนเปื้อนในแหล่งน้ำอีกด้วย (เครือข่ายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมภาคอีสาน, 2550) ดังนั้นหากต้องการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ควรมีการนำพืชมาปลูกควบคู่กับยางพาราเพื่อช่วยให้มีการยึดเกาะของรากในหลายระดับความลึกซึ่งจะช่วยลดการชะล้างพังทลายของดินได้ โดยการศึกษาของ Maratreenung *et al.* (2016) ที่ทำการศึกษาการกระจายของรากยางพาราในจังหวัดเชียงราย โดยดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย รายงานว่า รากของยางพารากระจายไปรอบต้นในระยะ 3 เมตร ในระดับความลึก 15 เซนติเมตร ซึ่งรากของพืชที่จะปลูกร่วมควรปลูกที่ระดับความลึกมากกว่า 15 เซนติเมตร เพื่อไม่ให้รบกวนรากของยางพารา

นอกจากเรื่องของระบบรากแล้ว เรื่องของแสงภายใต้เรือนยอดยางพารายังเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับพืชที่จะปลูกร่วมกับยางพารา โดยยางพาราจะผลัดใบและผลิใบปีละครั้ง โดยขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและภูมิประเทศ เช่น ในพื้นที่ภาคตะวันออก จะเริ่มผลัดใบในช่วงปลายเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์ (สมศักดิ์, 2549) ภาคใต้ ในจังหวัดนราธิวาสจะผลัดใบประมาณต้นเดือนมีนาคมถึงเมษายน (สมยศ และคณะ, 2541) สำหรับความเข้มแสงระดับเรือนยอดในพื้นที่แปลงยางพารามีการรายงานว่ามีค่าประมาณ 17.3-17.8 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน และภายใต้ร่มยางพาราในช่วงที่ยังไม่ผลัดใบ อายุ 9 ปี มีค่าเฉลี่ย 3.5 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน (พนัส และคณะ, 2547) ในขณะที่ยางพาราอายุ 5 ปีซึ่งอยู่ในช่วงที่ไม่ผลัดใบเช่นกัน มีค่าเฉลี่ย 9.7 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน (พนัส และคล่อง, 2547) และพบว่าปริมาณแสงภายใต้ร่มยางพาราจะผันแปรไปตามช่วงฤดูกาลผลัดใบจนถึงแตกใบอ่อน และช่วงชั้นอายุของยางพารา ซึ่งจะพบว่าค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงใต้ทรงพุ่มจะมีค่าสูงที่สุด คือ ช่วงที่ใบยางพาราผลัดใบหมด (สมยศ และคณะ, 2541) ซึ่งยางพาราในแต่ละชั้นอายุจะมีค่าความเข้มแสงที่แตกต่างกัน โดยการศึกษาของ Maratreenung *et al.* (2016) ได้รายงานว่า ยางพาราอายุ 1, 2, 3, 4, 5–7 และ 8–10 ปี มีปริมาณความเข้มแสงบริเวณพื้นดินเมื่อเทียบกับแสงที่ได้รับเต็มที่เหนือเรือนยอด มีค่าร้อยละ 100, 80, 60, 40, 20 และ 10 ตามลำดับ

พืชแต่ละชนิดต้องการแสงเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งเป็นกระบวนการหลักในการสร้างอาหารเพื่อการเติบโตที่แตกต่างกัน พืชที่มีความเป็นไปได้ในการนำไปปลูกในสวนป่าจึงควรที่จะมีความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสงและเติบโตในที่ที่มีความเข้มแสงบริเวณพื้นล่างต่ำ และควรมีความไวต่อแสงแม้เพียงช่วงสั้นๆ ก็สามารถเติบโตได้ ภายใต้ร่มเงาของไม้ใหญ่ ถึงแม้ว่าเรือนยอดของไม้ใหญ่จะหนาแน่นแต่ก็จะมีบางช่วงที่แสงสามารถส่องทะลุช่องว่างของเรือนยอดตรงลงมาถึงพื้นล่างได้ (sunflecks) (Pearcy *et al*., 1997) แสงที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงคือ แสงในช่วงคลื่น 400–700 นาโนเมตร เมื่อแสงตกกระทบที่ส่วนยอดของไม้ใหญ่ประมาณร้อยละ 85–90 ของแสงจะถูกดูดซับด้วยใบที่เรือนยอดที่ได้รับแสงก่อน และอีกประมาณร้อยละ 10 จะถูกสะท้อนกลับไปในบรรยากาศ เหลือเพียงประมาณร้อยละ 5 ที่ส่องทะลุผ่านใบมาที่ชั้นถัดไป ดังนั้นถ้าต้นไม้ที่มีเรือนยอดสูงมีปริมาณใบมากและภายในเรือนยอดนั้นมีใบซ้อนกันอยู่หลายชั้นจะยิ่งทำให้ปริมาณแสงที่ส่องมาถึงพื้นล่างมีปริมาณต่ำ อีกทั้งคุณภาพของแสงในช่วงที่พืชสามารถใช้ในการสังเคราะห์แสงได้จะลดต่ำลงไปด้วย (Taiz and Zeiger, 2006) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเติบโตของพืช

การปลูกพืชร่วมกับยางพาราได้ดำเนินการในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะเมื่อยางพารามีอายุไม่เกิน 3 ปี ซึ่งพืชที่นิยมปลูกได้แก่ สับปะรด ข้าวไร่ ข้าวโพดหวาน กล้วย หญ้าอาหารสัตว์ อ้อยคั้นน้ำ ระกำหวาน สละ หวาย สะเดาเทียม กระวาน และมันสำปะหลัง โดยมันสำปะหลังนั้นจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นยางพารา ดังนั้นหากต้องการปลูกควรปลูกให้ห่างจากโคนต้นยางพาราไม่น้อยกว่า 2 เมตร เป็นต้นไป (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2553) นอกจากนี้การปลูกในรูปแบบระบบวนเกษตร โดยการปลูกยางพาราร่วมกับพรรณไม้ป่าเป็นหนึ่งในแนวทางของการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยชนิดพรรณไม้ป่าที่นิยมนำมาปลูก ได้แก่ กฤษณา สะเดาเทียม ผักหวานป่า ผักเหลียง มันปู ทำมัง สะตอ ตะเคียนทอง กระถินเทพา กระวาน มะฮอกกานี พะยอม เป็นต้น ซึ่งพืชส่วนใหญ่ไม่ส่งผลกระทบต่อน้ำยางและการเติบโตของยางพารา (พิสมัย และคณะ, 2541; ไววิทย์ และคณะ, 2541) อย่างไรก็ตามการศึกษาที่กล่าวมานี้เป็นการทดลองในยางพาราบางช่วงอายุเท่านั้น จึงไม่สามารถเปรียบเทียบการเติบโตภายใต้เรือนยอดยางพาราที่มีอายุต่อเนื่องได้ จึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง และจำนวนใบของกล้าไม้ 15 ชนิด แบ่งเป็นไม้ล้มลุก (Herb) จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ เตย *(Pandanus amaryllifolius* Roxb.); H1, ข่า *(Alpinia galangal* (L.) Wild.); H2, ชะพลู *(Piper sarmentosum* Roxb.); H3, ลิงลาวหรือนางลาว *(Aspidistra sutepensis* K.Laren); H4, และหวาย *(Calamus* sp.); H5 ไม้พุ่ม (Shrub) จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ผักเหลียง *(Gnetum gnemon* L.); SH1, กาแฟ *(Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner); SH2, ชาเมี่ยง *(Camellia sinensis* (L.) Kuntze var. *assamica* (J.W.Mast.) Kitam.); SH3, มะตูมแขก *(Schinus terebinthifolius* Raddi); SH4, และ มันปู *(Glochidion wallichianum* Muell.); SH5, ไม้ต้น (Tree) จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ตะเคียนทอง *(Hopea odorata* Roxb.); T1, พะยูง *(Dalbergia cochinchinensis* Pierre); T2, มะแขว่น *(Zanthozylum rhetsa* (Roxb.) DC.); T3, มะม่วง *(Mangifera indica* L.); T4, และสัก *(Tectona grandis* L.f.); T5 โดยจำลองแสงภายใต้สภาพสวนยางพาราอายุ 1, 2, 3, 4, 5–7 และ 8–10 ปี ที่มีปริมาณความเข้มแสงอยู่ร้อยละ 100, 80, 60, 40, 20 และ 10 ของแสงที่ตกกระทบบนเรือนยอดตามลำดับ ตามการศึกษาของ Maratreenung *et al.* (2016) เป็นระยะเวลา 1 ปี

อุปกรณ์ และวิธีการ

พื้นที่ทำการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการในโรงเรือนบริเวณคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน โดยสภาพอากาศบริเวณโรงเรือนนั้นนำข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาใกล้ผิวดินและคุณภาพอากาศ คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2 กิโลเมตรจากโรงเรือนทดลอง) เป็นระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2559 มาทำการวิเคราะห์ พบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีค่าประมาณ 30 องศาเซลเซียส และร้อยละ 60 ตามลำดับ โดยอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในเดือนพฤษภาคม 2558 มีค่า 32.5 องศาเซลเซียส และต่ำสุดในเดือนมกราคม 2558 มีค่า 27.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มีจุดสูงสุดอยู่ 2 ช่วง คือในเดือนมีนาคมที่ร้อยละ 62 และเดือนตุลาคม 2558 ที่ร้อยละ 68 และความชื้นต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ 2558 ที่ร้อยละ 52 ดังนั้นสภาพอากาศในรอบปีจึงจัดว่ามีอากาศที่ค่อนข้างร้อนชื้น อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แต่ละเดือนในรอบปีไม่แตกต่างกันมากนัก

การเตรียมโรงเรือนสำหรับการทดลองและแบ่งกลุ่มการทดลอง

โรงเรือนที่ใช้สำหรับการทดลองในครั้งนี้มีขนาดพื้นที่ประมาณ 9 × 12 เมตร โดยแบ่งพื้นที่โรงเรือนออกเป็น 6 ส่วน แต่ละส่วนมีขนาด 1.5 × 2 เมตร และ

ทำการสุ่มเลือกพื้นที่ให้เป็นตัวแทนของแต่ละชุดการทดลอง ซึ่งเป็นการจำลองสภาพแสงภายใต้สวนยางพาราอายุ 1, 2, 3, 4, 5–7 และ 8–10 ปี ที่มีปริมาณความเข้มแสงอยู่ร้อยละ 100, 80, 60, 40, 20 และ 10 ตามลำดับ ตามการศึกษาของ Maratreenung *et al.* (2016) โดยมีผังชุดการทดลองดัง Figure 1

10%	60%	100%
20%	40%	80%



Figure 1 Treatment layout in the experiment with 6 different light intensities that mimic from pararubber canopy ranged from aged 1 – 10 years old affecting relative plant growth in diameter, height, and number of leaves.

ในแต่ละชุดการทดลองทำการคลุมด้วยตาข่ายกรองแสงที่แตกต่างกัน ดังนี้

1) ร้อยละ 100 (ชุดควบคุม) จำลองอายุยางพารา 1 ปี ไม่มีการใช้ตาข่ายกรองแสง ให้ได้รับแสงตามธรรมชาติ

2) ร้อยละ 80 จำลองอายุยางพารา 2 ปี ใช้ตาข่ายกรองแสงร้อยละ 50 แล้วนำมาตัดช่องเล็กๆ เพิ่มเติมเพื่อให้ได้รับปริมาณแสงที่ต้องการที่ร้อยละ 80 ของแสงตามธรรมชาติ

3) ร้อยละ 60 จำลองอายุยางพารา 3 ปี ใช้ตาข่ายกรองแสงร้อยละ 40 ซึ่งมีขายอยู่ตามท้องตลาด เพื่อให้ได้รับแสงปริมาณร้อยละ 60 ของแสงตามธรรมชาติ

4) ร้อยละ 40 จำลองอายุยางพารา 4 ปี ใช้ตาข่ายกรองแสงร้อยละ 60 ซึ่งมีขายอยู่ตามท้องตลาด เพื่อให้ได้รับแสงปริมาณร้อยละ 40 ของแสงตามธรรมชาติ

5) ร้อยละ 20 จำลองอายุยางพารา 5 – 7 ปี ใช้ตาข่ายกรองแสงร้อยละ 80 ซึ่งมีขายอยู่ตามท้องตลาด เพื่อให้ได้รับแสงปริมาณร้อยละ 20 ของแสงตามธรรมชาติ

6) ร้อยละ 10 จำลองอายุยางพารา 8 – 10 ปี ใช้ตาข่ายกรองแสงร้อยละ 90 ซึ่งมีขายอยู่ตามท้องตลาด เพื่อให้ได้รับแสงปริมาณร้อยละ 10 ของแสงตามธรรมชาติ

โดยการกั้นตาข่ายกรองแสงนั้นจะกั้นพื้นที่ทั้งด้านบนและด้านข้างโดยรอบ เพื่อให้ปริมาณแสงที่ได้รับเป็นไปตามที่ตั้งไว้ และทำการติดตั้งระบบรดน้ำแบบสเปรย์ทั่วพื้นที่พร้อมๆ กัน เพื่อทำการให้น้ำแก่กล้าไม้อย่างทั่วถึง โดยทำการรดน้ำวันเว้นวัน จากนั้นทำการวัดปริมาณแสงในแต่ละชุดทดลองด้วยเครื่องวัดแสงและอุณหภูมิอัตโนมัติ (Model HOBO UA-002-64, Pendant Temp/Light, 64 K, Onset Computer Coorporation, Bourne, MA, USA) ทำการวางเครื่องมือ 3 ชุดในแต่ละชุดการทดลอง และตั้งเวลาเก็บข้อมูลในทุกๆ 1 นาที เป็นเวลา 3 วัน เพื่อนำมาวิเคราะห์ว่าปริมาณแสงที่ได้รับในแต่ละชุดการทดลองตรงตามที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งค่าที่ได้ใกล้เคียงกับสภาพแสงที่ต้องการ ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Mean daily light intensity measurements before the beginning of the experiment to ensure that the target light intensities are reached.

Treatments (% light intensity when compared to the full sunlight)	Mean daily light intensity (%) ± standard deviation (SD)
80 (mimic 2 years old pararubber)	75.68 ± 1.48
60 (mimic 3 years old pararubber)	56.24 ± 0.79
40 (mimic 4 years old pararubber)	41.32 ± 0.81
20 (mimic 5-7 years old pararubber)	19.80 ± 0.70
10 (mimic 8-10 years old pararubber)	10.16 ± 0.45

การเตรียมกล้าไม้

ทำการจัดหากล้าไม้ตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม 2557 จากแหล่งต่างๆ โดยส่วนใหญ่มาจากจังหวัดปทุมธานี ยกเว้นบางชนิดที่มีถิ่นกำเนิดในภาคเหนือเท่านั้น ได้แก่ มะแขว่น นำมาจากจังหวัดแพร่ ลิงลาวหรือนางลาว นำมาจากจังหวัดเชียงราย ชาเมี่ยงและกาแฟ นำมาจากจังหวัดเชียงใหม่ โดยพยายามเลือกกล้าไม้ที่มีขนาดเท่ากัน และเนื่องจากไม่ทราบอายุของกล้าไม้จึงพยายามเลือกจากแหล่งที่มาเดียวกันให้มากที่สุด ทำการย้ายกล้าไม้ทั้งหมดลงปลูกในกระถางพลาสติกสีดำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร เติมดินผสมสำเร็จพร้อมปลูกที่มีส่วนผสมของดินขุยไผ่ ใบก้ามปู และมะพร้าวสับ ใส่ปุ๋ยเม็ดละลายช้า สูตร 14-14-14 (Osmocote Suffolk, UK) ปริมาณ 200 กรัมในทุกกระถาง จากนั้นวางกล้าไม้ในบริเวณแสงรำไรเป็นเวลา 1 เดือน ก่อนทำการทดลองเพื่อให้กล้าไม้ปรับสภาพเข้ากับพื้นที่

หลังจากที่ปรับปริมาณแสงในแต่ละชุดการทดลองในโรงเรือนให้มีปริมาณที่ต้องการได้แล้ว จึงนำกล้าไม้ทั้ง 15 ชนิดที่เตรียมไว้มาวางในโรงเรือน โดยสุ่มวางกระจายบนโต๊ะเหล็กที่สูง 30 เซนติเมตรเหนือพื้นดินในโรงเรือน โดยในแต่ละชุดการทดลองแต่ละความเข้มแสง มีจำนวนซ้ำของพรรณไม้แต่ละชนิดจำนวน 7 ต้น ดังนั้นแผนการทดลองจึงเป็นแบบ split plot โดยมีปริมาณแสงเป็นปัจจัยหลัก (main factor) ซึ่งมีทั้งหมด 6 ระดับ และในแต่ละความเข้มแสงจะมีพืช (sub plots) 15 ชนิด แต่ละชนิดมีจำนวน 7 ซ้ำ ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงใช้กล้าไม้ทั้งหมด 630 ต้น

การวัดการเติบโตของกล้าไม้ในแต่ละชุดการทดลอง

ก่อนเริ่มทำการศึกษาทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้น ความสูง และจำนวนใบของกล้าไม้ทุกต้นในเดือนกุมภาพันธ์ 2558 และวัดการเติบโตอีกครั้งในเดือนกุมภาพันธ์ 2559 เพื่อวิเคราะห์การเติบโตสัมพัทธ์ (relative growth rate) ของแต่ละต้นภายใต้สภาพแสงที่แตกต่างกัน โดยการเติบโตจะคำนวณโดยแยกออกเป็นการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter at breast height: DBH) ซึ่งคำนวณเฉพาะไม้พุ่มและไม้ยืนต้น (รวม 10 ชนิด) เนื่องจากไม้ล้มลุกมีการเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยมากเมื่อเทียบกับไม้พุ่มและไม้ยืนต้น ส่วนการเติบโตทางด้านความสูงและการเพิ่มจำนวนใบทำการคำนวณในทุกชนิด (15 ชนิด) ซึ่งการเติบโตสัมพัทธ์ของทั้ง 3 ค่านี้ คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{การเติบโตสัมพัทธ์ (ในแต่ละด้าน)} = \frac{A-B}{B} \times 100$$

จากสมการเมื่อ A คือ ขนาดในเดือนกุมภาพันธ์ 2559
B คือ ขนาดในเดือนกุมภาพันธ์ 2558

การวัดการเติบโตสัมพัทธ์ที่เทียบกับค่าเริ่มต้นของแต่ละต้นในเวลาเริ่มต้นและเวลาสุดท้าย หน่วยที่ได้คือร้อยละ (%) ดังนั้นค่าที่ได้จึงสามารถนำมาเปรียบเทียบทางสถิติได้ โดยนำข้อมูลของทุกระดับความเข้มแสงมารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อเปรียบเทียบกันในแต่ละชนิด และในแต่ละชนิดทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละระดับความเข้มแสง นอกจากนี้ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแต่ละความเข้มแสงโดยนำข้อมูลของ

ทุกชนิดมารวมกัน การวิเคราะห์สถิติไม่ทำการวิเคราะห์แบบมีความสัมพันธ์ร่วม (interaction) เนื่องจากค่าความแตกต่างที่ได้ไม่สามารถนำมาแปลผลได้อย่างมีความหมาย จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังที่กล่าวมาข้างต้นด้วยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป R

ผลและวิจารณ์

การเติบโตสัมพัทธ์ของพืชในภาพรวมมีการเติบโตลดลงเมื่อระดับความเข้มแสงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.001$ โดยการเติบโตสัมพัทธ์ในด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง (relative diameter rate) ความสูง (relative height rate) และจำนวนใบ (relative leaf number rate) แสดงดัง Figure 2–4 ซึ่งพบว่า การเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางตอบสนองต่อแสงเร็วกว่าด้านความสูง และจำนวนใบ เนื่องจากการเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่ความเข้มแสงที่ระดับร้อยละ 80 ซึ่งหมายถึงเรือนยอดยางพาราในสภาพธรรมชาติ อายุ 2 ปี ส่งผลให้การเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางของพืชพื้นล่างลดต่ำลงอย่างไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ (Figure 2) ส่วนการเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านความสูงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเข้มแสงร้อยละ 20 ซึ่งหมายถึงเมื่อยางพาราอายุ 5 ปีขึ้นไป จึงจะเริ่มส่งผลกระทบต่อการเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านความสูง (Figure 3) ในขณะที่การเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านการเพิ่มจำนวนใบได้รับผลกระทบจากระดับความเข้มแสงน้อยมาก โดยความเข้มแสงจะต้องลดต่ำลงจนถึงร้อยละ 10 หรือเทียบเท่ากับอายุยางพารา 8 ปีขึ้นไป จึงจะเริ่มส่งผลให้การเพิ่มจำนวนใบลดลง (Figure 4) ดังนั้นพืชที่ใช้ประโยชน์จากใบจึงมีแนวโน้มที่จะสามารถปลูกร่วมกับยางพาราจนถึงอายุ 8 ปีโดยที่ไม่มีความแตกต่างทางผลผลิตเมื่อเทียบกับการได้รับแสงอย่างเต็มที่

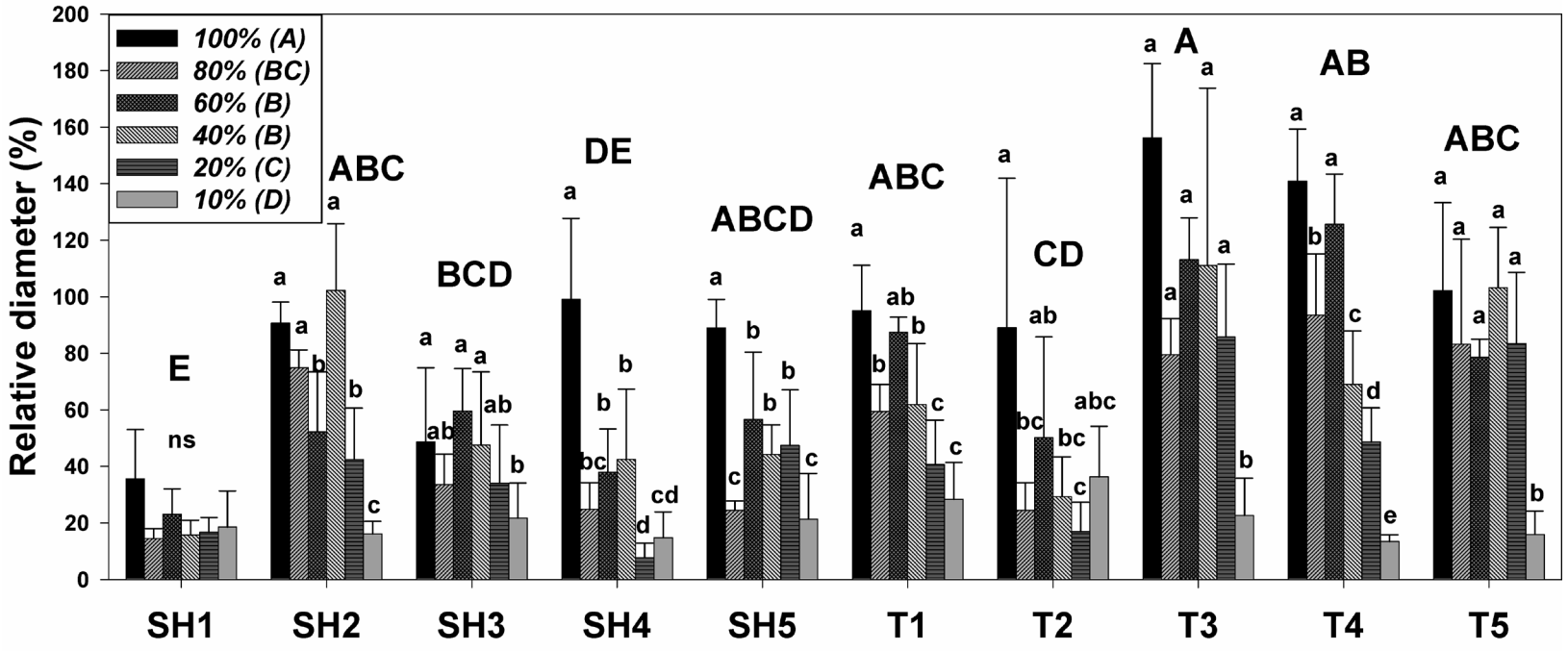


Figure 2 Relative diameter growth of 10 species in shrub and tree (herb species are not included here due to a small relative growth in diameter). SH1 *(Gnetum gnemon* L.); SH2 *(Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner); SH3 *(Camellia sinensis* (L.) Kuntze var. *assamica* (J.W.Mast.) Kitam.); SH4 *(Schinus terebinthifolius* Raddi); SH5 *(Glochidion wallichianum* Muell.); T1 *(Hopea odorata* Roxb.); T2 *(Dalbergia cochinchinensis* Pierre); T3 *(Zanthozylum rhetsa* (Roxb.) DC.); T4 *(Mangifera indica* L.); T5 *(Tectona grandis* L.f.).

Remarks: Mean relative diameter (MRD) is presented as error bar (n= 7). The different letters represent the statistical difference at the significant level of 0.05 with ANOVA. Uppercase letters after the light intensity in the legend frame are statistical difference in the MRD of all species combined at each light intensity level (N=70). Uppercase letters above the error bars are statistical difference in the MRD of all light intensity combined for each plant species (N=42). Lowercase letters above each error bar are statistical difference in the MRD of each light intensity level of each species (N = 7). ns means no statistical difference among light intensity levels of each species.

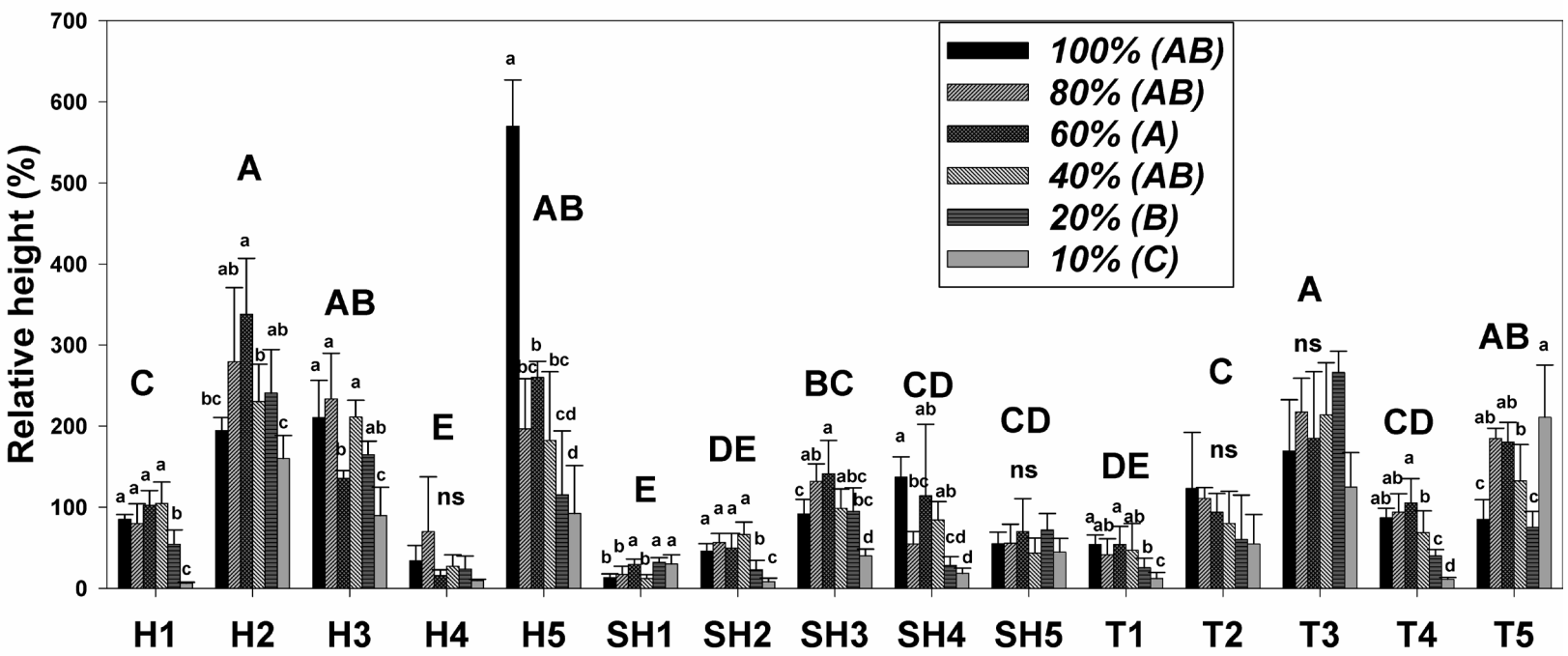


Figure 3 Relative height (RH) of 15 species including; H1 (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.); H2 *(Alpinia galangal* (L.) Wild.); H3 *(Piper sarmentosum* Roxb.); H4 *(Aspidistra sutepensis* K.Laren); H5 *(Calamus* sp.); SH1 *(Gnetum gnemon* L.); SH2 *(Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner); SH3 *(Camellia sinensis* (L.) Kuntze var. *assamica* (J.W.Mast.) Kitam.); SH4 *(Schinus terebinthifolius* Raddi); SH5 *(Glochidion wallichianum* Muell.); T1 *(Hopea odorata* Roxb.); T2 *(Dalbergia cochinchinensis* Pierre); T3 *(Zanthozylum rhetsa* (Roxb.) DC.); T4 *(Mangifera indica* L.); T5 *(Tectona grandis* L.f.).

Remark: Statistical differences are explained as described in Figure 2.

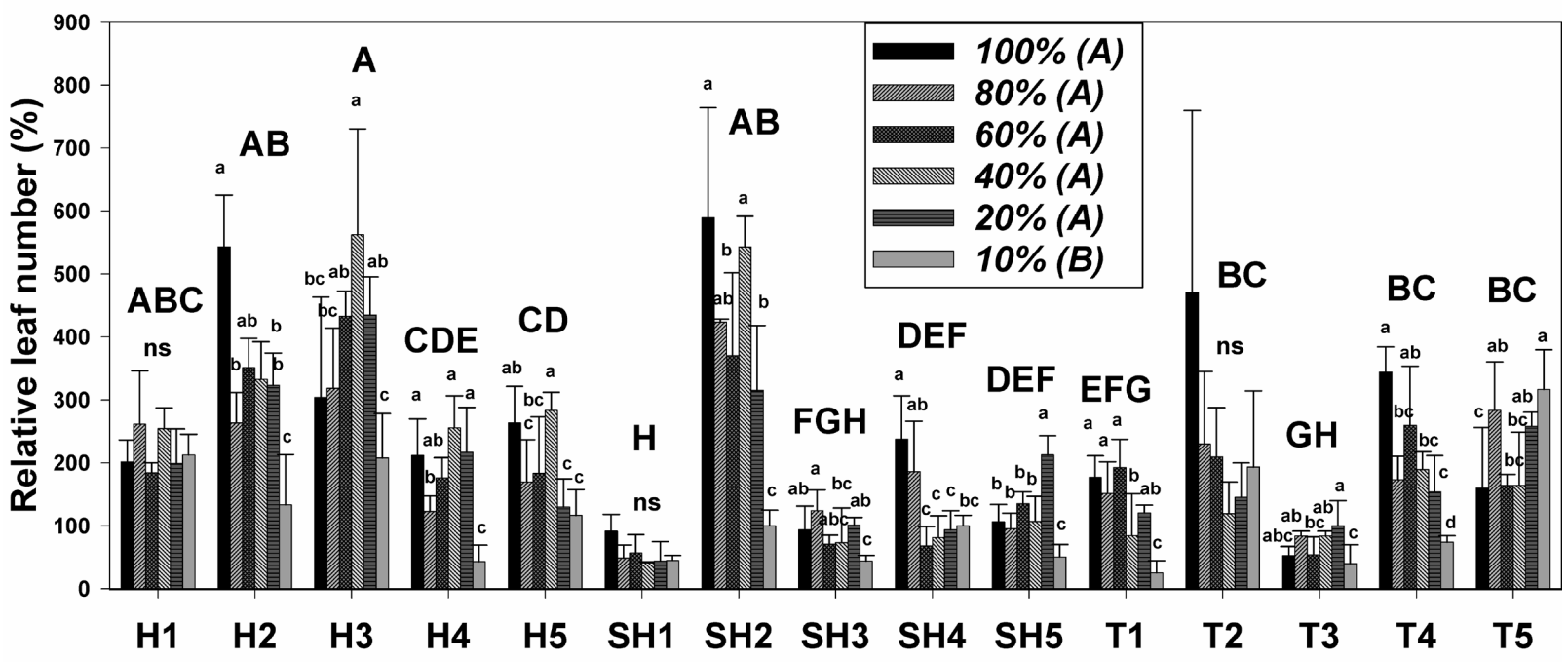


Figure 4 Relative leaf number (RL) of 15 species including; H1 (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.); H2 *(Alpinia galangal* (L.) Wild.); H3 *(Piper sarmentosum* Roxb.); H4 *(Aspidistra sutepensis* K.Laren); H5 *(Calamus* sp.); SH1 *(Gnetum gnemon* L.); SH2 *(Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner); SH3 *(Camellia sinensis* (L.) Kuntze var. *assamica* (J.W.Mast.) Kitam.); SH4 *(Schinus terebinthifolius* Raddi); SH5 *(Glochidion wallichianum* Muell.); T1 *(Hopea odorata* Roxb.); T2 *(Dalbergia cochinchinensis* Pierre); T3 *(Zanthozylum rhetsa* (Roxb.) DC.); T4 *(Mangifera indica* L.); T5 *(Tectona grandis* L.f.).

Remark: Statistical differences are explained as described in Figure 2.

ดังนั้นพืชที่แนะนำให้ปลูกแซมยางพาราเพื่อเน้นการเสริมรายได้ทางเศรษฐกิจควบคู่กับยางพารา จึงเป็นพืชที่ไม่เน้นการใช้ประโยชน์ทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางหรือขนาดของลำต้นเป็นหลัก แต่เน้นเป็นพืชที่ใช้ใบ หรือหัวใต้ดินเป็นหลัก เช่น พืชล้มลุก ในการศึกษาครั้งนี้ คือ เตย (H1) ข่า (H2) และชะพลู (H3) ส่วนไม้พุ่มและไม้ยืนต้นแนะนำให้ปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ในระยะยาว และมุ่งเน้นเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำเป็นหลัก โดยปลูกเพื่อยึดดินไม่ให้สูญเสียไปในพื้นที่ลาดชันและชะลอการไหลของน้ำบ่าหน้าดินอีกด้วย

เมื่อพิจารณาเฉพาะการเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง พบว่า พืชโดยรวมมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยประมาณร้อยละ 60–120 ภายในระยะเวลา 1 ปี ซึ่งชนิดที่มีการเติบโตสูงสุดได้แก่ มะแขว่น (T3) มะม่วง (T4) รองลงมาได้แก่ สัก (T5) ตะเคียนทอง (T1) กาแฟ (SH2) และมันปู (SH5) ในขณะที่มี 3 ชนิดที่มีการเติบโตต่ำที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ โดยมีการเติบโตสัมพัทธ์เฉลี่ยประมาณร้อยละ 20–60 ได้แก่ เหลียง (SH1) มะตูมแขก (SH4) และพะยูง (T2) (Figure 2) เมื่อพิจารณาถึงการเติบโตของกล้าไม้แต่ละชนิดที่ระดับความเข้มแสงที่แตกต่างกัน พบว่าพืชส่วนใหญ่มีการเติบโตสัมพัทธ์ที่มีอัตราที่ใกล้เคียงหรือแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในทุกระดับความเข้มแสง (Figure 2, lowercase letters)

สำหรับการเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านความสูงนั้นมีอัตราเติบโตเฉลี่ยสูงกว่าเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณร้อยละ 150–200 (Figure 3) ชนิดที่มีการเติบโตเฉลี่ยสูงที่สุดในด้านความสูง คือ ข่า (H2) และมะแขว่น (T3) รองลงมาได้แก่ ชะพลู (H3) หวาย (H5) และ สัก (T5) ตามลำดับ ส่วนชนิดที่มีการเติบโตสัมพัทธ์ต่ำที่สุด คือ ลิงลาว (H4) เหลียง (SH1) กาแฟ (SH2) และ ตะเคียนทอง (T1) ซึ่งมีการเพิ่มความสูงเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 100 สิ่งที่น่าสังเกตคือ ลิงลาว (H4) เหลียง (SH1) มันปู (SH5) พะยูง (T2) และสัก (T5) เป็นชนิดที่แม้ว่าในความเข้มแสงระดับต่ำสุด (ร้อยละ 10) พืชเหล่านี้ยังสามารถเพิ่มความสูงได้เทียบเท่ากับต้นอื่นในชนิดเดียวกันที่ได้รับแสงในระดับสูงกว่า เพียงแต่หากมองในแง่การเพิ่มความสูงโดยรวมที่ดีด้วยแล้วมีเพียงสัก (T5) ชนิดเดียวเท่านั้นที่แสดงให้เห็นว่าแม้ปริมาณแสงจะต่ำ (ร้อยละ 10) แต่สักสามารถที่จะเติบโตภายใต้ร่มเงายางพาราที่มีอายุมากกว่า 8 ปีขึ้นไป พร้อมทั้งมีอัตราการเพิ่มความสูงที่อยู่ในระดับสูง ส่วนในพืชชนิดอื่นๆ นั้นแม้จะเพิ่มความสูงในร่มเงาได้แต่อัตราการเพิ่มความสูงยังจัดว่าต่ำเมื่ออยู่ในที่ร่มจัด จึงอาจจะเหมาะในการปลูกเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำมากกว่าที่จะปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจ นอกจากนี้ยังเป็นที่น่าสังเกตว่า ปริมาณความเข้มแสงที่ระดับสูง (ร้อยละ 80–100) ส่งผลให้การเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านความสูงในพืชส่วนใหญ่ต่ำกว่าในความเข้มแสงระดับปานกลาง (ร้อยละ 40–60) ซึ่งสาเหตุน่าจะเกิดจากในช่วงแรกของการเติบโต กล้าไม้ต้องการแสงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งในช่วงแสงระดับสูงนั้น จึงน่าจะมีมากพอต่อความต้องการของพืชทุกชนิดโดยที่ไม่ต้องแก่งแย่งกัน แต่เมื่อแสงลดลงในระดับปานกลาง แสงเริ่มไม่เพียงพอต่อความต้องการ กล้าไม้จึงพยายามที่จะยืดลำต้นขึ้นเพื่อให้ได้รับแสงอย่างเต็มที่ โดยอาศัยพลังงานจากกระบวนการสลายอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงมากกว่าที่จะใช้เพื่อการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง จึงส่งผลให้การเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านความสูงมากกว่าทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง และมีการเติบโตสูงที่สุดในระดับความเข้มแสงปานกลางดังที่แสดงใน Figure 3 แต่เมื่อระดับความเข้มแสงลดลงจนถึงระดับต่ำทำให้แสงไม่เพียงพอต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ดังนั้นการเติบโตทางด้านความสูงจึงน้อยกว่าเมื่อเทียบกับระดับแสงอื่นๆ ซึ่งจากการศึกษาของ Phonguodume *et al.* (2012) ที่ได้ศึกษาผลจากความเข้มแสงที่แตกต่างกันต่อการเติบโตของกล้าไม้ป่าเขตร้อน 5 ชนิด พบว่าความเข้มแสงที่แตกต่างกัน 3 ระดับทำให้ความสูงของ

กล้าไม้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Kenzo *et al*. (2008) ที่พบว่าแสงมีผลต่อความหนาแน่นของเนื้อไม้และความสูงของกล้าไม้ และจากการศึกษาของ Mesquita (2000) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความเข้มแสง 5 ระดับ (ร้อยละ100, 89-90, 50-60, 20-30 และ 0 (ควบคุม)) พบว่าในสภาพป่าธรรมชาติความสูงของกล้าไม้เพิ่มขึ้นกว่า 25 เซนติเมตร ภายใต้ความเข้มแสงร้อยละ 50

การเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านการเพิ่มจำนวนใบ มีความผันแปรระหว่างชนิดมากที่สุด โดยมีช่วงการเติบโตที่กว้างมาก โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 100–400 พบว่า การเติบโตสูงที่สุด ได้แก่ ชะพลู (H3) ข่า (H2) กาแฟ (SH2) และเตย (H1) รองลงมาได้แก่ พะยูง (T2) มะม่วง (T4) และสัก (T5) ส่วนชนิดที่มีการเติบโตต่ำที่สุด ได้แก่ เหลียง (SH1) มะแขว่น (T3) ชาเมี่ยง (SH3) ตะเคียนทอง (T1) มะตูมแขก (SH4) และมันปู (SH5) (Figure 4) โดยจะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่ไม้ล้มลุกจะมีการเพิ่มจำนวนใบในปริมาณที่สูง ในขณะที่ไม้พุ่มมีการเพิ่มจำนวนใบต่ำที่สุด และส่วนใหญ่พืชจะมีการลดลงของการเพิ่มจำนวนใบที่ระดับความเข้มแสงต่ำสุด (ร้อยละ 10) ยกเว้นใน เตย (H1) พะยูง (T2) สัก (T5) ที่พบว่าแม้ในระดับความเข้มแสงต่ำสุดยังสามารถเพิ่มปริมาณใบได้เท่ากับหรือสูงกว่าการเพิ่มปริมาณใบในระดับความเข้มแสงอื่นๆ ดังนั้นจึงเป็นชนิดที่น่าจะพิจารณาเพื่อนำมาปลูกในสวนยางพาราอายุ 8 ปีขึ้นไป เนื่องจากชั้นเรือนยอดของยางพาราจะปกคลุมจนปริมาณแสงมีน้อยมาก แต่ก็ยังมีพืชชนิดที่กล่าวมาที่สามารถเพิ่มจำนวนใบได้ในระดับดี (ร้อยละ 200–300 เมื่อเทียบกับก่อนเริ่มการทดลอง) (Figure 4)

เมื่อนำพืชแต่ละชนิดมาเปรียบเทียบการเติบโตโดยรวมพบว่า ชนิดที่มีการเติบโตโดยรวมสูงสุด ได้แก่ ข่า (H2) ชะพลู (H3) สัก (T5) และรองลงมาได้แก่ มะม่วง (T4) มะแขว่น (T3) กาแฟ (SH2) เตย (H1) และหวาย (SH5) และชนิดที่มีการเติบโตสัมพัทธ์ต่ำที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ ลิงลาว (H4) เหลียง (SH1) และมะตูมแขก (SH4) โดยลิงลาวมีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติในภาคเหนือ พบในพื้นที่ป่าซึ่งส่วนใหญ่เป็นบริเวณที่ลาดชัน ร่องหินริมห้วย หน้าผาดินปนหิน และหน้าผาริมน้ำตก ชอบขึ้นในบริเวณใต้ร่มของไม้ยืนต้นที่มีแสงส่องรำไร โดยเฉพาะในบริเวณพื้นที่ดินปนหินหรือพื้นที่ดินชื้นแต่ไม่แฉะ (วิชร และคณะ, 2556; สวิง, 2556) ดังนั้นสภาพแวดล้อมในโรงเรือนทดลองที่มีความแตกต่างจากแหล่งการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติอย่างชัดเจนจึงอาจส่งผลให้ลิงลาวเติบโตไม่ดี ส่วนเหลียงนั้นพบมากในภาคใต้ โดยเฉพาะภาคใต้ฝั่งตะวันตก (จังหวัดพังงา ระนอง กระบี่ ตรัง) สามารถเติบโตได้ดีภายใต้ร่มเงา พบบริเวณเนินเขาและที่ราบ โดยขึ้นในบริเวณที่มีดินร่วนซุย และมีความอุดมสมบูรณ์สูง มีปริมาณฝนตกชุก (กุล, 2536; สถาบันการแพทย์แผนไทย, 2542) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเหลียงต้องการพื้นที่ที่มีน้ำมากและอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ ส่วนมะตูมแขกนั้นเป็นไม้นำเข้า โดยมีถิ่นกำเนิดอยู่ในอเมริกาใต้แถบประเทศบราซิล อาร์เจนตินา และปารากวัย (สถานีพัฒนาที่ดินพระนครศรีอยุธยา, ม.ป.ป.) ซึ่งจะเห็นได้ว่าโดยรวมแล้วพืชที่มีการเติบโตต่ำในการศึกษาครั้งนี้เป็นพืชที่มีรายงานว่าเป็นพืชทนร่มอยู่แล้ว และชอบขึ้นอยู่ในพื้นที่ชื้นแฉะ ซึ่งอัตราการเติบโตด้วยตัวของชนิดพืชนั้นก็อาจจะต่ำกว่าชนิดอื่นอยู่แล้วเป็นปกติ อีกทั้งพื้นที่ทดลองมีอุณหภูมิที่สูงกว่าพื้นที่นิเวศธรรมชาติ และมีความชื้นที่ต่ำกว่าอีกด้วย

สรุป

พืชมีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ลดลงตามปริมาณแสงที่ลดลง (ตามอายุยางพาราที่เพิ่มขึ้น) โดยที่การเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางจะตอบสนองต่อแสงที่ลดลงเร็วกว่าการเติบโตทางด้านความสูง และการเพิ่มจำนวนใบที่ได้รับผลกระทบจากปริมาณแสงที่ลดลงน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง ดังนั้นเมื่อยางพาราอายุ 1–3 ปี

(ระดับแสงร้อยละ 100–60) สามารถปลูกพืชได้หลากหลายชนิด เนื่องจากแสงในระดับดังกล่าวนี้ส่งผลกระทบต่อการเติบโตของพืชอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อยางพาราอายุมากกว่า 3 ปีขึ้นไป พืชที่ทนร่มและมีการเติบโตที่สูงแม้ว่าแสงจะลดลงเป็นชนิดที่แนะนำให้ปลูกในพื้นที่ โดยจากการศึกษาชนิดที่แนะนำให้ปลูก ได้แก่ เตย (H1) ข่า (H2) ชะพลู (H3) พะยูง (T2) มะแขว่น (T3) และสัก (T5) ซึ่งควรปลูกผสมกันไปเนื่องจากเตย ข่า และชะพลู เป็นพืชที่อายุสั้น และสามารถใช้ประโยชน์ได้ตลอดทั้งปี ส่วนไม้ต้นให้ปลูกควบคู่เพื่อประโยชน์ในระยะยาวจากการตัดฟันเพื่อใช้เนื้อไม้ หรือจากการกินผล พร้อมทั้งยังช่วยลดการชะล้างพังทลายของดิน และชะลอการไหลบ่าของน้ำหน้าดิน

คำนิยม

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ภายใต้ชุดโครงการ การพัฒนาระบบวนเกษตรแบบป่ายางพาราอย่างยั่งยืนในพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมภาคเหนือ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กุล จุลแก้ว. 2536. **เหมียง ผักพื้นบ้านเศรษฐกิจที่น่าสนใจ.** โครงการวิจัยเชิงปฏิบัติการผักพื้นบ้าน สำนักงานเกษตรจังหวัดพังงา กรมส่งเสริมการเกษตร, พังงา.

เครือข่ายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมภาคอีสาน. 2550. **นโยบายยางพารา ภาวะคุกคามสิ่งแวดล้อมและสุขภาพคนอีสาน**. แหล่งที่มา: http://www.esaanvoice.net/esanvoice/know/show.php?Category=information&No=1317, 10 สิงหาคม 2555.

พนัส แพชนะ และคล่อง สุขเกื้อ. 2547. การปลูกขนุนเป็นพืชร่วมยางในดินชุดรือเสาะโดยใช้ระยะปลูกต่างๆกัน. *ใน* **บทคัดย่องานวิจัยและพัฒนายางพาราปี 2537-2546**. กรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยยาง, กรุงเทพฯ.

พนัส แพชนะ, สมยศ ชูกำเนิด, ไววิทย์ บูรณธรรม และสมเดช วรลักษณ์ภักดี. 2547. การปลูกพืชสกุลระกำเป็นพืชร่วมยางเพื่อเสริมรายได้. *ใน* **บทคัดย่องานวิจัยและพัฒนายางพาราปี 2537-2546**. กรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยยาง, กรุงเทพฯ.

พิสมัย จันทุมา, อารักษ์ จันทุมา, พิบูลย์ เพ็ชร์ยิ่ง, สว่างรัตน์ สมนาค, ประสิทธิ์ สิงหนาค และอรัญ แจ้งชัด. 2541. **ช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการปลูกกฤษณาเป็นพืชร่วมในสวนยาง**. แหล่งที่มา: http://www.it.doa.go.th/rrit/web/index.php?p=p3&id=159, 5 กุมภาพันธ์ 2559.

วิชร นันต๊ะยานา, สวิง ขันทะสา และ วรชัย ทองคำฟู. 2556. การจัดการต้นลิงลาวสู่เศรษฐกิจชุมชนตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงของตำบลเทพเสด็จ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่. **วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่** 5 (6): 5-20.

ไววิทย์ บูรณธรรม, ผลึก บำรุงวงศ์, สมยศ ชูกำเนิด, สมจิต คงเหมือนเพชร และ นิลรัตน์ โชติมณี. 2541. ระยะปลูกมะฮอกกานี สะเดาเทียม และพะยอมเป็นพืชร่วมยางในสภาพพื้นที่ลาดเท. *ใน* **รายงานผลการวิจัยยางพารา**. แหล่งที่มา: http://www.it.doa.go.th/rrit/web/index.php?p=p3&id=102, 18 กุมภาพันธ์ 2559.

สถานีพัฒนาที่ดินพระนครศรีอยุธยา. ม.ป.ป.. **ข้อมูลพืชที่ปลูกในหลุมพอเพียง.** แหล่งที่มา: http://www.r01.ldd.go.th/aya/information/packet3/ชนิดพืช.pdf, 24 กุมภาพันธ์ 2559.

สถาบันการแพทย์แผนไทย. 2542. **ผักพื้นบ้านภาคใต้.** โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 2553. **คำแนะนำในการปลูกยางพาราภาคเหนือ**. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สวิง ขันทะสา. 2556. **นิเวศวิทยาต้นลิงลาว.** แหล่งที่มา: http://www.phulangka.blogspot.com/2013/09/blog-post_8745.html, 25 กุมภาพันธ์ 2559.

สมยศ ชูกำเนิด, สมพงศ์ คงสีพันธ์, ไววิทย์ บูรณธรรม, นิลรัตน์ โชติมณี และ สุขุม แก้วกลับ. 2541. การศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตหวายบางพันธุ์ที่ปลูกเป็นพืชร่วมในสวนยาง. *ใน* **รายงานผลการวิจัยเรื่องเต็ม ประจำปี 2541.** สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ วรรณศิริ. 2549. **ยางพารา**. ฐานเกษตรกรรม, นนทบุรี.

สำนักงานหอพรรณไม้. 2557. **ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันทน์ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2557.** สำนักงานหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

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.

Maratreenung, S., N. Leksungnoen and S. Uthairatsamee. 2016. Evaluating inter-row light intensity and root distribution of a *Hevea brasiliensis* (Kunth) Müll. Arg. plantation in Chiang Rai province for selective planting of inter-row trees. **Thai J. For.** 35 (3): 147–159.

Mesquita, R.C.G. 2000. Management of advanced regeneration in secondary forests of the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management** 130: 131-140.

Pearcy, R.W., L.J. Gross and D. He. 1997. An improved dynamic model of photosynthesis for estimation of carbon gain in sunfleck light regimes. **Plant Cell Environ.** 20: 411–424.

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.

Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. **Plat Physiology.** 4th ed. Sinauer Associates, Inc., Massachusetts, U.S.A.

นิพนธ์ต้นฉบับ

ฤทธิ์ในการต้านเชื้อราของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากเหง้าว่านน้ำ ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคบางชนิดในต้นกล้ายูคาลิปตัส

Antifungal Activity of Essential Oil Extracted of *Acorus calamus* L. Rhizome in Growth Inhibition of Some Eucalyptus Seedlings Pathogens

พนิน สินธวารักษ์
สุวิมล อุทัยรัศมี
ธารรัตน์ แก้วกระจ่าง*

Phanin Sintawarak
Suwimon Uthairatsamee
Tharnrat Keawgrajang*

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

รับต้นฉบับ 19 มีนาคม 2561 รับลงพิมพ์ 23 เมษายน 2561

ABSTRACT

Eucalyptus was an important economic tree of Thailand. Nowadays, the eucalyptus seedlings severely infected by fungal diseases so fungicides have been used for control and management of plant diseases. However, the chemicals have affected on user and environment. This study aimed to investigate the antifungal activity of the essential oil from *Acarus calamus* L. rhizome against some fungal diseases of Eucalyptus, including *Cylindrocladium reteaudii*, *Pestalotiopsis* sp. and *Sclerotium rolfsii*. The extraction of essential oils from rhizomes was carried out by hydrodistillation technique, afterwards the antifungal test was done by poisoned food technique method. Different concentration of essential oil such as 31.25, 62.5, 125, 250, 500, 1,000 and 2,000 ppm were taken to evaluate the effect. The result showed that the essential oil of *A. calamus* rhizome had activity against fungal pathogens, *C. reteaudii*, *Pestalotiopsis* sp. and *S. rolfsii* with IC_{50} (Inhibitory concentration 50%) values of 54.76, 126.47 and 113.68 ppm, respectively. The growth of *C. reteaudii* was completely inhibited at the concentration of 2,000 ppm, while at 500 ppm and 250 ppm concentration of oil also 100% inhibition was found on *Pestalotiopsis* sp. and *S. rolfsii*, respectively. From the results obtained it can be inferred that essential oil from *A. calamus* rhizome might be a good efficiency of antifungal compounds toward using for control fungal disease of Eucalyptus seedlings in nursery.

Keywords: Essential Oil, *Acorus calamus*, Eucalyptus seedling disease, Antifungal activity

บทคัดย่อ

ยูคาลิปตัส เป็นไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย แต่ในปัจจุบันกล้ายูคาลิปตัสเกิดความเสียหายจากโรคที่เกิดจากเชื้อราเข้าทำลายอย่างมาก สารเคมีฆ่าเชื้อราจึงถูกนำมาใช้ในการควบคุมและจัดการโรคพืช อย่างไรก็ตามการใช้สารเคมีมีผลต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคของยูคาลิปตัส ซึ่งเชื้อราสาเหตุโรคที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ *Cylindrocladium reteaudii*, *Pestalotiopsis* sp. และ *Sclerotium rolfsii* โดยสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำด้วยวิธีการต้มกลั่น (hydrodistillation) แล้วนำมาทดสอบการยับยั้งเชื้อราด้วยวิธี poisoned food technique ซึ่งใช้น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ 31.25, 62.5, 125, 250, 500, 1,000 และ 2,000 ppm ผลการศึกษาพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. reteaudii*, *Pestalotiopsis* sp. และ *S. rolfsii* ได้ โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 54.76, 126.47 และ 113.68 ppm ตามลำดับ และที่ระดับความเข้มข้น 2,000 ppm สามารถยับยั้งการเติบโตของรา *C. reteaudii* ได้ 100% ในขณะที่ความเข้มข้น 500 ppm และ 250 ppm สามารถยับยั้งรา *Pestalotiopsis* sp. และ *S. rolfsii* ได้ 100% จากผลการศึกษาเห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำมีประสิทธิภาพที่ดีในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคของยูคาลิปตัสในสภาพจานเลี้ยงเชื้อ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปประยุกต์ใช้ในสภาพเรือนเพาะชำเพื่อพัฒนาเป็นสารชีวภาพในการใช้ยับยั้งโรคบนกล้ายูคาลิปตัสที่เกิดจากเชื้อราดังกล่าวต่อไป

คำสำคัญ: น้ำมันหอมระเหย ว่านน้ำ โรคกล้ายูคาลิปตัส ฤทธิ์การต้านเชื้อรา

คำนำ

ยูคาลิปตัสเป็นไม้เศรษฐกิจที่มีความสำคัญเป็นอันดับต้นๆ ของประเทศไทย โดยมีพื้นที่ปลูกทั่วประเทศมากกว่า 3 ล้านไร่ และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากยูคาลิปตัสสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายและสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมต่างๆ ของประเทศไทย (กรมป่าไม้, 2552) ในปัจจุบันการผลิตกล้ายูคาลิปตัสส่วนใหญ่ใช้วิธีการปักชำ ซึ่งกระบวนการผลิตกล้าปักชำจำเป็นต้องจัดการให้เรือนเพาะชำมีความชื้นสูง แต่สภาพแวดล้อมดังกล่าวส่งผลให้เชื้อราที่เป็นสาเหตุโรคพืชมีการเติบโตได้ดี อีกทั้งอาจทำให้กล้าไม้อ่อนแอต่อโรคอีกด้วย กฤษณา (2542) ได้ทำการสำรวจโรคกล้าไม้ยูคาลิปตัสในประเทศไทย พบว่า ยูคาลิปตัสประสบปัญหาจากการเข้าทำลายของโรค เช่น โรคโคนเน่าคอดิน ใบจุด ใบไหม้ ยอดไหม้ โรคเน่า โรคตายยอด ซึ่งสาเหตุเกิดจากเชื้อรามากกว่า 25 ชนิด ทำให้เกิดความเสียหายต่อมูลค่าทางเศรษฐกิจอย่างมาก โดยแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวในปัจจุบัน คือ การใช้สารเคมีในการควบคุมและกำจัดโรค (Chemical control) แม้การใช้สารเคมีจะสามารถใช้ได้ผลดี แต่สารเคมีบางชนิดส่งผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพของผู้ใช้และยังอาจตกค้างในธรรมชาติ เป็นผลเสียต่อระบบนิเวศ ดังนั้นการวิจัยในปัจจุบันจึงมุ่งเน้นหาวิธีการควบคุมและกำจัดโรคโดยชีววิธี (Biological control) เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการป้องกันและกำจัดโรคพืช ซึ่งการใช้สารสกัดจากพืชในการยับยั้งเชื้อราที่เป็นสาเหตุโรคพืชเป็นวิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้แล้วได้ผลดีและยังไม่เป็นพิษต่อผู้ใช้ อีกทั้งสามารถสลายตัวได้เร็วในธรรมชาติ

ว่านน้ำ (*Acorus calamus* L.) จัดอยู่ในวงศ์ Acoraceae เป็นไม้ล้มลุกขนาดเล็ก เติบโตอยู่ในพื้นที่ชื้นแฉะใกล้น้ำ มีเหง้าทอดยาวใต้ดิน มีกลิ่นหอม รสเผ็ดฉุน โดยส่วนเหง้าของว่านน้ำได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์

ในด้านแพทย์แผนไทย เป็นยาขับลม บรรเทาปวด ขับพยาธิ แก้ท้องเสีย หรือโรคบิด ใช้แต่งกลิ่นอาหาร รสเครื่องดื่ม ใช้เป็นเครื่องหอมในพิธีกรรม (พีรศักดิ์ และคณะ, 2546; Preedy, 2016) นอกจากนี้ยังมีรายงานเกี่ยวกับการใช้เป็นสารป้องกันแมลง และต้านเชื้อราที่ก่อโรคในคน เช่น เชื้อรา *Trichophyton rubrum*, *Microsporum gypseum*, *Penicillium* spp. (Phongpaichit *et al*., 2005; Gaidhani *et al*., 2009; Palani *et al*., 2010) อีกทั้งยังสามารถยับยั้งเชื้อราที่ก่อโรคในพืชได้ เช่น เชื้อรา *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium moniliforme*, *Trichosporium vesiculosum* (Ghosh, 2006; Devi and Ganjewala, 2009) และจากการศึกษาของ Phongpaichit *et al*. (2005) และ Devi and Ganjewala (2009) ที่ได้แยกสาร β - asarone จากสารสกัดหยาบของเหง้าว่านน้ำมาทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่า สารดังกล่าวนี้สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ได้ดี นอกจากนี้ Raina *et al*. (2003) ยังพบว่า β- asarone เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากเหง้าของว่านน้ำ และในเหง้ายังมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่าส่วนอื่นๆ อีกด้วย ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคของยูคาลิปตัสในสภาพจานเลี้ยงเชื้อ ทั้งนี้หากพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำมีประสิทธิภาพที่ดีจะได้ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการยับยั้งโรคของยูคาลิปตัสในสภาพเรือนเพาะชำต่อไป

อุปกรณ์ และวิธีการ

การแยกเชื้อราและพิสูจน์การก่อโรค

เชื้อราสาเหตุโรคที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ *Cylindrocladium reteaudii*, *Pestalotiopsis* sp. และ *Sclerotium rolfsii* โดยเชื้อราทั้ง 3 ชนิด มีขั้นตอนการแยกเชื้อและพิสูจน์การก่อโรคดังนี้

เชื้อรา *C. reteaudii* และ *Pestalotiopsis* sp. ซึ่งเป็นสาเหตุโรคใบจุด ใบไหม้ แยกได้จากใบของกล้ายูคาลิปตัสที่เป็นโรคที่พบในเรือนเพาะชำของบริษัท สยามฟอเรสทรี จำกัด จังหวัดกาญจนบุรี ทำการแยกเชื้อด้วยวิธี tissue transplanting method เมื่อได้เชื้อบริสุทธิ์แล้วจึงนำมาพิสูจน์ความสามารถในการก่อให้เกิดโรคตามวิธีของ Koch (Koch's Postulation) โดยทำการฉีดพ่นสารละลายแขวนลอยสปอร์เชื้อราความเข้มข้น 5×10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ลงบนกล้ายูคาลิปตัส สายต้น H4 (ลูกผสมข้ามชนิดระหว่าง *Eucalyptus camaldulensis* และ *E. urophylla*) อายุ 2 เดือน จากนั้นตรวจสอบสัญลักษณ์ (sign) รอยแผล (lesions) และอาการของโรคที่แสดงออกบนกล้ายูคาลิปตัส

สำหรับเชื้อ *S. rolfsii* ซึ่งมีรายงานว่าเป็นสาเหตุของโรครากเน่าคอดิน (damping-off) ของกล้ายูคาลิปตัส ในการศึกษาครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์เชื้อที่ใช้ในการทดสอบจากภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม และทำการพิสูจน์การก่อให้เกิดโรคด้วยวิธี soil infestation method โดยทำการนำสารละลายแขวนลอยสปอร์เชื้อราความเข้มข้น $5x10^5$ สปอร์/มิลลิลิตร ฉีดลงในหลอดปักชำกล้ายูคาลิปตัสที่ใช้ขุยมะพร้าวอบนึ่งฆ่าเชื้อเป็นวัสดุปลูก สายต้น H4 อายุ 5 วัน จากนั้นตรวจสอบสัญลักษณ์ รอยแผล และอาการของโรคที่แสดงออกบนกล้ายูคาลิปตัส

การกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำ

นำเหง้าสดของว่านน้ำอายุ 1 ปี ที่ปลูกในพื้นที่อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี มาตากในที่ร่ม ที่มีการระบายอากาศดี จนกระทั่งเหง้าว่านน้ำแห้งสนิท จากนั้นบดให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วชั่งว่านน้ำ 50 กรัม ใส่ในขวดแก้วก้นกลม เติมน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร นำต่อเข้ากับชุดกลั่นน้ำมันหอมระเหย ให้ความร้อนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาทำการดูดน้ำมันหอมระเหยออกมา

และเติมโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส (Na_2SO_4) เพื่อกำจัดน้ำที่ปะปนมา และเก็บน้ำมันหอมระเหยใส่ขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอทำการทดสอบต่อไป

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำในการยับยั้งเชื้อรา

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำต่อการเจริญของเชื้อราในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธี poisoned food technique ตามวิธีของ Sharma *et al*. (2011)

1. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ผสมกับน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ โดยนำน้ำมันหอมระเหยมาละลายเจือจางใน 2% Dimethyl sulfoxide (DMSO) ให้มีความเข้มข้น 312.5, 625, 1,250, 2,500, 5,000, 10,000 และ 20,000 ppm จากนั้นนำสารละลายน้ำมันหอมระเหยในแต่ละระดับความเข้มข้น ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ที่บรรจุในหลอดทดลองในขณะละลายที่มีอุณหภูมิประมาณ 40-50 องศาเซลเซียส เขย่าหลอดทดลอง เพื่อให้อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายน้ำมันหอมระเหยผสมกันเป็นเนื้อเดียว ซึ่งจะได้อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความเข้มข้นของสารละลายน้ำมันหอมระเหยเจือจางลง 10 เท่า (31.25, 62.5, 125, 250, 500, 1,000 และ 2,000 ppm) จากนั้นเทลงในจานเลี้ยงเชื้อ โดยมีชุดทดสอบควบคุม 2 ประเภท คือ (1) ชุดทดสอบที่จานเลี้ยงเชื้อบรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และ (2) ชุดทดสอบจานเลี้ยงเชื้อบรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ปริมาตร 9 มิลลิลิตร และ 2% DMSO ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

2. นำเชื้อราแต่ละชนิดมาเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่อุณหภูมิห้อง จนกระทั่งเชื้อเจริญเต็มจานเลี้ยงเชื้อ จากนั้นใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร เจาะชิ้นวุ้นเชื้อราแล้วนำไปวางตรงกลางอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้ในข้อ 1 บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยแต่ละชุดการทดสอบมีจำนวน 5 ซ้ำ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล เมื่อเชื้อราในชุดควบคุมเจริญเต็มจานเลี้ยงเชื้อ ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อรา (fungal colony) ในแต่ละชุดการทดสอบและนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (% Inhibition) จากสูตร

$$\% \text{ Inhibition} = [(A - B) / A] \times 100$$

เมื่อ A คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราบนจานเลี้ยงเชื้อชุดควบคุม

B คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมสารละลายน้ำมันหอมระเหย

นำค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธีการ One-way ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และทำการสร้างสมการเส้นตรงแสดงผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา เพื่อหาค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 50 % หรือค่า Inhibitory Concentration (IC_{50})

ผลและวิจารณ์

การพิสูจน์การก่อให้เกิดโรคในกล้ายูคาลิปตัส

เมื่อพิสูจน์การก่อโรค พบว่าเชื้อรา *C. reteaudii* ก่อให้เกิดโรคใบไหม้ (leaf blight) แก่กล้ายูคาลิปตัส อาการไหม้เริ่มจากขอบใบ และลุกลามเข้าสู่กลางใบ เชื้อราจะสร้างสปอร์บนแผลลักษณะคล้ายช่อดอกไม้ มีก้านชูสปอร์ (conidiophore) สปอร์ (conidia) ทรงกระบอก เป็นแท่งยาว สีขาว เกิดขึ้นอย่างหนาแน่น อาการใบไหม้จะลุกลามจนใบร่วงในที่สุด หากมีความรุนแรงมากมักพบอาการไหม้ที่ลำต้นร่วมด้วย (Figure 1)

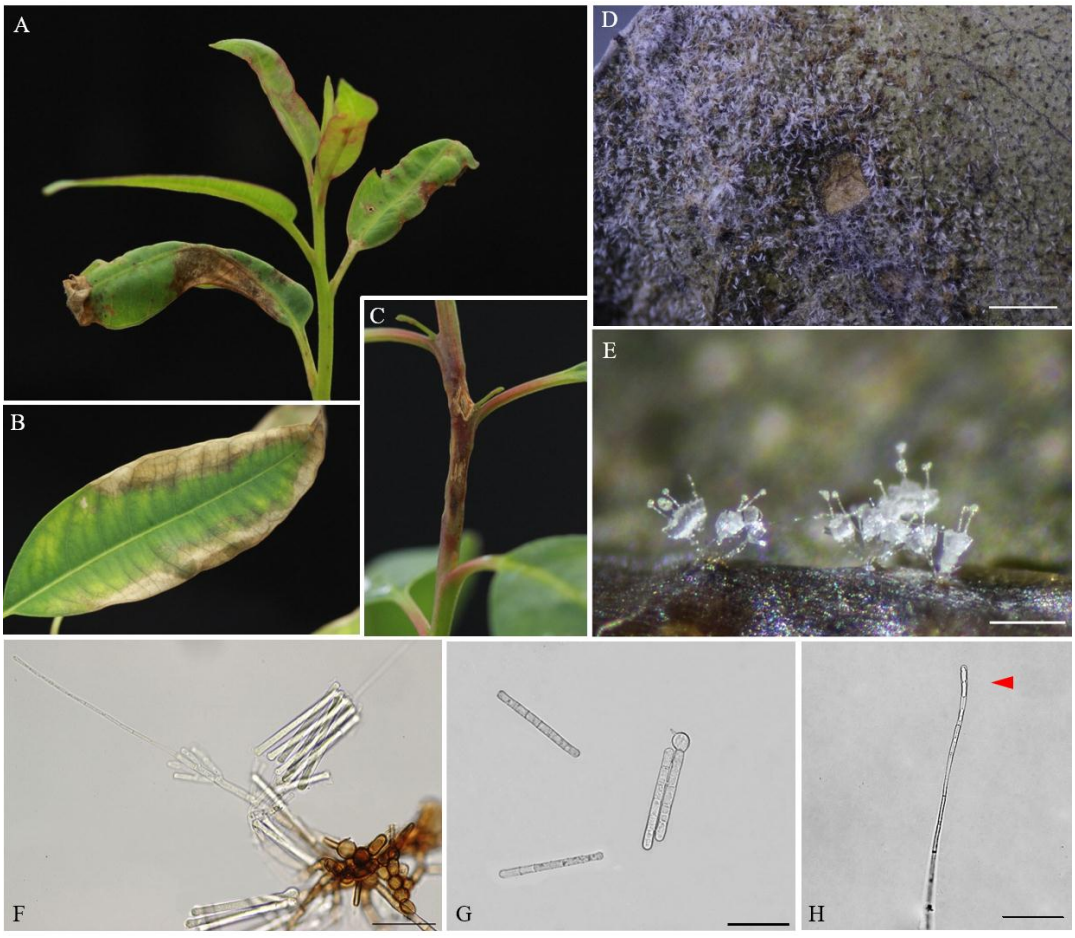


Figure 1 Disease symptoms of Eucalyptus clone H4 (*E. camaldulensis* x *E. urophylla*) caused by *Cylindrocladium reteaudii*; (A-B) leaf blight of an Eucalyptus seedling (C) stem blight of an Eucalyptus seedling (D) conidia on surface of leaves; bar 2 mm (E) conidiophore and conidia on midrib; bar 0.2 mm (F) chlamydospore and conidiophore; bar 50 µm (G) macroconidia; bar 50 µm (H) clavate vesicle; bar 50 µm.

เชื้อรา *Pestalotiopsis* sp. ก่อให้เกิดโรคใบไหม้ (leaf blight) แก่กล้ายูคาลิปตัส เริ่มจากอาการใบเหี่ยวก่อนไหม้เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล โดยเริ่มจากบริเวณขอบใบ มักพบอาการใบแห้งและม้วนงอ เชื้อราจะสร้างโครงสร้างบรรจุสปอร์เป็นจุดนูนสีดำบนใบยูคาลิปตัสที่ถูกทำลาย จากนั้นจะพบอาการใบร่วงอย่างรุนแรง (Figure 2)

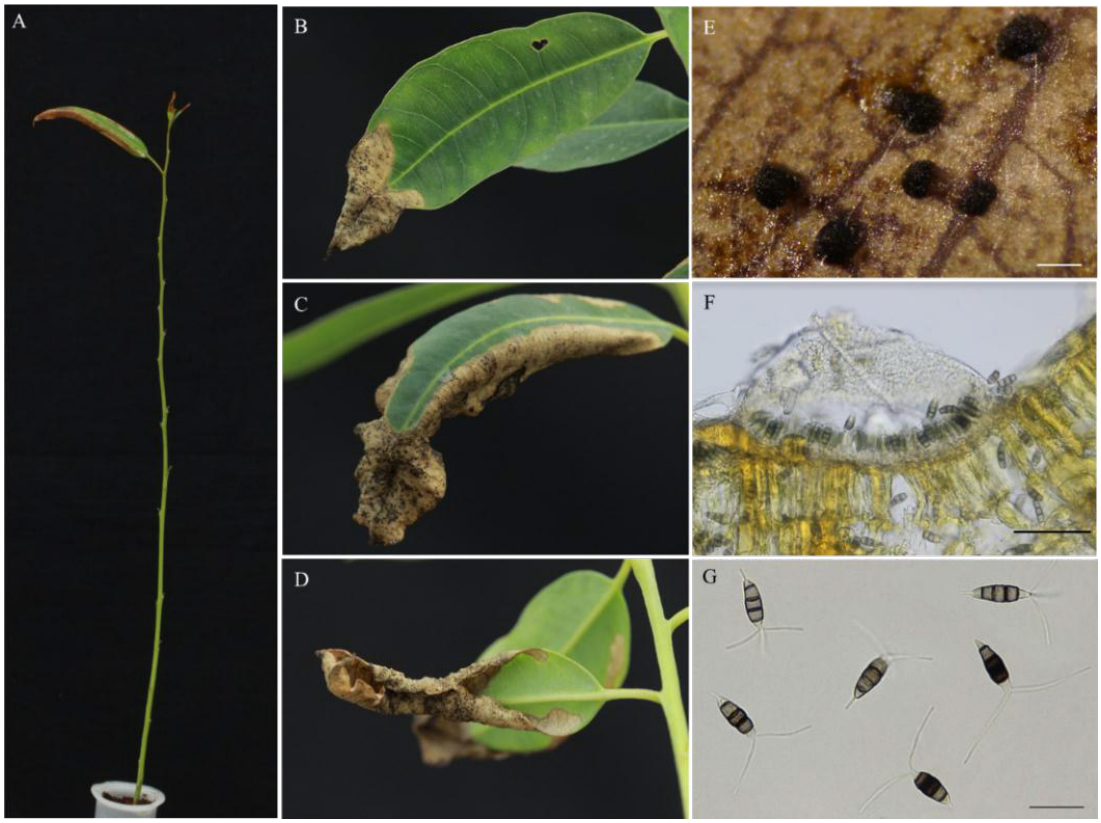


Figure 2 Disease symptoms of Eucalyptus clone H4 (*E. camaldulensis* x *E. urophylla*) caused by *Pestalotiopsis* sp.; (A-D) leaf blight (E) acervulus on surface leaves; bar 0.2 mm (F) cross section of acervulus; bar 50 µm (G) fusiform five-celled conidia; bar 20 µm.

เชื้อรา *S. rolfsii* ก่อให้เกิดโรคเน่าหรือโคนเน่าคอดิ (rot, dampling-off) แก่กล้ายูคาลิปตัส ซึ่งอาการของโรคเกิดบริเวณกิ่งชำระดับวัสดุปลูก โดยระยะแรกเส้นใยเชื้อราจะเจริญปกคลุมบนวัสดุปลูกและจากนั้นจะแทงเข้าทำลายเนื้อเยื่อพืช ซึ่งสังเกตได้จากเส้นใยสีขาวที่ปกคลุมบนเนื้อเยื่อกิ่งชำ เนื้อเยื่อส่วนที่ถูกเส้นใยเชื้อราปกคลุมจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล คล้ำ เริ่มมีอาการฉ่ำน้ำ เน่า และหักพับบริเวณระดับวัสดุปลูก เชื้อราแสดงสัญลักษณ์เป็นเส้นใยสีขาวและการสร้างเม็ด sclerotia ลักษณะเป็นเม็ดกลมรี สีน้ำตาล เจริญบนแผลเน่า ซึ่งอาการสามารถเกิดกับใบได้ด้วย เห็นได้จากอาการเน่าและมีเส้นใยปกคลุมบนใบของกล้ายูคาลิปตัส (Figure 3)

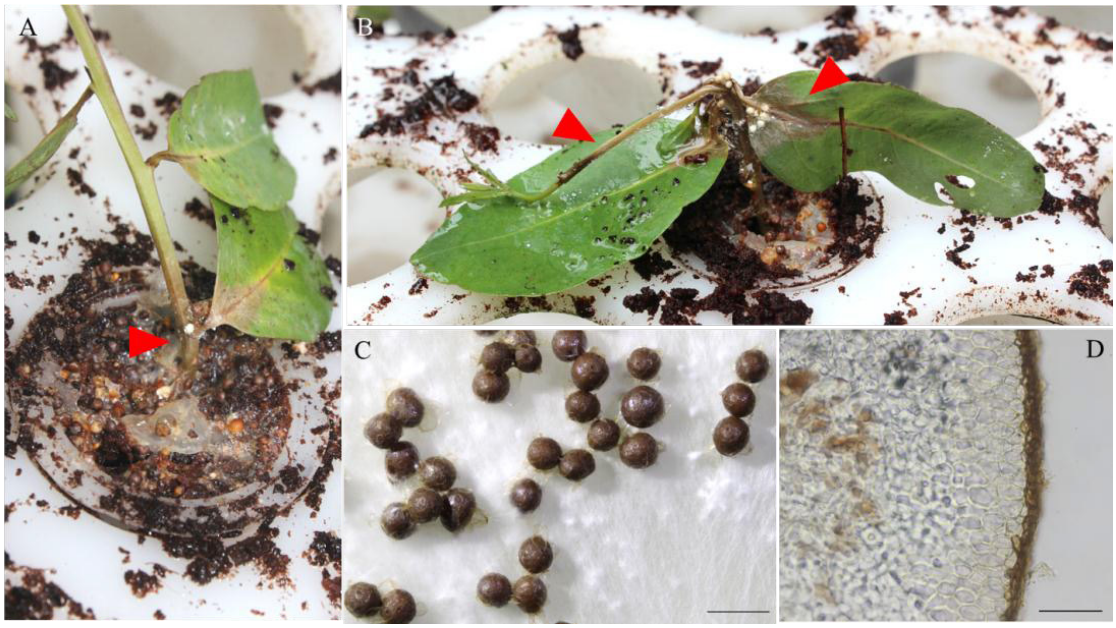


Figure 3 Disease symptoms of Eucalyptus clone H4 (*E. camaldulensis* x *E. urophylla*) caused by *Sclerotium rolfsii*; (A) damping-off (B) stem and leaf rot (C) sclerotia on PDA; bar 2 mm (D) cross section of sclerotia ; bar 50 µm.

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา

เมื่อสิ้นสุดการทดสอบพบว่าเชื้อรา *C. reteaudii*, *Pestalotiopsis* sp. และ *S. rolfsii* ในชุดทดสอบควบคุม (อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ผสม 2% DMSO) ใช้เวลาเจริญเต็มจานเลี้ยงเชื้อ 8, 6 และ 4 วัน ตามลำดับ ลักษณะของโคโลนีเชื้อรา *C. reteaudii* ที่เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อผสมน้ำมันหอมระเหย สังเกตได้ว่าเส้นใยซ้อนทับกันหนาแน่นมากกว่าชุดทดสอบควบคุม และสร้าง chlamydospore ขนาดใหญ่ เป็นชั้นคล้ายวงปีไม้ แต่ไม่สามารถขยายโคโลนีต่อไปได้และสร้างสปอร์บนอาหารเลี้ยงเชื้อน้อย ส่วนโคโลนีของเชื้อรา *Pestalotiopsis* sp. บนอาหารเลี้ยงเชื้อผสมน้ำมันหอมระเหยมีความหนาแน่นและความฟูของเส้นใยน้อยกว่าชุดทดสอบควบคุม ด้านหลังจานเลี้ยงเชื้อมีสีครีมถึงเหลือง และลักษณะโคโลนีของเชื้อรา *S. rolfsii* บนอาหารเลี้ยงเชื้อผสมน้ำมันหอมระเหยขยายโคโลนีได้ช้า แตกต่างจากชุดทดสอบความคุมที่มีการขยายโคโลนีอย่างรวดเร็วและเส้นใยมีการเจริญอัดตัวกันเพื่อสร้างเม็ด Sclerotia แล้ว (Figure 4, 5, 6)

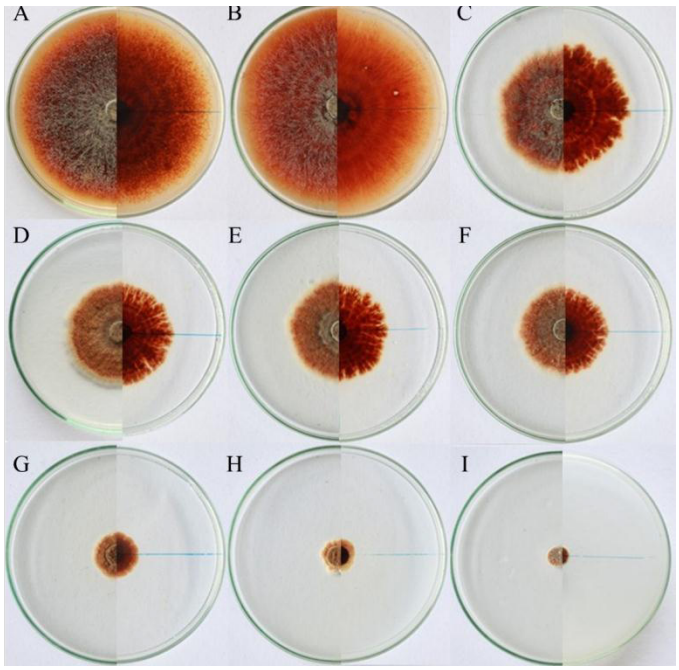


Figure 4 Inhibition of mycelia growth in *Cylindrocladium reteaudii* by essential oil of *Acorus calamus* L. incubated at room temperatures for 8 days (left: front upper, right: lower surface).

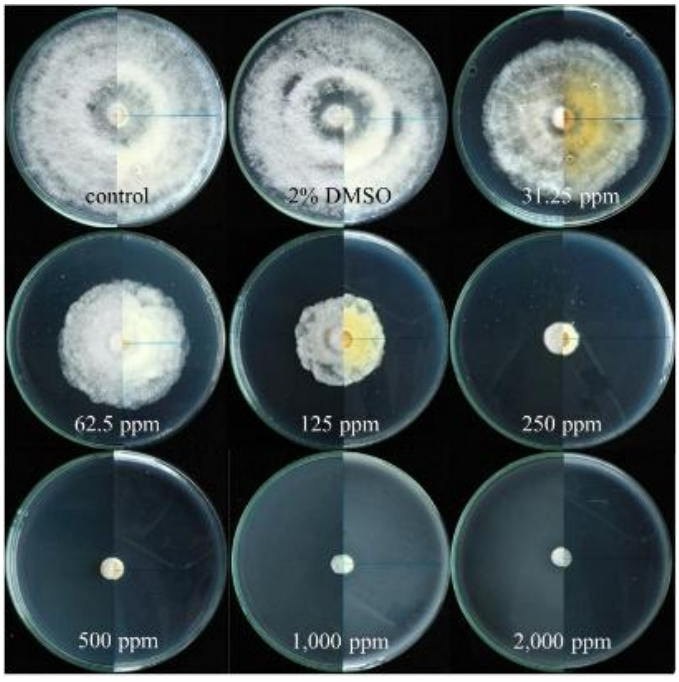


Figure 5 Inhibition of mycelia growth in *Pestalotiopsis* sp. by essential oil of *Acorus calamus* L. incubated at room temperatures for 6 days (left: front upper, right: lower surface).

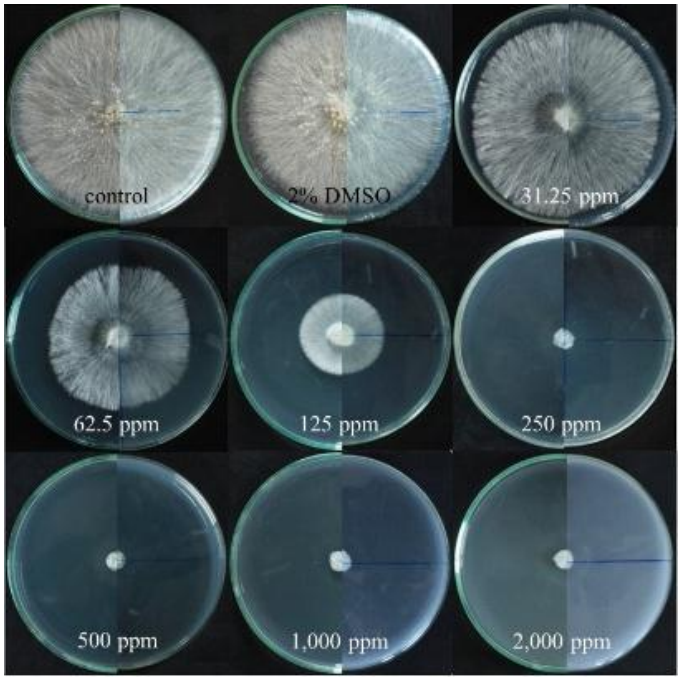


Figure 6 Inhibition of mycelia growth in *Sclerotium rolfsii* by essential oil of *Acorus calamus* L. incubated at room temperatures for 4 days (left: front upper, right: lower surface).

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อราทั้ง 3 ชนิดได้แตกต่างกัน โดยสามารถยับยั้งเชื้อรา *S. rolfsii* ได้ดีที่สุด ซึ่งแสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่ 100% (ไม่ปรากฏการเจริญของเส้นใยเชื้อราในจานเลี้ยงเชื้อ) ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm รองลงมาคือ *Pestalotiopsis* sp. และ *C. reteaudii* แสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง 100% ที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 2,000 ppm ตามลำดับ (Table 1) แต่เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 50% (IC_{50}) กลับพบว่า น้ำมันหอมระเหยสามารถยับยั้งเชื้อรา *C. reteaudii* ได้ดีกว่า โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 54.76 ppm รองลงมาคือ *S. rolfsii* และ *Pestalotiopsis* sp. มีค่า IC_{50} เท่ากับ 113.68 และ 126.47 ppm ตามลำดับ

Table 1 Mycelial growth inhibition (%) and 50 (%) inhibition concentration (IC_{50}) of *Acorus calamus* L. essential oil against three pathogens.

Concentrations	Mycelial growth inhibition (%) ± Standard Deviation *		
(ppm)	*C. reteaudii*	*Pestalotiopsis* sp.	*S. rolfsii*
31.25	36.44 [b] ±2.14	21.33 [b] ±0.93	15.78 [b] ±2.88
62.5	50.22 [c] ±0.50	32.44 [c] ±4.47	31.56 [c] ±1.27
125	52.22 [d] ±0.79	52.89 [d] ±0.61	58.00 [d] ±0.63
250	56.00 [e] ±2.02	83.00 [e] ±0.50	100.00 [e] ±0.00
500	76.56 [f] ±3.25	100.00 [f] ±0.00	100.00 [e] ±0.00
1,000	79.22 [g] ±1.01	100.00 [f] ±0.00	100.00 [e] ±0.00
2,000	100.00 [h] ±0.00	100.00 [f] ±0.00	100.00 [e] ±0.00
Control	0.00 [a] ±0.00	0.00 [a] ±0.00	0.00 [a] ±0.00
2% DMSO	0.00 [a] ±0.00	0.00 [a] ±0.00	0.00 [a] ±0.00
IC_{50} (ppm)	54.76	126.47	113.68

Remark: * Values are mean ±standard deviation of the mean for bioassay conducted in 5 replications Means in column with same letter are not significantly different (Duncan's New Multiple Range Test, $P < 0.05$)

จากผลการศึกษาเห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยสามารถยับยั้งเชื้อรา *C. reteaudii* ได้ 50% โดยใช้ความเข้มข้นเพียง 54.76 ppm เท่านั้น แต่การที่จะยับยั้งเชื้อรา 100% นั้นต้องใช้ความเข้มข้นถึง 2,000 ppm ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อรา *C. reteaudii* มีการสร้าง chlamydospore บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Figure 1(F) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ทำให้เชื้อราทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี (Old *et al*., 2003)

ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่ศึกษาการออกฤทธิ์เป็นสารต้านเชื้อราของว่านน้ำซึ่งชอุ่ม และคณะ (2549) รายงานว่า การใช้สารสกัดจากเหง้าว่านน้ำที่สกัดด้วยเอทานอล 95% ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *P. grisea* สาเหตุโรคใบไหม้ของข้าวได้ 100% และนอกจากนี้ยังใช้ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเน่าผลลิ้นจี่ (*Fusarium solani*, *Colletotrichum* sp., *Curvularia* sp., *Lasiodiplodia* sp., *Pestalotiopsis* sp. และ *Phoma* sp.) โดยพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 10,000 ppm แสดงการยับยั้งเส้นใยเชื้อราเฉลี่ยสูงที่สุดได้มากกว่า 80% (สุวรรณี และคณะ, 2557)

แต่อย่างไรก็ตามการนำน้ำมันหอมระเหยจากว่านน้ำมาใช้ในการยับยั้งเชื้อรา *C. reteaudii* และ *Pestalotiopsis* sp. สาเหตุของโรคใบไหม้ของกล้ายูคาลิปตัส ยังไม่พบการรายงานมาก่อนหน้านี้ การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นครั้งแรกที่ทำการทดสอบการยับยั้งเชื้อราทั้ง 2 ชนิดดังกล่าว และพบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราที่ดีในสภาพจานเลี้ยงเชื้อ ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมต่อการพิจารณานำมาประยุกต์ใช้ในการทดสอบการยับยั้งการเกิดโรคของกล้ายูคาลิปตัสในเรือนเพาะชำต่อไป

สำหรับการใช้น้ำมันหอมระเหยจากว่านน้ำในการยับยั้งเชื้อรา *S. rolfsii* นั้นพบว่า มีการศึกษามาก่อนหน้านี้โดย Sharma *et al*. (2011) ซึ่งได้รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นจากใบของว่านน้ำและละลายใน acetone แสดงการยับยั้งเชื้อรา *S. rolfsii* ได้ โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 163.9 ppm ส่วนในการทดสอบครั้งนี้พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำที่ละลายใน 2%

DMSO มีประสิทธิภาพในการยับยั้งที่ดีกว่า เนื่องจากมีค่า IC_{50} ต่ำกว่า (113.68 ppm) สอดคล้องกับการศึกษาของ Devi and Ganjewala (2009) ที่พบว่า สารสกัดจากเหง้าว่านน้ำแสดงฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราและยีสต์ได้ดีกว่าสารสกัดที่ได้จากใบ ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าและใบของว่านน้ำมีความแตกต่างกันทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ซึ่งแปรผันตามส่วนต่างๆ ของพืช ลักษณะทางพันธุกรรม ปัจจัยแวดล้อม ระยะการเจริญเติบโต ตลอดจนการเก็บเกี่ยวและวิธีการสกัด (Raina *et al*., 2003; Ahlawat *et al*., 2010; Kumar *et al*., 2016; Raal *et al*., 2016) โดย Phongpaichit *et al*. (2005) และ Devi and Ganjewala (2009) รายงานว่าการออกฤทธิ์ในการต้านจุลินทรีย์ของว่านน้ำนั้นมาจากสาร α, β - asarone ซึ่งสามารถยับยั้งเชื้อราและยีสต์ได้ดี แต่ยับยั้งแบคทีเรียได้ในระดับต่ำ และ Raina *et al*. (2003) ได้รายงานว่าในน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำมีสาร β - asarone เป็นองค์ประกอบมากถึง 83.2% และมีสาร α - asarone 9.7% ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคของกล้ายูคาลิปตัสในการทดสอบครั้งนี้อาจเกิดจากสาร α, β - asarone ด้วยเช่นกัน ดังนั้นการตรวจสอบหาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ในการทดสอบควรทำควบคู่กันไปด้วยซึ่งจะทำให้สามารถอธิบายได้ถึงประสิทธิภาพในการยับยั้งที่อาจสัมพันธ์กับปริมาณสาร α, β - asarone ในน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำ และทั้งนี้ควรแยกสารบริสุทธิ์ชนิดนี้มาทำการทดสอบการยับยั้งเชื้อราจะทำให้สามารถอธิบายผลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำยังเป็นที่ถกเถียงกันถึงความปลอดภัยในการใช้งาน โดยคณะกรรมาธิการยูโรเปียนให้การยอมรับว่าสามารถใช้เป็นวัสดุปรุงแต่งในอาหารโดยไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Preedy, 2016) แต่อย่างไรก็ตามยังมีรายงานของสาร β - asarone ในน้ำมันหอมระเหยอาจทำให้เกิดความผิดปกติแก่โครโมโซมในส่วนการเกิดเนื้องอก มะเร็ง และการกลายพันธุ์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Stegmüller *et al*., in press)

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำแสดงการยับยั้งเชื้อราทั้ง 3 ชนิด ที่ก่อให้เกิดโรคในกล้ายูคาลิปตัสได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการยับยั้งเชื้อรา *C. reteaudii* ซึ่งเป็นเชื้อราที่มีความรุนแรงในการเข้าทำลายกล้ายูคาลิปตัสในเรือนเพาะชำเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การผลิตกล้ายูคาลิปตัสไม่ประสบความสำเร็จและจำเป็นต้องใช้สารเคมีในขั้นตอนการผลิตกล้าอย่างมาก การศึกษาในสภาพจานเลี้ยงเชื้อครั้งนี้จึงเป็นการทดสอบเบื้องต้นที่แสดงให้เห็นถึงการออกฤทธิ์ต้านเชื้อราของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำ ดังนั้นในการศึกษาต่อไปควรทำการทดสอบการนำน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำมาใช้ในการยับยั้งการเกิดโรคในกล้ายูคาลิปตัสในสภาพเรือนเพาะชำและควรทำการศึกษาในด้านอื่นๆ ด้วย เช่น การพิจารณาวิธีการใช้งานให้เหมาะสมกับการเข้าทำลายของเชื้อราแต่ละชนิด วิธีการเก็บรักษาและอายุการใช้งานของน้ำมันหอมระเหย ต้นทุนการผลิต ด้านผลกระทบต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นต่อกล้ายูคาลิปตัส หรือความเป็นพิษที่อาจเกิดขึ้นต่อผู้ใช้งาน เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพจนนำไปสู่การพัฒนาน้ำมันหอมระเหยจากว่านน้ำให้เป็นสารชีวภาพในการใช้แก้ปัญหาโรคที่เกิดจากเชื้อราทดแทนการใช้สารเคมีต่อไป

สรุป

จากการทดสอบการยับยั้งเชื้อราที่เป็นสาเหตุโรคของกล้ายูคาลิปตัสของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำ ด้วยวิธีการ poisoned food technique พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อ *C. reteaudii* ได้ดีที่สุด มีค่า IC_{50} เท่ากับ 54.76 ppm รองลงมาได้แก่ เชื้อรา *Pestalotiopsis* sp. และ *S. rolfsii* โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 126.47 และ 113.68 ppm ตามลำดับ จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ดีในการออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราดังกล่าว จึงเหมาะสมที่จะนำน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าว่านน้ำไปประยุกต์ใช้ในการยับยั้งโรคของยูคาลิปตัสที่เกิดจากเชื้อราทั้งสามชนิดนี้ในสภาพเรือนเพาะชำต่อไป

คำนิยม

การวิจัยครั้งนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย แผนพัฒนาศักยภาพบัณฑิตวิจัยรุ่นใหม่ จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2561 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท สยามฟอเรสทรี จำกัด และภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนเชื้อราทดสอบ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมป่าไม้. 2552. **การป่าไม้ในประเทศไทย**. กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

กฤษณา พงษ์พานิช. 2542. **โรคของไม้ยูคาลิปตัสในประเทศไทยและแนวทางในการลดผลกระทบ**. กลุ่มงานกีฏวิทยาและจุลชีววิทยาป่าไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

ชอุ่ม เปรมัษเฐียร, อภิญญา สุราวุธ, ปิยนันท์ สังขะไพฑูรย์, สุจินต์ แก้วฉีด, นันทิการ์ เสนแก้ว และอาริยา จูดคง. 2549. **เทคโนโลยีการผลิตและการใช้สารสกัดจากพืชทดแทนสารเคมี**. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

พีรศักดิ์ วรสุนทโรสถ, สุนทร ดุริยะประพันธ์, ทักษิณ อาชวาคม, สายันต์ ตันพานิช, ชลธิชา ควรคำนวน, เลิศลักษณ์ พรมใจมา, มณกานต์ จิตคำ และ นิลาพร ความดี. 2546. **ทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ลำดับที่ 12 (1): พืชสมุนไพรและพืชพิษ**. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. แปลจาก Padua, L.S. de., N. Bunyapraphatsara and R.H.M. Lemmens. 2546. **Plant Resources of South-East Asia 12: Medicinal and Poisonous Plants**. Veenman printers, Ede., Netherlands.

สุวรรณี แทนธานี, จารวี สุขประเสริฐ, สายจิต ดาวสุโข และโสรญา รอดประเสริฐ. 2557. การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดว่านน้ำในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคผลเน่าที่แยกได้จากผลลิ้นจี่. **Bulletin of Applied Sciences** 3 (3): 88-101.

Ahlawat, A., M. Katoch, G. Rama and A. Ahuja. 2010. Genetic diversity in *Acorus calamus* L. as revealed by RAPD markers and its relationship with b-asarone content and ploidy level. **Sci Hortic Amsterdam** 124: 294-297.

Devi, S.A. and D. Ganjewala. 2009. Antimicrobial activity of *Acorus calamus* (L.) rhizome and leaf extract. **Acta Biologica Szegediensis** 53 (1): 45-49.

Gaidhani, S.N., G.S. Lavekar, A.S. Juvekar, S. Sen, S. Arjun and K. Suman. 2009. *In-vitro* anticancer activity of standard extracts used in ayurveda. **Phcog Mag**. 5 (20): 425-429.

Ghosh, M. 2006. Antifungal properties of haem peroxidase from *Acorus calamus*. **Ann. Bot.** 98: 1145-1153.

Kumar, R., S. Sharma, S. Sharma, A. Kumari, D. Kumar, G. Nadda, Y. Padwad, R.K. Ogra and N. Kumar. 2016. Chemical composition, cytotoxicity and insecticidal activities of *Acorus calamus* accessions from the western Himalayas. **Ind Crops Prod** 94: 520-527.

Old, K.M., M.J. Wingfield and Z.Q. Yuan. 2003. **A Manual of Diseases of Eucalypts in South-East Asia**. Center for International Forestry Research, Jakarta.

Palani, S., S. Raja, R.P. Kumar, P. Parameswaran and B.S. kumar. 2010. Therapeutic efficacy of *Acorus calamus* on acetaminophen induced nephrotoxicity and oxidative stress in male albino rats. **Acta Pharm**. 52: 89-100.

Phongpaichit, S., N. Pujenjob, V. Rukachaisirikul and M. Ongsakul. 2005. Antimicrobial activities of the crude methanol extract of *Acorus calamus* Linn. **Songklanakarin J. Sci. Technol** 27 (2): 517-523.

Preedy, V.R. 2016. **Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety.** Elsevier Science Inc, London.

Raal, A., A. Orav and T. Gretchushnikova. 2016. β-asarone content and essential oil composition of *Acorus calamus* L. rhizomes from Estonia. **J. Essent. Oil Res.** 28 (4): 299-304.

Raina, V.K., S.K. Srivastava and K.V. Syamasunder. 2003. Essential oil composition of *Acorus calamus* L. from the lower region of the Himalayas**.** **Flavour Fragr. J.** 18: 18-20.

Sharma, P.K., A.P. Raina and P. Dureja. 2011**.** Evaluation of the antifungal and phytotoxic effects of various essential oils against *Sclerotium rolfsii* (Sacc) and *Rhizoctonia bataticola* (Taub). **Arch. Phytopathol. Pflanzenschutz** 42 (1): 65-72.

Stegmüller, S., D. Schrenk and A.T. Cartus. In press. Formation and fate of DNA adducts of alpha- and beta-asarone in rat hepatocytes. **Food Chem. Toxicol**. doi: 10.1016/j.fct.2018.04.025.

นิพนธ์ต้นฉบับ

โครงสร้างและองค์ประกอบพรรณพืช ในพื้นที่ป่าเขาหินปูน ภายหลังการทำเหมืองหินปูน จังหวัดแพร่

Forest Structure and Species Composition of Limestone Forest after Mining, Phrae Province

อลญา ชิวเชนโก้[1*]
แหลมไทย อาษานอก[2]
ดอกรัก มารอด[1]

Olaya Shewchenko[1*]
Lamthai Asanok[2]
Dokrak Marod[1]

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[2]สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่
Department of Agroforestry, Maejo University, Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand
[*]Corresponding Author, E-mail: ollshewolaya@gmail.com

รับต้นฉบับ 5 กุมภาพันธ์ 2561 รับลงพิมพ์ 20 มีนาคม 2561

ABSTRACT

This study aimed to clarify the forest structure, species composition and the environmental factors to determine tree distribution in limestone forest after mining, Phrae Province. We established transect plots at three different forest sites including limestone forest (LSF), mixed deciduous forest with limestone forest (MDL) and abandoned mining limestone (AML). The transect plots were set up along an estribaciones to hilltop gradient by quadrat size 10 m × 10 m, at least 25 plots per stands. All trees in 10 m × 10 m were measured and identified, while, saplings and seedlings in subquadrat of 4 m × 4 m were identified and recorded during January to December 2016. In addition, the environmental factors in each 10 m × 10 m were also recorded. The ordination analysis based on canonical correspondence analysis (CCA) was used to detect the determine factors of tree distribution.

The results showed that 68 species 52 genera and 31 families were found. Tree species, such as *Parishia insignis Meliosma pinnata* and *Ficus macleilandii* within the limestone forest, The MDL showed the highest density (444.44 stem ha^{-1}), the highest basal area (9.05 $m^2 \cdot ha^{-1}$), and the highest species diversity (H') was 3.17 in tree habit, While, the shrub habit in LSF showed the highest density (578.38 stem$\cdot ha^{-1}$). The CCA ordination presented the LSF was positively relative with soil moisture and rocky outcrop, The AML was positively relative with Soil bulk density. Furthermore, the environmental factors showed less effect to the MDL. The results suggest the

effect of mining destroyed vegetation structure and environments especially soil bulk density. Hence, restoration of the limestone forest after mining is depends on species which can establish in unsuitable environments.

Keywords: Limestone forest, Limestone mining, Species composition, Natural regeneration

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมป่าเขาหินปูน รวมถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติของพรรณพืช ในบริเวณพื้นที่จังหวัดแพร่ ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2559 โดยเลือกพื้นที่ตัวแทนสังคมพืชป่าเขาหินปูนที่แตกต่างกัน 3 ลักษณะ คือ ป่าเขาหินปูน ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน และเหมืองร้างเขาหินปูน ในแต่ละพื้นที่ทำการสุ่มวางแปลงตัวอย่างขนาด 10 เมตร × 10 เมตร ตามระดับความสูงของพื้นที่ อย่างน้อย 25 แปลงตัวอย่าง โดยทำการเก็บข้อมูลไม้ต้นและปัจจัยแวดล้อมในแปลงขนาด 10 เมตร × 10 เมตร และทำการเก็บข้อมูล ลูกไม้/กล้าไม้ในแปลงขนาด 4 เมตร × 4 เมตร ทำการจัดลำดับสังคมพืช (ordination) เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสังคมพืชกับปัจจัยแวดล้อม

ผลการศึกษาองค์ประกอบของพรรณพืช โดยพบพรรณพืชทั้งหมด 68 ชนิด 52 สกุล 31 วงศ์ ชนิดไม้ต้นสำคัญที่พบในพื้นที่เขาหินปูน ได้แก่ ชันรูจี (*Parishia insignis*) มะยมผา (*Meliosma pinnata*) และ ไทรยางเหลือง (*Ficus macleilandii*) โดยในพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน พบไม้ต้น มีความหนาแน่น ความเด่นด้านพื้นที่หน้าตัด และความหลากชนิด มากที่สุดเท่ากับ 444.44 ต้นต่อเฮกตาร์ 9.05 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ และ 3.17 ตามลำดับ ในทางตรงกันข้าม พบว่าไม้พุ่มในป่าเขาหินปูน มีความหนาแน่น มากที่สุด เท่ากับ 578.38 ต้นต่อเฮกตาร์ ส่วน ปัจจัยกำหนดการปรากฏของหมู่ไม้ พบว่าหมู่ไม้ป่าเขาหินปูน ถูกกำหนดด้วยความชื้นดิน และ ปริมาณหินโผล่ ส่วนหมู่ไม้เหมืองร้าง มีความหนาแน่นดินเป็นปัจจัยสำคัญ ในขณะที่หมู่ไม้ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน พบว่าทั้งสามปัจจัยที่มีอิทธิพลค่อนข้างน้อยต่อการปรากฏของหมู่ไม้ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงชี้ให้เห็นว่าการทำเหมืองหินปูน ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสังคมพืชและปัจจัยแวดล้อมโดยเฉพาะความหนาแน่นของดิน ทำให้การฟื้นฟูตามธรรมชาติของพรรณไม้บนเขาหินปูนที่ผ่านการทำเหมือง เกิดขึ้นได้ยาก ผันแปรไปตามชนิดพันธุ์พืชที่สามารถตั้งตัวในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่

คำสำคัญ: สังคมพืชเขาหินปูน เหมืองหินปูน องค์ประกอบชนิดพันธุ์ การฟื้นฟูตามธรรมชาติ

คำนำ

ระบบนิเวศเขาหินปูน (Limestone ecosystem) เป็นระบบนิเวศที่มีความจำเพาะเจาะจง เนื่องจากมีปัจจัยจำกัดหลายประการ ได้แก่ ปัจจัยกายภาพ ปัจจัยทางด้านโครงสร้างสังคมพืช ดังนั้นพรรณไม้ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพป่าเขาหินปูน จึงต้องมีการปรับตัวหรือมีความต้องการทางนิเวศวิทยาที่เฉพาะต่อระบบนิเวศเขาหินปูนเพื่อให้สามารถตั้งตัวได้ในพื้นที่ (มานพ, 2557) ส่งผลให้กลุ่มพรรณพืชที่ปรากกฏมักมีสถานภาพเป็นกลุ่มพืชหายาก (rare species) หรืออาจเป็นพืชชนิดใหม่ (new species) ของโลก อย่างไรก็ตามการศึกษาทางด้านความหลากหลายทางชีวภาพเขาหินปูน ก็ค่อนข้างจำกัด เนื่องจากปัญหาการเข้าถึงพื้นที่ที่มีสภาพเป็นเขาหินปูนสูงชันจนยากต่อการสำรวจ นอกจากนั้นเขาหินปูนยังเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกทำลายจากการสัมปทานระเบิดหินเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมซีเมนต์ ซึ่งเป็นทรัพยากรที่มี

ความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศและสร้างความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตามการทำเหมืองหินปูนดังกล่าว ได้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติเป็นอันมาก (ไปรยณัฐ และคณะ, 2555) โดยเฉพาะการคุกคามและทำลายความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศเขาหินปูน นอกจากนี้ยังเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยแวดล้อม ที่ทำให้เกิดการสูญพันธุ์ในระดับท้องถิ่น (local extinction) ของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด (โสมนัสสา และคณะ, 2556) นอกจากนั้นการรบกวนดังกล่าวยังส่งผลกระทบไปถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อมในป่าเขาหินปูน ได้แก่ ความหนาแน่นดิน ความชื้นดิน รวมถึงเปอร์เซ็นต์หินปกคลุม ซึ่งส่งผลให้การสืบต่อพันธุ์ของพรรณพืชเป็นไปได้อย่างลำบาก (Asanok *et al*., 2013)

เขาหินปูนกระจายตัวอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางภาคเหนือของประเทศ ในปัจจุบันยังคงมีการสัมปทานเพื่อทำเหมืองอยู่อย่างต่อเนื่อง จนทำให้ปรากฏเหมืองหินปูนร้างกระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งส่งผลกระทบต่อการสืบต่อพันธ์ของพรรณพืช และในปัจจุบันยังไม่มีแนวทางการฟื้นฟูที่ชัดเจน รวมถึงการศึกษาลักษณะโครงสร้างป่าเขาหินปูน และการทดแทนในพื้นที่เหมืองหินปูนร้างนั้นยังมีอยู่น้อยมาก ส่งผลให้ขาดองค์ความรู้ที่จะนำมาปรับเพื่อการฟื้นฟูป่าเขาหินปูนให้ประสบความสำเร็จต่อไป ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมป่าเขาหินปูนตามธรรมชาติ และสังคมเหมืองเขาหินปูนร้างที่เกิดการทดแทนตามธรรมชาติภายหลังจากการระเบิดหิน รวมถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติของพรรณไม้ในสังคมดังกล่าว ในบริเวณพื้นที่ จังหวัดแพร่ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการสังคมป่าเขาหินปูนต่อไป

อุปกรณ์ และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ดำเนินการศึกษาบริเวณป่าเขาหินปูน บริเวณท้องที่อำเภอร้องกวาง และ อำเภอสอง จังหวัดแพร่ โดยในพื้นที่ดังกล่าวมีเหมืองหินปูนร้างขนาดเล็กปรากฏอยู่เป็นจุดๆ สลับกับเขาหินปูนธรรมชาติ ตั้งอยู่ที่พิกัด $17^{o}70'$-$18^{o}84'$N และ $99^{o}58'$-$100^{o}32'$E มีอุณหภูมิเฉลี่ยรวมรายปี 26.64 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรวมรายปี 1,209.42 มิลิเมตร มีความสูง 320-460 เมตรจากระดับน้ำทะเล ส่วนใหญ่พบเขาหินปูนกระจายตัวตามแนวสันปันน้ำระหว่างเขตเชื่อมต่อจังหวัดแพร่กับจังหวัดน่าน และจังหวัดลำปาง

การเก็บข้อมูล

1. คัดเลือกพื้นที่ตัวแทนสังคมพืชป่าเขาหินปูน 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) ป่าเขาหินปูน (limestone forest, LSF) คือ ป่าเขาหินปูนธรรมชาติที่มีหินปรากฏมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ 2) ป่าเบญจพรรณผสมป่าเขาหินปูน (mixed deciduous forest with limestone forest, MDL) คือ ป่าเบญจพรรณที่อยู่บริเวณเชิงเขาหินปูน มีหินปรากฏ 50-80 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ และ 3) เหมืองร้างเขาหินปูน (abandoned mining limestone, AML) คือ เหมืองเขาหินปูนที่ถูกทิ้งร้างเป็นระยะเวลามากกว่า 15 ปี ปล่อยให้มีการทดแทนตามธรรมชาติ โดยแต่ละพื้นที่ทำการสุ่มวางแปลงตัวอย่างแบบแถบ (transect plot) ให้มีความกว้างของแถบเท่ากับ 10 เมตร โดยวางแปลงต่อเนื่องขนาด 10 เมตร × 10 เมตร ตามระดับความสูงของพื้นที่ โดยทำการวางแปลงในพื้นที่ป่าเขาหินปูน ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน และเหมืองร้าง จำนวน 37 27และ 25 แปลง ตามลำดับ แล้วแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 4 เมตร × 4 เมตร เพื่อทำการวัดขนาดและจำแนกชนิดพรรณพืชทุกวิสัย ในระดับ ไม้ต้น (tree) คือ ไม้ที่มีขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกหรือ DBH (Diameter at Breast Height) ที่ 1.30 เมตรมากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร ลูกไม้ (sapling) คือ ไม้ที่มี DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร และสูงมากกว่า 1.30 เมตร และ กล้าไม้ (seedling) คือไม้ที่มีความสูงน้อยกว่า 1.3 เมตร โดยทำการเก็บข้อมูลไม้ต้นในแปลงขนาด 10 เมตร × 10 เมตร และทำการเก็บ ลูกไม้/กล้าไม้ในแปลงขนาด 4 เมตร × 4 เมตร เพื่อวิเคราะห์การสืบ

ต่อพันธุ์ของพรรณพืช สำหรับการระบุวิสัย ได้แก่ ไม้ต้น (tree) ไม้ต้นขนาดเล็ก (shrubby tree) และ ไม้พุ่ม (shrub) จะทำการตรวจสอบตามรายชื่อพรรณไม้และการระบุวิสัยของ (เต็ม, 2557)

2. การเก็บข้อมูลปัจจัยแวดล้อมที่สำคัญ คือ ปัจจัยดิน โดยเก็บตัวอย่างดินชั้นบนที่ระดับ 0-15 เซนติเมตร ทุกๆ แปลงตัวอย่างขนาด 10 เมตร × 10 เมตร จำนวน 3 จุดต่อแปลง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density, BD, g cm^{-3}) และความชื้นดิน (soil moisture content, SMC, %) ปัจจัยความเข้มแสงจากการใช้เครื่องมือ (Soil PH and moisture tester DM-15) สุ่มวัดปริมาณแสงที่พืชสามารถใช้สังเคราะห์แสงได้ (Photosynthetically active radiation; PAR µmol m^{-2} s^{-1}) จำนวน 5 จุด ได้แก่ ตรงจุดศูนย์กลางและมุมทั้ง 4 ของแปลงตัวอย่าง และปัจจัยการปกคลุมของหิน (rock cover) ด้วยการประเมินเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของหินภายในแปลง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ลักษณะเชิงปริมาณของสังคมพืช ได้แก่ ความเด่นด้านพื้นที่หน้าตัด (Dominance, Do) ความหนาแน่น (Density, D) และความถี่ (Frequency, F) รวมถึงค่าสัมพัทธ์ของทั้งสามค่าเพื่อนำไปใช้ในการหาดัชนีค่าความสำคัญของชนิดไม้ (Importance Value Index, IVI) ที่ได้จากผลรวมของค่าสัมพัทธ์ของทั้งสามค่าดังกล่าว ตามสูตรของ Whittaker (1970) จากนั้นวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener index (H') จากสมการดัชนีความหลากหลาย (Shannon and Weaner, 1949)

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} (pi \ln pi)$$

เมื่อ Pi = สัดส่วนของจำนวนชนิดที่ i ต่อผลรวมของจำนวนทั้งหมดทุกชนิดในสังคม (เมื่อ i = 1,2,3…,S)

2. การจัดลำดับสังคมพืช (ordination) ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสังคมพืชกับปัจจัยแวดล้อมโดยการนำเข้าข้อมูล 2 ชุดข้อมูล คือจำนวนต้นของชนิดพืชแต่ละสังคมพืช และปัจจัยสิ่งแวดล้อมของแต่ละสังคมพืช ได้แก่ ความชื้นดิน (SMC) การปกคลุมของหิน (R) และความหนาแน่นดิน (BD) โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Canonical Correspondence Analysis (CCA) ด้วยโปรแกรม PC - ORD 6 (McCune and Mefford, 2006) และวิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละปัจจัยแวดล้อมในแต่ละสังคมด้วยการเปรียบเทียบความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคำนวณทางสถิติ SPSS

ผลและวิจารณ์

เมื่อพิจารณาปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพ (physical factor) พบว่า ความหนาแน่นรวมของดิน (BD) ความชื้นดิน (SMC) และเปอร์เซ็นต์หินปกคลุม (R) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) โดยในสังคมพืชเหมืองร้างมีความหนาแน่นดินเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.83 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร รองลงมาคือ สังคมป่าเบญจพรรณผสมหินปูน และสังคมป่าเขาหินปูน ตามลำดับ แต่ในทางตรงกันข้าม พบว่า เหมืองร้างเขาหินปูนมีความชื้นดินเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 14.81 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสังคมป่าเบญจพรรณผสมหินปูน และสังคมป่าเขาหินปูน ตามลำดับ (Table 1) เนื่องจากดินในพื้นที่เหมืองร้างถูกแปรสภาพจากขั้นตอนการทำเหมือง สภาพดินมีลักษณะเป็นเม็ดทรายไม่เกาะตัว ทำให้การซึมของน้ำเป็นไปได้ยาก รวมถึงมีความหนาแน่นดินสูงเกิดจากการจับตัวแน่นของอนุภาคดินและหิน แต่ในขณะเดียวกันในพื้นที่ป่าเขาหินปูน พบเปอร์เซ็นต์หินปกคลุมมากที่สุด คือ 89.16 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน และ พื้นที่เหมืองร้างเขาหินปูน ไม่มีความแตกต่างกัน ตรงกันข้ามกับพื้นที่ป่าเขาหินปูนอย่างชัดเจน เนื่องจากสังคมป่าเขาหินปูน

เป็นสังคมที่มีหินเป็นองค์ประกอบหลักมีเปอร์เซ็นต์หินปกคลุมมาก แต่มีเนื้อดินน้อย ส่วนพื้นที่เหมืองร้างเขาหินปูน ผ่านการการระเบิดหิน ทำให้อนุภาคของดินและหินเล็กลง กลายเป็นดินทรายปนก้อนกรวด ส่งผลให้ดินไม่มีแร่ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชหรือไม่มีอินทรียวัตถุ จึงทาให้ไม่มีพืชขึ้นปกคลุม (แหลมไทย และคณะ, 2558) รวมถึงพื้นที่เขาหินปูนที่มีแอ่งหลุมขุบมีความชื้นของดินเหมาะสมต่อการเติบโตหรือความอุดมสมบูรณ์ของต้นไม้ในพื้นที่อีกด้วย (Asanok and Marod, 2016)

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาทั้งสามปัจจัยพบว่าในพื้นที่เหมืองร้างเขาหินปูน เป็นพื้นที่ที่มีความเสื่อมโทรมทางด้านปัจจัยแวดล้อมมากที่สุด มีการทับถมของซากหินที่ถูกระเบิด เกิดการกดทับทำให้อนุภาคดินแน่นมากขึ้น โครงสร้างดินไม่ดี ไม่มีความสามารถในการอุ้มน้ำและดูดซับธาตุอาหาร (ชรัตน์, 2526) นอกจากนี้การรบกวนจากการทำเหมืองอาจเป็นปัจจัยที่ทำให้พรรณพืชที่สามารถตั้งตัวได้ในพื้นที่ป่าเขาหินปูนสูญหายไปจากพื้นที่ได้ เนื่องจากโดนคุกคามแหล่งที่อยู่อาศัยซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญต่อการสูญพันธุ์ของพืช (จรัญ และชาญวิทย์, 2555)

Table 1 Physical factors in each forest types: soil bulk density (BD, g cm^{-3}), soil moisture content (SMC, %) and proportion of rock outcroppings (R, %), The forest stand types were limestone forest (LSF) , mixed deciduous forest with limestone forest (MDL) and abandoned mining limestone (AML).

Physical factors	Mean±SD			Sig.
	LSF	MDL	AML	
Soil bulk density (BD, g cm^{-3}),	0.32±0.02^{c}	0.57±0.02^{b}	0.83±0.04^{a}	*
Soil moisture content (SMC, %)	95.36±7.94^{a}	50.46±3.62^{b}	14.81±1.90^{c}	*
Rock outcroppings (R, %),	89.16±7.61^{a}	69.56±16.62^{b}	83.00±9.02^{b}	*

Remark: * $p < 0.001$

โครงสร้างและองค์ประกอบชนิดพันธุ์

ผลการศึกษาทั้งพื้นที่ป่าเขาหินปูน ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน และพื้นที่เหมืองร้างเขาหินปูน พบต้นไม้ทั้งหมด 864 ต้น ใน 68 ชนิด 52 สกุล 31 วงศ์ มีค่าความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย คือ 1087 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 6.02 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจำแนกตามพื้นที่พบว่าป่าเบญจพรรณผสมหินปูนมีจำนวนชนิดมากที่สุด (44 ชนิด) รองลงมาได้แก่พื้นที่ป่าเหมืองร้างเขาหินปูน (32 ชนิด) และป่าเขาหินปูน (22 ชนิด) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาพันธุ์ไม้เด่นตามดัชนีค่าความสำคัญ (IVI) ของชนิดไม้เด่นใน 10 ลำดับแรก แต่ละพื้นที่นั้นมีความแตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน คือ ในพื้นที่ป่าเขาหินปูน ชนิดพรรณพืชเด่น ได้แก่ ชันรูจี (*Parishia insignis*) มะยมผา (*Meliosma pinnata*) ไทรยางเหลือง (*Ficus macleilandii*) ไทรย้อยใบทู่ (*Ficus microcarpa*) ค้างคาว (*Aglaia edulis*) กุ๊ก (*Lannea coromandelica*) มะเกลือ (*Diospyros mollis*) ขี้อ้าย (*Terminalia nigrovenulosa*) และ ปอฝ้าย (*Firmiana colorata*) มีค่า IVI เท่ากับ 92.50, 73.56, 62.26, 30.34, 17.58, 8.10, 7.06, 4.58 และ 4.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน ชนิดพรรณพืชเด่นได้แก่ มะเกลือ ตะคร้อ (*Schleichera oleosa*) กุ๊ก ปี้จั่น (*Millettia brandisiana*) ยมหิน (*Chukrasia tabularis*) ผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens*) พญารากดำ (*Diospyros rubra*) ชันรูจี ขี้หนอนคาย *(Celtis tetrandra)* และมะยมผา มีค่า IVI เท่ากับ 33.92, 30.42, 26.93, 22.24,

12.31, 10.30, 10.03, 9.93, 9.89 และ 9.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพื้นที่เหมืองร้างเขาหินปูน ชนิดพรรณพืชเด่น ได้แก่ มะเกลือ ยมหิน ไทรยางเหลือง โพขี้นก (*Ficus rumphii*) กุ๊ก กระเชา (*Holoptelea integrifolia*) พฤกษ์ (*Albizia lebbeck*) มะเฟืองช้าง (*Lepisanthes tetraphylla*) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) และ ขว้าว (*Haldina cordifolia*) มีค่า IVI เท่ากับ 62.87, 41.74, 32.35, 18.79, 17.76, 17.63, 14.31, 10.79, 9.92 และ 9.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2)

เมื่อพิจารณาตามวิสัยของพรรณไม้ ได้แก่ ไม้ต้น (tree) ไม้ต้นขนาดเล็ก (shrubby tree) และ ไม้พุ่ม (shrub) ในแต่ละพื้นที่พบว่า ไม้ต้น มีจำนวนชนิดมากที่สุดในพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน จำนวน 34 ชนิด รองลงมาคือ พื้นที่เหมืองร้างเขาหินปูน และ พื้นที่ป่าเขาหินปูน เท่ากับ 21 และ 9 ชนิด ตามลำดับ ในขณะที่ไม้ต้นขนาดเล็กและไม้พุ่ม แต่ละพื้นที่มีจำนวนชนิดใกล้เคียงกัน มีจำนวนชนิดน้อยกว่า 10 ชนิด โดยไม้ต้นขนาดเล็กในพื้นที่ป่าเขาหินปูน ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน และเหมืองร้างเขาหินปูน มีจำนวนชนิด เท่ากับ 5, 5 และ 6 ชนิด ตามลำดับ ส่วนไม้พุ่ม ในพื้นที่ป่าเขาหินปูน ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน และเหมืองร้างเขาหินปูนจำนวนชนิด เท่ากับ 8, 5 และ 5 ชนิด ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของไม้ต้น พบว่าพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน มีความหนาแน่นสูงที่สุดเท่ากับ 444 ต้นต่อเฮกตาร์ รองลงมา คือพื้นที่เหมืองร้าง และพื้นที่ป่าเขาหินปูน มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 348 และ 294 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 3) ผลการศึกษาสามารถระบุได้ว่าไม้ต้นตั้งตัวได้ดีในพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน แต่พบน้อยในพื้นที่ป่าเขาหินปูน พืชที่สามารถขึ้นได้ดีในพื้นที่ป่าเขาหินปูนจะต้องมีระบบรากที่แข็งแรง และสามารถแทรกลงไปยึดเกาะตามรอยแตกของหินได้ (โสมนัสสา และคณะ, 2556) แต่ในขณะเดียวกันในพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน พบไม้ต้นขนาดเล็กและไม้พุ่ม มีความหนาแน่นน้อย (Table 3) เนื่องจากสภาพดินในป่าเบญจพรรณมีความอุดมสมบูรณ์ ส่งผลให้ไม้ต้นสามารถเจริญเติบโตได้ดี เรือนยอดมีความหนาแน่น บดบังแสงที่ส่องผ่านมาถึงพื้นดิน ซึ่งมีผลให้ไม้ต้นขนาดเล็กและไม้พุ่ม ไม่สามารถเติบโตได้ เนื่องจากมีปัจจัยจำกัดในด้านความเข้มแสง (วีรศักดิ์ และดอกรัก, 2548) ในขณะที่ไม้ต้นขนาดเล็ก ในพื้นที่เหมืองร้างหินปูน มีความหนาแน่นสูงที่สุดเท่ากับ 172 ต้นต่อเฮกตาร์ รองลงมา คือพื้นที่ป่าเขาหินปูน และ พื้นที่ป่าเบญจพรรณผสม (Table 3) เนื่องจากสภาพพื้นที่เป็นพื้นที่เปิดโล่ง พรรณพืชส่วนใหญ่เป็นพืชที่มีลักษณะที่ชอบแสง และเป็นไม้เบิกนำเป็นส่วนใหญ่ (แหลมไทย และคณะ, 2555) พรรณพืชที่พบในพื้นที่เหมืองร้างหินปูน เช่น ขี้หนอนคาย เม่าไข่ปลา (*Antidesma ghaesembilla*) ปอกระสา (*Broussonetia papyrifera*) และ ปอยาบ (*Grewia laevigata*) เป็นต้น ส่วนไม้พุ่มพบว่าพื้นที่ป่าเขาหินปูนมีความหนาแน่นสูงที่สุดเท่ากับ 578.38 ต้นต่อเฮกตาร์ รองลงมา คือพื้นที่เหมืองร้างเขาหินปูน และ พื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน (Table 3) โดยพบจันผา (*Dracaena cocchinchinensis*) ตำหยาว (*Alphonsea siamensis*) และ หนามขี้แรด (*Streblus taxoides*) สามารถตั้งตัวได้ดีในพื้นที่ป่าเขาหินปูน และพิจารณาจากขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้น พบว่าในพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน มีขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมมากที่สุด เท่ากับ 9.05 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ รองลงมา คือพื้นที่เหมืองร้าง และพื้นที่ป่าเขาหินปูน เท่ากับ 4.97 และ 4.05 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ในขณะที่ไม้พุ่มในพื้นที่ป่าเขาหินปูนมีขนาดพื้นที่หน้าตัดมากที่สุด เนื่องจากมีความหนาแน่น ค่อนข้างสูงมาก เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพพื้นที่ที่มีชั้นดินตื้น (มานพ, 2557) และเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความหลากหลายของไม้ต้น พบว่าพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน มีดัชนีความหลากหลายสูงที่สุดเท่ากับ 3.17 รองลงมา คือพื้นที่เหมืองร้าง และพื้นที่ป่าเขาหินปูน ในส่วนของ ไม้ต้นขนาดเล็ก และไม้พุ่ม มีดัชนีความ

หลากหลายใกล้เคียงกัน (Table 3) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าเขาหินปูนมีปัจจัยแวดล้อมจำกัด (limiting factors) โดยเฉพาะดินและหินที่มีส่วนสำคัญต่อการปรากฏของพืชสูงมาก (โสมนัสสา และคณะ, 2556)

Table 2 The five dominant species of tree habit in each stand ranked by the importance value index, IVI, in each study site, including habit, density (Den) and basal area (Ba) were shown.

NO.	Species	Den (stems ha^{-1})	Ba (m^2 ha^{-1})	IVI (%)
Limestone forest (LSF)				
1	*Parishia insignis*	75.68	1.48	92.50
2	*Meliosma pinnata*	105.41	0.68	73.56
3	*Ficus macleilandii*	70.27	0.52	62.26
4	*F. microcarpa*	5.41	0.97	30.34
5	*Aglaia edulis*	24.32	0.10	17.58
6	*Lannea coromandelica*	5.41	0.07	8.10
7	*Diospyros mollis*	2.70	0.15	7.06
8	*Terminalia nigrovenulosa*	2.70	0.05	4.58
9	*Firmiana colorata*	2.70	0.03	4.00
Mixed deciduous forest with limestone forest (MDL)				
1	*Diospyros mollis*	48.15	1.20	33.92
2	*Schleichera oleosa*	59.26	0.54	30.42
4	*Millettia brandisiana*	33.33	0.89	22.24
5	*Chukrasia tabularis*	18.52	0.51	12.31
6	*Vitex canescens*	14.81	0.18	10.30
Mixed deciduous forest with limestone forest (MDL)				
7	*Diospyros rubra*	7.41	0.53	10.03
8	*Parishia insignis*	11.11	0.34	9.93
9	*Celtis tetrandra*	14.81	0.26	9.89
10	*Meliosma pinnata*	22.22	0.21	9.77
Abandoned mining limestone (AML)				
1	*Diospyros mollis*	80.00	1.10	62.87
2	*Chukrasia tabularis*	56.00	0.72	41.74
3	*Ficus macleilandii*	40.00	0.71	32.35
4	*F. rumphii*	28.00	0.31	18.79
5	*Lannea coromandelica*	16.00	0.32	17.76
6	*Holoptelea integrifolia*	24.00	0.42	17.63
4	*Albizia lebbeck*	12.00	0.21	14.31
8	*Lepisanthes tetraphylla*	12.00	0.14	10.79
9	*Pterocarpus macrocarpus*	8.00	0.16	9.92
10	*Haldina cordifolia*	8.00	0.13	9.42

Table 3 Summary of three forest types on a limestone forest ,The forest types were limestone forest (LSF) , mixed deciduous forest with limestone forest (MDL) and abandoned mining (AML). Habit of species : tree (T), Shrubby tree (ST) and Shrub (S).

stand	Total sp.	Habit			Density (stems ha^{-1})			Basal area (m^2 ha^{-1})			Species diversity index (H')		
		T	ST	S	T	ST	S	T	ST	S	T	ST	S
LSF	22	9	5	8	294.59	151.35	578.38	4.05	2.16	8.81	1.54	0.91	1.48
MDL	44	34	5	5	444.44	81.48	44.44	9.05	1.17	0.25	3.17	1.32	1.44
AML	32	21	6	5	348.00	172.00	48.00	4.97	2.36	0.54	2.55	1.25	1.32

การปรากฏของหมู่ไม้ตามการแปรผันปัจจัยแวดล้อม

ผลการศึกษาปัจจัยกำหนดการปรากฏของหมู่ไม้ จากการวิเคราะห์การจัดลำดับหมู่ไม้ (ordination analysis) ด้วยวิธี CCA พบว่า การปรากฏของหมู่ไม้มีความผันแปรตามปัจจัยแวดล้อม กล่าวคือ ปัจจัยความชื้นดิน (SMC) เปอร์เซ็นหิน ปกคลุม (R) และความหนาแน่นรวมดิน (BD) เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการปรากฏกลุ่มหมู่ไม้ในระดับไม้ต้น โดยอธิบายได้จากการกระจายของพรรณไม้บนแกนที่ 1 และ 2 มีค่า Eigenvalue เท่ากับ 0.553 และ 0.243 มีค่าความสัมพันธ์ (correlation, r^2) ระหว่างชนิดและปัจจัยแวดล้อมแกนที่ 1 และ 2 มีค่า r^2 เท่ากับ 0.809 และ 0.625 ตามลำดับ และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์เชิงบวก กับแกนที่ 1 คือ ความหนาแน่นรวมดิน โดยมีค่า r^2 เท่ากับ 0.709 ส่วนความชื้นดิน และ เปอร์เซ็นต์หินปกคลุม ความสัมพันธ์เชิงลบกับแกนที่ 1 โดยมีค่า r^2 เท่ากับ 0.214 และ 0.256 ตามลำดับ พบว่าหมู่ไม้เขาหินปูน มีความสัมพันธ์กับความชื้นดิน และ เปอร์เซ็นต์การปกคลุมหิน พรรณไม้สำคัญในหมู่ไม้นี้ได้แก่ ไทรยางเหลือง (FIMA) ปอทง (STPE) มะยมผา (MEPI) ชันรูจี (PAIN) และ ค้างคาว (AGED) (Figure 1) ในขณะที่ปัจจัยทางด้านความหนาแน่นดินเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดการปรากฏของหมู่ไม้เหมืองร้าง ซึ่งเป็นพรรณไม้ที่ ขึ้นได้ดีในพื้นที่เขาหินปูนที่ผ่านการทำเหมือง จะมีความหนาแน่นดินสูง ความชื้นดินต่ำ พรรณไม้ที่พบ ได้แก่ ปรู๋ (ALSA) ยมหิน (CHTA) ขี้หนอนคาย (CETE) หนามขี้แรด (DICO) และมะเกลือ (DIMO) (Figure 1) ส่วนหมู่ไม้ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน ทั้งสามปัจจัยที่มีผลค้อนข้างน้อยต่อการปรากฏของหมู่ไม้ บริเวณนี้มักจะปรากฏปริมาณหินน้อย ทำให้มีเนื้อดินมาก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพรรณไม้ในป่าผสมผลัดใบ ได้แก่ ตะคร้อ (SCOL) กุ๊ก (LACO) ผ่าเสี้ยน (VICA) และ ปี่จั่น (MIBR) ตังตาบอด (EXOP) (Figure 1)

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพมีผลต่อการกระจายของหมู่ไม้ในพื้นที่ป่าเขาหินปูน โดยเฉพาะ บริเวณที่มีเปอร์เซ็นต์หินปกคลุมและมีความชื้นดินสูง เนื่องจากพื้นที่เขาหินปูนธรรมชาติมักมีสภาพพื้นที่เป็นหุบหรือแอ่ง ที่มีการสะสมของดินสูงกว่าบริเวณอื่นขณะเดียวกันมักมีน้ำท่วมขังอยู่มากจึงทำให้ดินจึงมีความชื้นสูง พรรณไม้ส่วนใหญ่มีระบบรากแข็งแรง เพื่อยึดเกาะกับโขดหินหรือหน้าผา และสามารถชอนไชได้ดีตามซอกหิน (จรัญ และปรัชญา, 2553) พืชกลุ่มนี้จึงมักมีความต้องการทางนิเวศวิทยาแคบและจำเพาะเจาะจง (specific ecological niche) เป็นความสามารถพิเศษที่พืชกลุ่มอื่นไม่สามารถแข่งขันหรือตั้งตัวได้ในปัจจัยแวดล้อมวิกฤตินี้ (Kitzberger, 2013) ยกตัวอย่างเช่น ไทร มะยมผา และชันรูจี เป็นต้น ส่วนพื้นที่เหมืองร้างเขาหินปูน เป็นพื้นที่ที่มีการทับถมกันของซากหินหรือเศษดินและหินที่ถูกระเบิดจนส่งผล

ให้ความหนาแน่นรวมของดินมีค่าสูงมากกว่าพื้นที่อื่นๆ ทำให้พบไม้พุ่มขึ้นกระจายตัวห่างๆ เช่น ปอผ่าสาม เข็ม ดอกขาว และ ยาบขี้ไก่ เป็นต้น

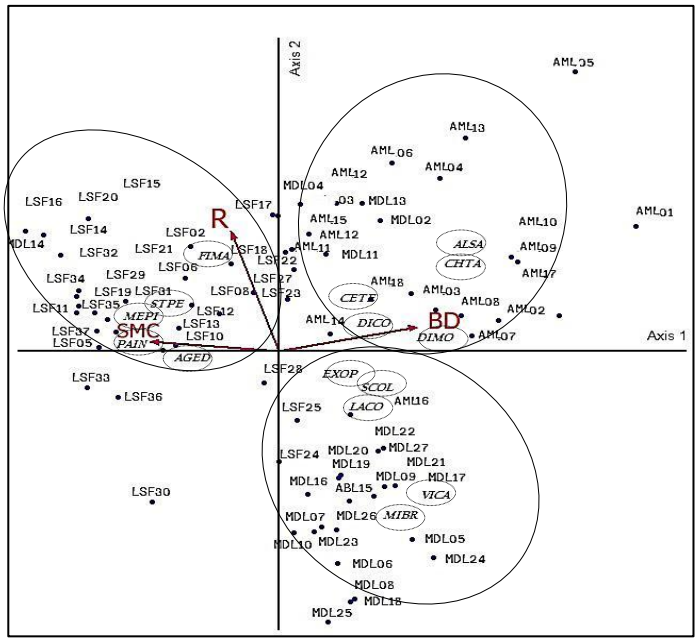


Figure 1 Canonical correspondence analysis (CCA) ordination plot of physical environmental variables soil moisture content [SMC], proportion of rocky outcroppings [R] and Soil bulk density [BD] The limestone forest (LSF), mixed deciduous forest with limestone forest (MDL) and abandoned mining limestone (AML), r^2= 0.81, Eigenvalue Axis 1 = 0.553, Eigenvalue Axis 2 = 0.243.

สรุป

1. องค์ประกอบของพรรณพืชในพื้นที่ศึกษาพบพรรณพืชทั้งหมด 68 ชนิด 52 สกุล 31 วงศ์ พรรณไม้เด่นมีวิสัยเป็นไม้ต้น พบในพื้นที่ป่าเขาหินปูนได้แก่ ชันรูจี มะยมผา ไทรยางเหลือง ไทรย้อยใบทู่ และ ค้างคาว พบในพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน ได้แก่ มะเกลือ ตะคร้อ กุ๊กปี้จั่น และ ยมหิน และพื้นที่เหมืองร้าง ได้แก่ มะเกลือ ยมหิน ไทรยางเหลือง โพขี้นก และกุ๊ก ส่วนไม้ต้นขนาดเล็ก ในพื้นที่เหมืองร้างหินปูน มีความหนาแน่นสูงที่สุด ด้วยสภาพพื้นที่เป็นพื้นที่เปิดโล่ง พรรณพืชส่วนใหญ่เป็นพืชที่มีลักษณะที่ชอบแสง พรรณพืชที่พบในพื้นที่เหมืองร้างหินปูน เช่น ขี้หนอนคาย เม่าไข่ปลา ปอกระสา และ ปอยาบ เป็นต้น ในขณะที่ไม้พุ่มซึ่งเป็นพรรณพืชที่เจริญเติบโตได้ในสภาพพื้นที่ที่มีชั้นดินตื้น มีความหนาแน่นและขนาดพื้นที่หน้าตัดมากที่สุด

2. ความสัมพันธ์ของปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการกระจายของหมู่ไม้ หินปูน เมื่อพิจารณาพบว่าปัจจัยแวดล้อมในพื้นที่เหมืองร้างเขาหินปูน มีลักษณะใกล้เคียงกับป่าเบญจพรรณผสมหินปูนมากกว่าป่าเขาหินปูน เนื่องจากทั้งสองพื้นที่มีเปอร์เซ็นต์หินปกคลุมน้อย และมีเนื้อดินปรากฏมาก และจะเห็นได้ว่าหมู่ไม้ที่ขึ้นได้ดีในพื้นที่ป่าเขาหินปูนถูกกำหนดด้วยปัจจัยด้านความชื้นดิน และ ปริมาณหิน โผล่ พรรณไม้ที่สามารถตั้งตัว หรือ สืบต่อพันธุ์ได้ดีในพื้นที่ป่าเขาหินปูนจะมีระบบรากที่แข็งแรง เพื่อยึดเกาะกับโขดหินหรือหน้าผา สามารถชอนไชได้ดีตามซอกหิน ได้แก่ กลุ่มไทร มะยมผา และชันรูจี เป็นต้น

ส่วนหมู่ไม้เหมืองร้าง มีปัจจัยทางด้านความหนาแน่นดินเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดการปรากฏ ซึ่งเกิดการทับถมกันของซากหินหรือผงดินที่ถูกระเบิด ส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินมีค่าสูง สามมารถพบหมู่ไม้ขึ้นกระจายตัวห่างๆ ได้แก่ มะเกลือ และขี้หนอนคาย เป็นต้น และพบว่าส่วนใหญ่เป็นกลุ่มไม้พุ่ม เช่น ปอผ่าสาม เข็มดอกขาว และ ยาบขี้ไก่ เป็นต้น ในขณะที่หมู่ไม้ป่าเบญจพรรณผสมหินปูน ทั้งสามปัจจัยที่มีผลค่อนข้างน้อยต่อการปรากฏของหมู่ไม้

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีข้อเสนอแนะคือ ลักษณะโครงสร้างสังคมป่าเขาหินปูน มีการปรากฏชนิดพรรณพืชและปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างกันอย่างชัดเจน โดยเฉพาะปัจจัยจำกัดการสืบต่อพันธุ์ จากงานวิจัยครั้งนี้สามารถทราบปัจจัยที่มีผลต่อการปรากฏ ของกลุ่มพรรณพืช เพื่อนำมาคัดเลือกกลุ่มพรรณพืช ที่เหมาะสำหรับการฟื้นฟูเขาหินปูนที่ผ่านการทำเหมือง เช่น ขี้หนอนคาย และมะเกลือ ซึ่งเป็นพืชที่ทนแล้ง ดังนั้นหากต้องการเร่ง การฟื้นฟูให้ประสบความสำเร็จเร็วขึ้นควรมีการป้องกันพื้นที่ที่ไม่ให้ถูกรบกวนเพื่อส่งเสริมการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติในพื้นที่เหมืองร้าง รวมถึงควรมีการศึกษาลักษณะเฉพาะเชิงหน้าที่ของพรรณพืช (plant functional traits) ในพื้นที่ที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมจำกัดของพื้นที่เขาหินปูน โดยศึกษาพื้นที่ใบความหนาใบ เป็นต้น ซึ่งพืชจะแสดงออกถึงการตอบสนองของสภาพแวดล้อมและอิทธิพลจากระบบนิเวศที่จำกัดในแต่ละพื้นที่ที่ต่างกัน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานใช้จัดการฟื้นฟูพื้นที่เหมืองร้างในอนาคต

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

จรัญ มากน้อย และชาญวิทย์ แสงสร้อย. 2555. **โครงการการศึกษาความหลากหลายของพืชดอก บริเวณเขาหินปูน ในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าถ้ำผาท่าพล อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก**.สำนักวิจัยและพัฒนา องค์การสวนพฤกษศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____และปรัชญา ศรีสง่า. 2553. **พันธุ์ไม้เขาหินปูนภาคกลาง**. องค์การสวนพฤกษศาสตร์, เชียงใหม่.

เต็ม สมิตินันทน์. 2557. **ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2557**. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

ชรัตน์ รุ่งเรืองศิลป์. 2526. **สมบัติของดินภายหลังการทำเหมืองแร่ดีบุก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไปรยณัฐ น้อยทับทิม, สคาร ทีจันทึก และกอบศักดิ์ วันธงไชย. 2555. ลักษณะโครงสร้างของประชากรแมลงในพื้นที่ฟื้นฟูบูรณะผลผลิตใหม่ ณ พื้นที่เหมืองหินปูน อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี. **วารสารวนศาสตร์** 31 (1): 1-9

มานพ ผู้พัฒน์. 2557. **พันธุ์ไม้เขตห้ามล่าสัตว์ป่าถ้ำประทุน จังหวัดอุทัยธานี**. ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

วีระศักดิ์ เนียมรัตน์ และดอกรัก มารอด. 2548. การตั้งตัวของกล้าไม้ถาวรในสวนป่ายูคาลิปตัสและพื้นที่เปิดโล่ง. **วารสารวนศาสตร์** 24 (5): 35-47

โสมนัสสา แสงฤทธิ์, วรดลต์ แจ่มจำรูญ และนันทวรรณ สุปันตี. 2556. **พรรณไม้เขาหินปูน: สถานภาพและปัจจัยคุกคาม**. สำนักงานหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช, กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

แหลมไทย อายานอก, วรวุฒิ งามพิบูลเวท และอลญา ชิวเชนโก้. 2558. การศึกษาเบื้องต้นของโครงสร้างสังคมพืช และปัจจัยที่มีผลต่อการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของไม้ยืนต้นในป่าเขาหินปูนเขตร้อน บริเวณอำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่. น. 19-27. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย** ครั้งที่ 4. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

Asanok, L., D. Marod, P. Duengkae, U. Pranmongkol, H. Kurokawa, M. Aiba, M. Katabuchi and T.

Nakashizuka. 2013. Relationships between functional traits and the ability of forest tree species to reestablish in secondary forest and enrichment plantations in the uplands of northern Thailand. **Forest Ecology and Management** 296: 9-23.

_____ and D. Marod. 2016. Environmental factors influencing tree species regeneration in different forest stands growing on a limestone hill in Phrae Province, northern Thailand. **Journal of Forest and Environmental Science** 32 (3): 237-252.

Kitzberger, T. 2013. Impact of extreme and infrequentevents on terrestrial ecosystems and biodiversity, pp. 209–223 *In* S. A. Levin., eds. **Encyclopedia of biodiversity**. Waltham, Massachusetts, USA.

McCune, B. and M.J. Mefford. 2006. **PC-ORD Multivariate Analysis of Ecological Data**: Version 5.10 for Windows. Gleneden Beach, Oregon, USA.

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

Whittaker, R.H. 1970. **Communities and Ecosystems**. Macmillan Co., Collier-Macmillan Ltd., London

นิพนธ์ต้นฉบับ

การแปรผันระหว่างสายต้นของการเติบโตและลักษณะเชิงหน้าที่บางประการของใบกระถินลูกผสม ณ อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่

Clonal Variations in Growth and Some Leaf Functional Traits of *Acacia* Hybrids in Fang District, Chiang Mai Province

ธนาภา เทพชาตรี[1]
สาพิศ ดิลกสัมพันธ์[1*]
มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันติ์[2]

Tanapa Thepchatri[1]
Sapit Diloksumpun[1*]
Maliwan Haruthaithanasan[2]

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[2]สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute, Kasetsart University Chatuchak, Bangkok, 10900, Thailand
[*]Corresponding Author, E-mail: sapit.d@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 22 พฤศจิกายน 2560 รับลงพิมพ์ 18 ธันวาคม 2560

ABSTRACT

Acacia hybrid is a tropical plantation species that has been planted extensively in Vietnam and other countries in Southeast Asia. Two field trials consisted of eight *A. mangium* x *A. auriculiformis* hybrid clones and two *A. auriculiformis* hybrid clones have been established at L6 and Long-or sites at Fang district, Chiang Mai province to study the variations in growth and leaf functional traits of the clones. The experimental designs were randomized complete block design (RCBD), with six replications. Heights and, diameter at breast height (DBH) were recorded twice a year for two years. Leaf functional traits including specific leaf area (SLA), leaf chlorophyll content and leaf nutrients were also determined when the trees were one year of age.

Differences in height, DBH, SLA, and leaf functional traits were significant among clones. All *A. mangium* x *A. auriculiformis* hybrid clone grew faster than the *A. auriculiformis* hybrid clones. *A. mangium* x *A. auriculiformis* hybrid clones A1, A4, A6 and A7 were outstanding at L6 site while clone A1-A7 performed well at Long-or site. The *A. mangium* x *A. auriculiformis* hybrid clones had greater SLA while *A. auriculiformis* clones had higher leaf chlorophyll content and leaf nutrients. Overall growth of the clones at L6 site was better than at Long-or site. Clone and site interaction was significant only for DBH and SLA. The findings indicate considerable differences among clones and their responding to different sites, there for matching clones to the site should be taken into account for forest plantation.

Keywords: growth, specific leaf area, leaf nutrient, leaf functional traits, acacia hybrid clones

บทคัดย่อ

กระถินลูกผสมเป็นไม้เขตร้อนที่นิยมปลูกเป็นสวนป่าในเวียดนามและบางประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แปลงทดลองถูกสร้างขึ้นที่แปลงทดลองบ่อ L6 และแปลงทดลองล้องอ้อ อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ประกอบด้วย สายต้นลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์ (*A. mangium* x *A. auriculiformis*) จำนวน 8 สายต้น และลูกผสม กระถินณรงค์ (*A. auriculiformis*) จำนวน 2 สายต้น เพื่อศึกษาการแปรผันของการเติบโตและลักษณะเชิงหน้าที่ บางประการของใบ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์มี 6 ซ้ำ เก็บข้อมูลการเติบโตทุก 6 เดือน เป็นเวลา 2 ปี และเก็บข้อมูลลักษณะเชิงหน้าที่ของใบ (พื้นที่ผิวใบเฉพาะ ปริมาณคลอโรฟิลล์ และสารอาหารในใบ) เมื่อต้นไม้มีอายุ 1 ปี

ผลการวิจัยพบว่า ความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และลักษณะเชิงหน้าที่ของใบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสายต้น สายต้นกระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์มีการเติบโตดีกว่าลูกผสมกระถินณรงค์ โดยสายต้น A1, A4, A6 และ A7 เป็นสายต้นที่โดดเด่นในแปลงทดลองบ่อ L6 และสายต้น A1 ถึง A7 เติบโตได้ดีในแปลงทดลองล้องอ้อ สายต้นลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์มีค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะสูงกว่าสายต้นลูกผสมกระถินณรงค์ ขณะที่สายต้นลูกผสมกระถินณรงค์มีคลอโรฟิลล์และสารอาหารในใบมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการเติบโตระหว่างพื้นที่พบว่า สายต้นที่ปลูกในแปลงทดลองบ่อ L6 มีการเติบโตที่ดีกว่าแปลงทดลองล้องอ้อ เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่และสายต้นพบว่ามีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะเท่านั้น งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงการแปรผันระหว่างสายต้น และการตอบสนองต่อพื้นที่ที่ต่างกันของแต่ละสายต้น ดังนั้นการคัดเลือกสายต้นสำหรับการปลูกสวนป่าจำเป็นต้องคำนึงให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ด้วย

คำสำคัญ: การเติบโต พื้นที่ผิวใบเฉพาะ สารอาหารในใบ ลักษณะเชิงหน้าที่ของใบ สายต้นกระถินลูกผสม

คำนำ

ในปัจจุบันความต้องการใช้ไม้ในประเทศได้เพิ่มสูงขึ้น ความต้องการไม้ทุกชนิดของประเทศไทยเพิ่มขึ้นจาก 66 ล้านลูกบาศก์เมตร ในปี พ.ศ. 2548 เป็น 87 ล้านลูกบาศก์เมตร ในปี พ.ศ. 2559 และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 112 ล้านลูกบาศก์เมตร ในปี พ.ศ. 2570 (คณะวนศาสตร์, 2552) การปลูกสร้างสวนป่าจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อตอบสนองความต้องการวัตถุดิบไม้สำหรับป้อนโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ตลอดจนลดการนำเข้าไม้จากต่างประเทศ ในการปลูกสร้างสวนป่าให้ประสบความสำเร็จเพื่อให้สวนป่ามีผลผลิตสูงและมีเนื้อไม้ที่มีคุณภาพเป็นที่ต้องการของท้องตลาด ควรเลือกไม้หรือลักษณะทางพันธุกรรมให้เหมาะสมกับพื้นที่ (site) ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ ดิน ภูมิอากาศและพืชพรรณ โดยทั่วไปพรรณไม้แต่ละชนิดมีอัตราการเติบโตแตกต่างกันตามคุณภาพท้องที่ (site quality) จากการรวบรวมข้อมูลศักยภาพการเติบโตของพรรณไม้ที่นิยมปลูกสร้างสวนป่า โดยคณะวนศาสตร์ (2554) พบว่า การเติบโตและผลผลิตของไม้สัก ยูคาลิปตัส กระถินณรงค์ กระถินเทพา และกระถินยักษ์ในพื้นที่มีความเหมาะสมมากมีค่ามากกว่าที่ปลูกในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยถึงเกือบสองเท่า

ในประเทศไทยการปลูกไม้โตเร็ว เช่น ยูคาลิปตัส และพรรณไม้สกุลอะเคเซีย (*Acacia*) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการปลูกสร้างสวนป่า เนื่องจากมีรอบตัดฟันสั้น มีการเติบโตและให้ผลผลิตที่สูง เหมาะ

แก่การลงทุน เพราะให้ผลตอบแทนในระยะเวลาอันสั้น สำหรับไม้โตเร็วในสกุลอะเคเซียที่นิยมปลูกในประเทศไทย ได้แก่ กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis* A. Cunn.ex Benth.) และกระถินเทพา (*Acacia mangium* Willd) แต่พรรณไม้สกุลอะเคเซียมีการแปรผันของการเติบโตและการปรับตัวในพื้นที่ค่อนข้างมาก ที่ผ่านมากรมป่าไม้ได้มีการปรับปรุงพันธุ์กระถินณรงค์กระถินเทพาและกระถินลูกผสม (*A. mangium* x *A. auriculiformis*) มาอย่างต่อเนื่องเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ (progeny) และสายต้น (clone) ที่มีการเติบโตดี มีการปรับตัวเข้ากับสภาพพื้นที่ได้ดี และสามารถนำเนื้อไม้ไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย (วิฑูรย์, 2545) อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า กระถินณรงค์และกระถินลูกผสมที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมมีการแปรผันทั้งด้านการเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยามากทำให้มีการปรับตัวในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน (สาพิศ, 2545) เช่นเดียวกับ Diloksumpun *et al*. (2016) ที่พบว่าสายต้นกระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์มีการเติบโตที่ดีกว่าสายต้นกระถินณรงค์ทั้งนี้ การเติบโตของสายต้นต่างๆ มีแนวโน้มสัมพันธ์กับลักษณะเชิงหน้าที่ของใบ (leaf functional traits) นอกจากนี้ การศึกษาของ Kha (1995) ได้ทำการทดสอบปลูกกระถินเทพา กระถินณรงค์ และลูกผสมของกระถินเทพาและกระถินณรงค์ บนพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันทั้งหมด 4 แห่ง พบว่าศักยภาพในการเติบโตของพรรณไม้เหล่านั้นแตกต่างกันไปตามพื้นที่ งานวิจัยข้างต้นชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์และการตอบสนองของลักษณะทางพันธุกรรมที่มีต่อสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

อย่างไรก็ตาม การศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของลักษณะเชิงหน้าที่ของใบและการเติบโตยังมีอยู่น้อย อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงของแนวโน้มของความสัมพันธ์ข้างต้นในพื้นที่ปลูกที่แตกต่างกันก็ยังคงเป็นโจทย์วิจัยที่ยังต้องการคำตอบดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ศึกษาการแปรผันระหว่างสายต้นกระถินลูกผสมในด้านการเติบโตและลักษณะเชิงหน้าที่บางประการของใบที่มีผลต่อการเติบโตของสายต้นกระถินลูกผสม ทั้งนี้ผลการศึกษาที่ได้คาดว่าจะสามารถนำไปใช้ในการคาดการณ์การเติบโตของไม้ในระยะเริ่มต้นได้เพื่อช่วยในการคัดเลือกสายต้นที่มีประสิทธิภาพในการปลูกสร้างสวนป่าต่อไป

อุปกรณ์ และวิธีการ

พื้นที่ทดลองอยู่ในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ในภาคเหนือของประเทศไทย ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 463 เมตร มีสองพื้นที่ ได้แก่

1) แปลงทดลองบ่อ L6 อยู่ในเขตของสวนส้มทรายทอง มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบ ไม่เคยปลูกพืชชนิดใดมาก่อน นำดินจากการขุดบ่อมาถมในพื้นที่ ลักษณะเนื้อดินในแปลงบ่อ L6 เป็นแบบดินเหนียว (clay) มีการระบายน้ำเลว มีค่า pH เป็นกรดจัดมาก (3.2-3.4) ปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างสูง (ร้อยละ 3.0-3.5) อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน (C:N ratio) ปานกลาง (16.6-25.4) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก (79-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณโพแทสเซียมสูง (81-115 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

2) แปลงทดลองล้องอ้อ มีลักษณะเป็นพื้นที่ลาดชันเล็กน้อย เคยเป็นสวนมะม่วงมาก่อนเป็นแปลงทดลอง ลักษณะเนื้อดินในแปลงล้องอ้อเป็นแบบดินร่วนปนทราย (sandy loam) มีการระบายน้ำดี มีค่า pH เป็นกรดเล็กน้อย (6.1-6.2) ปริมาณอินทรียวัตถุปานกลาง (ร้อยละ 1.8-2.0) อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน (C:N ratio) ปานกลาง (15.20-17.60) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก (143-121 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณโพแทสเซียมปานกลาง (82-84 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

สายต้นกระถินลูกผสม

สายต้นที่ใช้ในการทดลองมีจำนวนทั้งหมด 10 สายต้น (clone) โดย 8 สายต้นนั้นเป็นลูกผสมข้าม

ชนิด (interspecific hybrid) ระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์ (*A. mangium* x *A. auriculiformis*) ซึ่งสายต้น A1-A7 เป็นสายต้นจากประเทศเวียดนาม ส่วนสายต้น A8 เป็นสายต้นจากประเทศไทย อีก 2 สายต้น (A9 และ A10) เป็นลูกผสมภายในชนิดเดียวกัน (intraspecific hybrid) ของกระถินณรงค์ที่เกิดจากการผสมเกสรแบบควบคุม

การวางแผนการทดลอง

ทั้งสองพื้นที่ใช้การทดลองแบบแฟคทอเรียล (factorial experiment) มี 2 แฟคเตอร์ ได้แก่ สายต้น (clone) และพื้นที่ (site) วิเคราะห์ร่วมกันในรูปของทรีทเมนต์คอมบิเนชั่น (treatment combination) ด้วยแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design: RCBD) โดยมี 6 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำมีไม้กระถินลูกผสมสายต้นละ 10 ต้น ในแปลงทดลองแต่ละพื้นที่จึงปลูกกระถินลูกผสมสายต้นละ 60 ต้น ปลูกต้นไม้ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2557

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

ข้อมูลการเติบโต

ทำการวัดความสูงของไม้โดยใช้ไม้วัดความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height, DBH) โดยใช้เทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter tape) เก็บข้อมูลการเติบโตของไม้ทุกต้น ทุกๆ 6 เดือน จนอายุ 2 ปี (เดือนเมษายน พ.ศ. 2559)

ข้อมูลลักษณะเชิงหน้าที่บางประการของใบ

ในแต่ละซ้ำเลือกต้นไม้ตัวอย่างที่มีขนาดใกล้เคียงค่าเฉลี่ยของแต่ละสายต้นๆ ละ 3 ต้นเก็บตัวอย่างใบต้นๆ ละ 10 ใบ เมื่อต้นไม้อายุ 1 ปี ศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยวัดค่าความเขียวของใบ (greenness) ด้วยเครื่อง Chlorophyll Meter รุ่น SPAD-501 (MinoltaCorp., Japan) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่วัดอัตราส่วนการดูดซับแสงของคลอโรฟิลล์ (absorption) โดยแหล่งกำเนิดแสง (light-emitting diodes: LEDs) ที่มีความยาวช่วงคลื่น 2 ช่วงคลื่น ได้แก่ 650 นาโนเมตร (คลอโรฟิลล์ดูดซับได้สูงสุด) และ 750 นาโนเมตร (ไม่มีการดูดซับโดยคลอโรฟิลล์) ค่าที่วัดได้จึงเป็นตัวบ่งชี้ความเข้มข้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ แล้วนำค่าที่วัดได้ไปคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบจากสมการสำหรับกระถินลูกผสม (Royampaeng, 2001) ศึกษาลักษณะผิวใบเฉพาะ (specific leaf area, SLA) โดยวัดพื้นที่ผิวใบโดยใช้ใบตัวอย่างเดียวกับที่ใช้วัดค่าความเขียวของใบด้วยเครื่องสแกนเนอร์ และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Image J (Schneider *et al*., 2012) แล้วนำใบตัวอย่างเข้าอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งใบตัวอย่างมีน้ำหนักแห้งคงที่แล้วนำมาชั่งทำการคำนวณพื้นที่ผิวใบเฉพาะจากอัตราส่วนของพื้นที่ผิวใบต่อน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำตัวอย่างใบไปวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม

การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-Way Analysis of Variance, ANOVA) ของตัวแปรต่างๆ ที่ศึกษาตามวิธีการวิเคราะห์การทดลองแบบแฟคทอเรียล (factorial experiment) ที่มีแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีการของ Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลและวิจารณ์

การเติบโต

กระถินลูกผสมที่ปลูกในแปลงทดลองบ่อ L6 และแปลงทดลองล้องอ้อทุกๆ สายต้นมีแนวโน้มของความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเพิ่มขึ้นตามอายุ (ข้อมูลไม่ได้แสดง) จากการเปรียบเทียบกระถินลูกผสมที่ปลูกในแปลงทดลองบ่อ L6 เมื่ออายุ 2 ปี มีค่า

เฉลี่ยความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของสายต้นทั้งหมด เท่ากับ 9.9 เมตร และ 7.4 เซนติเมตร ตามลำดับ สายต้น A1, A6 และ A4 ซึ่งเป็นลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์มีการเติบโตด้านความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยมากที่สุด ในขณะที่สายต้น A9 และ A10 ซึ่งเป็นลูกผสมกระถินณรงค์มีค่าเฉลี่ยความสูงต่ำที่สุด แต่สายต้น A8 มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกต่ำ (Table 1)

ในขณะที่ค่าเฉลี่ยความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของสายต้นทั้งหมดที่ปลูกในแปลงทดลองล้องอ้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.4 เมตร และ 6.8 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยสายต้น A7, A2 และ A6 มีการเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยมากที่สุด ส่วนค่าเฉลี่ยด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกนั้นสายต้นA3, A5 และ A6 มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งเป็นลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์ทั้งหมด สายต้นที่มีค่าเฉลี่ยการเติบโตต่ำที่สุด คือ สายต้น A10 ซึ่งเป็นลูกผสมกระถินณรงค์เช่นเดียวกับแปลงทดลองบ่อ L6

ทั้งนี้ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลของสายต้นพบว่า สายต้นมีอิทธิพลต่อการเติบโตทั้งด้านความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ในภาพรวมแล้วในทั้งสองพื้นที่กลุ่มสายต้นกระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์มีการเติบโตดีกว่ากลุ่มสายต้นลูกผสมกระถินณรงค์ เช่นเดียวกับการศึกษาของสาพิศ (2545) จิรนิติ และคณะ (2559) และ Kha (1995) ที่พบว่ากระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์นั้นมีความเติบโตทั้งด้านความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ดีกว่ากระถินณรงค์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้ สายต้น A8 ซึ่งเป็นกระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์มีการเติบโตค่อนข้างต่ำและแตกต่างจากสายต้นกระถินณรงค์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างกันระหว่างสายต้นกระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและลูกผสมกระถินณรงค์ (Royampaeng, 2001) ซึ่ง A8 เป็นสายต้นกระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์ที่พัฒนาในประเทศไทย แต่สายต้น A1 ถึง A7 เป็นสายต้นที่พัฒนาในประเทศเวียดนาม

เมื่อเปรียบเทียบการเติบโตทั้งความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกระหว่างพื้นที่ พบว่า สายต้นลูกผสมทั้ง 10 สายต้นในแปลงทดลองบ่อ L6 มีการเติบโตดีกว่าในแปลงทดลองล้องอ้อและจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลของพื้นที่ (site) พบว่าอิทธิพลของพื้นที่นั้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อความสูง ($p\geq0.05$) แต่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ($p<0.05$) เช่นเดียวกับ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายต้นและพื้นที่ (clone x site interaction) พบว่า มีอิทธิพลต่อความสูงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) แต่มีอิทธิพลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบการเติบโตของสายต้นที่ปลูกในสองพื้นที่ พบว่าในแปลงทดลองบ่อ L6 นั้น กลุ่มของสายต้น A1, A4, A6 และ A7 มีการปรับตัวต่อพื้นที่ได้ดีและมีการเติบโตทางความสูงและทางเส้นผ่านศูนย์กลางสูงกว่าสายต้นอื่นๆ ขณะที่ในแปลงทดลองล้องอ้อสายต้นกระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์ทุกสายต้น (ยกเว้นสายต้น A8) มีการเติบโตทางความสูงและทางเส้นผ่านศูนย์กลางสูงกว่าสายต้นลูกผสมกระถินณรงค์ จะเห็นได้ว่าสายต้นที่เหมาะสมกับทั้งสองพื้นที่นั้นล้วนเป็นกระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์

Table 1 Means of height and diameter at breast (DBH) of 2-year-old *Acacia* hybrid clones planted at L6 and Long-Or experimental plots, Chiang Mai province.

Clone	Height (m)		DBH (cm)	
	L6	Long-Or	L6	Long-Or
A1	10.5 ± 0.87^{aA}	9.7 ± 0.66^{aA}	8.2 ± 0.48^{aA}	7.1 ± 0.64^{aB}
A2	9.8 ± 0.67^{abcA}	9.9 ± 0.60^{aA}	7.2 ± 0.50^{bA}	7.1 ± 0.57^{aB}
A3	9.6 ± 0.94^{abcA}	9.6 ± 0.46^{aA}	7.4 ± 0.65^{bA}	7.7 ± 0.44^{aB}
A4	10.4 ± 0.60^{aA}	9.5 ± 0.31^{aA}	8.5 ± 0.44^{aA}	7.2 ± 0.29^{aB}
A5	9.9 ± 0.99^{abcA}	9.7 ± 0.39^{aA}	8.0 ± 0.98^{abA}	7.4 ± 0.72^{aB}
A6	10.5 ± 0.71^{aA}	9.8 ± 0.49^{aA}	8.6 ± 0.45^{aA}	7.3 ± 0.61^{aB}
A7	10.4 ± 1.30^{abA}	9.9 ± 0.39^{aA}	7.7 ± 1.06^{abA}	7.1 ± 0.27^{aB}
A8	9.5 ± 1.42^{bcA}	8.8 ± 0.25^{bA}	6.1 ± 0.60^{cA}	6.1 ± 0.62^{bB}
A9	9.0 ± 1.51^{cA}	8.5 ± 0.23^{bA}	6.4 ± 1.33^{cA}	5.9 ± 0.36^{bB}
A10	9.0 ± 0.31^{cA}	8.4 ± 0.35^{bA}	6.2 ± 0.63^{cA}	5.2 ± 0.29^{cB}
Mean	9.9	9.4	7.4	6.8
p-value				
Clone	0.000**		0.000**	
Site	0.168^{ns}		0.020*	
Clone x Site	0.387^{ns}		0.018*	

Remarks: ns = non significant ($p \geq 0.05$), * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, Height and DBH means followed by the same lower case letters are not significantly different among clones ($p \geq 0.05$) and the means followed by the same capital letters are not significantly different between sites ($p \geq 0.05$).

ลักษณะเชิงหน้าที่ของใบ

1. ค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะและปริมาณคลอโรฟิลล์

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพื้นที่ผิวใบเฉพาะและปริมาณคลอโรฟิลล์ของสายต้นทั้งหมดเมื่ออายุ 2 ปี ในแปลงทดลองบ่อ L6 พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.72 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม และ 0.61 มิลลิกรัมต่อตารางเดซิเมตร ตามลำดับ สายต้น A8, A2 และ A6 มีค่าเฉลี่ยของพื้นที่ผิวใบเฉพาะมากที่สุด ในขณะที่สายต้น A9 มีค่าเฉลี่ยของพื้นที่ผิวใบเฉพาะต่ำที่สุด ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์สายต้น A9 และ A10 มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด และสายต้น A6 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำที่สุด ขณะที่ค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะและปริมาณคลอโรฟิลล์ของสายต้นทั้งหมดในแปลงทดลองล้องอ้อ มีค่าเท่ากับ 21.98 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม และ 0.63 มิลลิกรัมต่อตารางเดซิเมตร ตามลำดับ โดยสายต้น A8 และ A3 มีค่าเฉลี่ยของพื้นที่ผิวใบเฉพาะมากที่สุด ขณะที่สายต้น A7 มีค่าเฉลี่ยพื้นที่ผิวใบเฉพาะต่ำที่สุด ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ สายต้น A8, A10 และ A9 มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด แต่สายต้น A1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำที่สุด (Table 2)

จากการเปรียบเทียบค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะและปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบระหว่างสายต้น พบว่าทั้งสองพื้นที่ เกือบทุกสายต้นกระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์มีค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะมากกว่าสายต้นลูกผสมกระถินณรงค์ ซึ่งใบของลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์มีลักษณะเป็นแผ่นใหญ่และบาง ทำให้มีค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะสูง และมีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่อพื้นที่ใบต่ำ ในทางตรงข้าม

ใบของกระถินณรงค์มีขนาดเล็ก ความหนาทำให้มีค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะน้อย และมีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่อพื้นที่ใบมากกว่า แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการเติบโตแล้ว พบว่าสายต้นกระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์นั้นมีการเติบโตที่ดีกว่า แสดงให้เห็นว่าใบที่บางนั้นมีค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะสูง และมีการเติบโตที่ดีกว่า ยกเว้นสายต้น A8 ที่มีค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะสูงในทั้งสองพื้นที่ แต่ก็มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงเช่นกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามโน้มแนวเหมือนสายต้นอื่น การที่ใบที่มีค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะสูงมีการเติบโตที่ดี อาจมาจากต้นทุนในการสร้างใบน้อย ทำให้ใช้ต้นทุนทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากใบที่มีลักษณะบางนั้น เป็นใบที่มีต้นทุนในการสร้างเนื้อเยื่อ (construct cost) และต้นทุนในการดูแลรักษาเนื้อเยื่อ (maintenance cost) ต่ำ เช่นเดียวกับที่พบในกระถินลูกผสมสายพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในประเทศออสเตรเลีย (Royampaeng, 2001) พรรณไม้ที่มีค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะสูงนั้นมักมีการเติบโตที่รวดเร็วเช่นเดียวกับการศึกษาของ Wu *et al*. (2012) และสาพิศ (2545) ยังพบว่าไม้กระถินลูกผสมนั้นมีค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะสูงกว่ากระถินเทพาและกระถินณรงค์ นอกจากนั้น งานวิจัยโดย Poorter and de Jong (1999) และ Royampaeng (2001) ชี้ให้เห็นว่าอัตราพื้นที่ผิวใบที่สูงโดยทั่วไปมักพบในไม้ที่มีการเติบโตรวดเร็ว ซึ่งเกิดจากการสร้างพื้นที่ผิวใบที่สูง

เมื่อเปรียบเทียบค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะและปริมาณคลอโรฟิลล์ระหว่างพื้นที่ พบว่า สายต้นลูกผสมในแปลงทดลองบ่อ L6 มีค่าเฉลี่ยพื้นที่ผิวใบเฉพาะมากกว่าขณะที่สายต้นในแปลงทดลองล้องอ้อมีค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่า ซึ่งการที่สายต้นลูกผสมในแปลงทดลองบ่อ L6 มีค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะมากกว่า อาจทำให้มีการเติบโตที่ดีกว่า จากเหตุผลที่กล่าวไว้ข้างต้น การศึกษาของ Royampaeng (2001) พบว่าพันธุกรรมของกระถินลูกผสมนั้นสามารถสร้างพื้นที่ผิวใบได้ดีกว่ากระถินณรงค์ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ทำให้มีการใช้ต้นทุนทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลของพื้นที่ (site) พบว่า อิทธิพลของพื้นที่นั้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ ($p \geq 0.05$) แต่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อพื้นที่ผิวใบเฉพาะ ($p < 0.05$) เช่นเดียวกับ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายต้นและพื้นที่ (clone x site interaction) พบว่า มีอิทธิพลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่มีอิทธิพลต่อค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 2)

Table 2 Specific leaf area (SLA) and phyllode chlorophyll content of *Acacia* hybrid clone planted at L6 and Long-Or experimental plots, Chiang Mai province.

clone	SLA (cm^2/g)		Chlorophyll (mg/dm^2)	
	L6	Long-Or	L6	Long-Or
A1	25.37 ± 2.54^{abA}	21.66 ± 3.55^{abcB}	0.67 ± 0.03^{bA}	0.36 ± 0.17^{cA}
A2	26.16 ± 1.60^{aA}	22.98 ± 4.21^{abB}	0.62 ± 0.03^{bA}	0.67 ± 0.02^{bcA}
A3	25.86 ± 3.51^{aA}	23.08 ± 2.03^{abB}	0.57 ± 0.03^{bcA}	0.60 ± 0.03^{bA}
A4	24.60 ± 2.60^{abA}	22.17 ± 3.39^{abcB}	0.59 ± 0.03^{bcA}	0.66 ± 0.03^{bcA}
A5	25.37 ± 2.61^{abA}	22.28 ± 2.38^{abcB}	0.57 ± 0.05^{bcA}	0.64 ± 0.02^{bcA}
A6	25.99 ± 0.82^{aA}	21.19 ± 3.03^{bcB}	0.54 ± 0.03^{cA}	0.61 ± 0.05^{bcA}
A7	24.30 ± 2.93^{abA}	19.05 ± 1.21^{cB}	0.59 ± 0.04^{bA}	0.64 ± 0.02^{bcA}
A8	27.25 ± 2.66^{aA}	24.76 ± 2.81^{aB}	0.58 ± 0.03^{bcA}	0.73 ± 0.22^{aA}
A9	20.27 ± 1.36^{cA}	21.14 ± 1.69^{bcB}	0.70 ± 0.06^{aA}	0.69 ± 0.03^{bcA}
A10	$22.50 \pm 3.15b^{cA}$	21.50 ± 2.04^{abcB}	0.67 ± 0.05^{aA}	0.71 ± 0.03^{bcA}
Mean	24.72	21.98	0.61	0.63
p-value				
Clone	0.000**		0.000**	
Site	0.005*		0.084^{ns}	
Clone x Site	0.000**		0.151^{ns}	

Remarks: ns = non significant ($p \geq 0.05$), * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, Height and DBH means followed by the same lower case letters are not significantly different among clones ($p \geq 0.05$) and the means followed by the same capital letters are not significantly different between sites ($p \geq 0.05$).

2. ปริมาณสารอาหารในใบ

จากการเปรียบเทียบปริมาณสารอาหารในใบของสายต้นต่างๆ ในแปลงทดลองบ่อ L6 พบว่า ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมของสายต้นทั้งหมดเมื่ออายุ 2 ปี มีค่าร้อยละ 2.823, 0.222, 1.414, 0.076 และ 0.144 ตามลำดับ โดยสายต้น A8 มีปริมาณสารอาหารในใบมากที่สุด ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมของสายต้นทั้งหมดในแปลงทดลองล้องอ้อมีค่าร้อยละ 2.534, 0.246, 1.164, 0.082 และ 0.163 ตามลำดับ โดยสายต้น A10 มีปริมาณสารอาหารในใบมากที่สุด จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างสายต้นของปริมาณสารอาหารต่างๆ ในใบ พบว่ามีเพียงปริมาณแมกนีเซียมในแปลงทดลองล้องอ้อและแคลเซียมในแปลงทดลองบ่อ L6 ที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Table 3 และ 4)

การเปรียบเทียบปริมาณสารอาหารในใบระหว่างประเภทของลูกผสมพบว่า ในทั้งสองแปลงทดลองสายต้นลูกผสมกระถินณรงค์มีแนวโน้มของปริมาณสารอาหารในใบสูงกว่าสายต้นกระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์ แต่กระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์กลับมีการเติบโตที่สูงกว่า อาจเป็นเพราะสายต้นลูกผสมกระถินณรงค์ใช้ต้นทุนทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพน้อยกว่า แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารอาหารในใบอาจไม่มีผลต่อขนาดต้น Prachaiyo and Tsutsumi (1989) พบว่า สารอาหารในใบนั้นได้อิทธิพลมาจากปัจจัยที่หลากหลายทั้งชนิด พันธุกรรม อายุของใบ และพื้นที่ใบส่วนปริมาณสารอาหารในใบนั้นสายต้นที่เป็นกระถินณรงค์นั้น

มีแนวโน้มของปริมาณสารอาหารสูงกว่าสายต้นที่เป็นกระถินลูกผสมในทั้งสองแปลงทดลองซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะหรือความหนาของใบอาจมีผลต่อความเข้มข้นของสารอาหาร

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลของพื้นที่ (site) พบว่าอิทธิพลของพื้นที่นั้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมในใบ ($p \geq 0.05$) แต่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณไนโตรเจนและแมกนีเซียมในใบ ($p < 0.05$) ในขณะที่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายต้นและพื้นที่ (clone x site interaction) พบว่ามีอิทธิพลต่อปริมาณสารอาหารในใบทั้งหมดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารอาหารในใบระหว่างพื้นที่พบว่า สายต้นลูกผสมในแปลงทดลองบ่อ L6 มีไนโตรเจนในใบมากกว่า สาเหตุสำคัญน่าจะมาจากความแตกต่างของสมบัติดินระหว่างสองพื้นที่ ซึ่งไนโตรเจนมีบทบาทที่สำคัญต่อการเติบโตและการผลิตอาหารของไม้สอดคล้องกับการศึกษาของปริชาติ (2541) ที่พบว่ากระถินณรงค์ที่มีไนโตรเจนในใบมากกว่าจะมีการเติบโตที่ดีกว่าต้นที่มีไนโตรเจนต่ำ ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่ต่ำอาจมีผลต่อกระบวนการสร้างอาหาร และส่งผลต่อการเติบโตของต้นไม้ทำให้มีการเติบโตลดลง ทั้งนี้ เนื่องจากไนโตรเจนในใบมีผลต่อการสังเคราะห์แสงในระดับเซลล์ด้วย

ในขณะที่ฟอสฟอรัสในใบของสายต้นลูกผสมที่ปลูกในแปลงทดลองบ่อ L6 มีน้อยกว่าแปลงทดลองล้องอ้อ ในดินทั่วๆ ไปมักมีปัญหาการขาดฟอสฟอรัส ปัญหานี้อาจรวมถึงดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus) สูงอยู่แล้ว เนื่องจากฟอสฟอรัสสามารถถูกตรึงหรือเปลี่ยนรูปได้ง่ายในดิน (Tisdale and Nelson, 1975) จากสภาพดินที่เป็นกรดรุนแรงของแปลงทดลองบ่อ L6 ทำให้ cation ถูกชะล้างได้ง่าย นอกจากนั้นลักษณะดินที่เป็นดินเหนียวทำให้ฟอสฟอรัสถูกตรึงด้วยอนุภาคของดินเหนียวด้วย ดังสาเหตุที่กล่าวมาจากข้อมูลดินของทั้งแปลงทดลองบ่อ L6 และแปลงทดลองล้องอ้อ จะเห็นว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์นั้นอยู่ในระดับที่สูงมาก สำหรับแปลงทดลองบ่อ L6 อาจมาจากลักษณะดินที่เป็นดินเหนียว ส่วนแปลงทดลองล้องอ้ออาจมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินก่อนหน้าที่อาจมีการใส่ปุ๋ยในพื้นที่

ด้านโพแทสเซียม สายต้นที่ปลูกในแปลงบ่อ L6 มีโพแทสเซียมในใบมากกว่าแปลงทดลองล้องอ้อ ดินในแปลงทดลองบ่อ L6 นั้นมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่าดินในแปลงทดลองล้องอ้อ เนื่องจากลักษณะดินในแปลงทดลองบ่อ L6 เป็นดินเหนียวซึ่งมักจะมีปริมาณของโพแทสเซียมมากกว่าดินร่วนปนทราย เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแมกนีเซียมและแคลเซียมในใบระหว่างสองแปลง พบว่าสายต้นที่ปลูกในแปลงทดลองล้องอ้อมีแมกนีเซียมและแคลเซียมในใบมากกว่าแปลงทดลองบ่อ L6 เนื่องจากดินของแปลงบ่อ L6 นั้นมีปริมาณของโพแทสเซียมในดินที่สูง ทำให้การเคลื่อนย้ายของแมกนีเซียมซึ่งมีภาวะปฏิปักษ์ (antigonism) กับโพแทสเซียม แอมโมเนียม แคลเซียม และแมงกานีสไอออนอย่างมาก ส่งผลให้การดูดซึมแมกนีเซียมลดลง ซึ่งมีผลทำให้ความเข้มข้นแมกนีเซียมในใบต่ำไปด้วย (Mengel and Kirkby, 2001)

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตและลักษณะเชิงหน้าที่บางประการของใบมีความแตกต่างขึ้นอยู่ปัจจัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ จึงควรศึกษาเพิ่มเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตและลักษณะเชิงหน้าที่ของใบ ซึ่งอาจนำมาประยุกต์ใช้ในการคัดเลือกสายต้นที่คาดว่าจะมีการเติบโตที่ดีได้จากศึกษาลักษณะเชิงหน้าที่บางประการของกล้าไม้ต่อไป

Table 3 Means of phyllode nitrogen, phosphorus and potassium of *Acacia* hybrid clones planted on L6 and Long-Or experimental plots, Chiang Mai province.

Clone	Total Nitrogen (%)		Phosphorus (%)		Potassium (%)	
	L6	Long-Or	L6	Long-Or	L6	Long-Or
A1	2.700 ± 0.12^{cdeA}	2.533 ± 0.35^{bcdB}	0.202 ± 0.01^{bA}	0.277 ± 0.04^{abcA}	1.465 ± 0.31^{abA}	1.247 ± 0.53^{abA}
A2	2.967 ± 0.13^{abcA}	2.343 ± 0.12^{dB}	0.218 ± 0.01^{abA}	0.239 ± 0.03^{dA}	1.555 ± 0.22^{abA}	1.097 ± 0.20^{abA}
A3	2.797 ± 0.19^{bcdeA}	2.430 ± 0.07^{cdB}	0.225 ± 0.01^{abA}	0.197 ± 0.02^{dA}	1.667 ± 0.25^{abA}	1.237 ± 0.59^{abA}
A4	2.620 ± 0.16^{deA}	2.470 ± 0.42^{cdB}	0.192 ± 0.02^{bA}	0.245 ± 0.02^{abcdA}	1.196 ± 0.23^{abA}	1.135 ± 0.43^{abA}
A5	2.853 ± 0.04^{bcdA}	2.317 ± 0.27^{dB}	0.226 ± 0.00^{abA}	0.255 ± 0.05^{abcdA}	1.526 ± 0.39^{abA}	1.075 ± 0.15^{abA}
A6	2.753 ± 0.21^{bcdeA}	2.350 ± 0.21^{dB}	0.199 ± 0.01^{bA}	0.201 ± 0.05^{cdA}	1.246 ± 0.10^{abA}	1.004 ± 0.40^{abA}
A7	2.803 ± 0.24^{bcdeA}	2.260 ± 0.11^{dB}	0.210 ± 0.01^{abA}	0.195 ± 0.02^{dA}	1.253 ± 0.21^{abA}	0.880 ± 0.20^{abA}
A8	3.203 ± 0.07^{aA}	2.860 ± 0.20^{abB}	0.253 ± 0.04^{aA}	0.237 ± 0.02^{bcdA}	1.738 ± 0.13^{aA}	1.404 ± 0.19^{aA}
A9	2.523 ± 0.35^{eA}	2.737 ± 0.17^{abcB}	0.251 ± 0.02^{aA}	0.319 ± 0.09^{aA}	1.067 ± 0.55^{bA}	1.136 ± 0.24^{abA}
A10	3.007 ± 0.26^{abA}	3.047 ± 0.12^{aB}	0.246 ± 0.04^{aA}	0.297 ± 0.02^{abA}	1.422 ± 0.31^{abA}	1.422 ± 0.21^{aA}
Mean	2.823	2.534	0.222	0.246	1.414	1.164
p-value						
Clone	0.060^{ns}		0.281^{ns}		0.798^{ns}	
Site	0.013*		0.065^{ns}		0.085^{ns}	
Clone x Site	0.457^{ns}		0.475^{ns}		0.623^{ns}	

Remarks: ns = non significant ($p \geq 0.05$), * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, Height and DBH means followed by the same lower case letters are not significantly different among clones ($p \geq 0.05$) and the means followed by the same capital letters are not significantly different between sites ($p \geq 0.05$).

Table 4 Means of phyllode magnesium and calcium of *Acacia* hybrid clones on L6 and Long-Or experimental plots, Chiang Mai province.

Clone	Magnesium (%)		Calcium (%)	
	L6	Long-Or	L6	Long-Or
A1	0.127 ± 0.19^{bcA}	0.148 ± 0.03^{aB}	0.087 ± 0.19^{aA}	0.091 ± 0.03^{abA}
A2	0.135 ± 0.17^{bcA}	0.182 ± 0.01^{aB}	0.053 ± 0.00^{aA}	0.092 ± 0.02^{abA}
A3	0.111 ± 0.02^{cA}	0.159 ± 0.05^{aB}	0.076 ± 0.02^{aA}	0.088 ± 0.03^{abA}
A4	0.127 ± 0.02^{bcA}	0.159 ± 0.05^{aB}	0.081 ± 0.02^{aA}	0.053 ± 0.04^{bA}
A5	0.130 ± 0.02^{bcA}	0.157 ± 0.04^{aB}	0.069 ± 0.03^{aA}	0.085 ± 0.01^{abA}
A6	0.160 ± 0.00^{abA}	0.158 ± 0.02^{aB}	0.068 ± 0.01^{aA}	0.088 ± 0.03^{abA}
A7	0.160 ± 0.01^{abA}	0.178 ± 0.00^{aB}	0.093 ± 0.01^{aA}	0.106 ± 0.01^{aA}
A8	0.183 ± 0.02^{bcA}	0.156 ± 0.02^{aB}	0.053 ± 0.00^{aA}	0.056 ± 0.01^{abA}
A9	0.194 ± 0.06^{aA}	0.157 ± 0.02^{aB}	0.087 ± 0.06^{aA}	0.065 ± 0.04^{abA}
A10	0.115 ± 0.11^{bcA}	0.182 ± 0.02^{aB}	0.099 ± 0.03^{aA}	0.099 ± 0.00^{abA}
Mean	0.144	0.163	0.076	0.082
Clone	0.035*		0.814 ns	
Site	0.041*		0.283 ns	
Clone x Site	0.524 ns		0.763 ns	

Remarks: ns = non significant ($p \geq 0.05$), * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, Height and DBH means followed by the same lower case letters are not significantly different among clones ($p \geq 0.05$) and the means followed by the same capital letters are not significantly different between sites ($p \geq 0.05$).

สรุป

จากการศึกษาการแปรผันระหว่างสายต้นของการเติบโตของกระถินลูกผสมที่อายุ 2 ปี ที่ปลูกในแปลงทดลองบ่อ L6 และแปลงทดลองล้องอ้อพบว่ามีความแตกต่างระหว่างสายต้น โดยสายต้นกระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์มีการเติบโตดีกว่าลูกผสมกระถินณรงค์ในทั้งสองพื้นที่ ในขณะที่สายต้นกระถินลูกผสมที่ปลูกในแปลงทดลองบ่อ L6 มีการเติบโตดีกว่าในแปลงทดลองล้องอ้อ ทั้งนี้สายต้น A1, A4, A6 และ A7 เป็นสายต้นที่โดดเด่นในแปลงทดลองบ่อ L6 และสายต้น A1 ถึง A7 เติบโตได้ดีในแปลงทดลองล้องอ้อจึงควรเลือกสายต้นที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่ในการส่งเสริมต่อไป

สายต้นกระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์มีค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะสูงกว่า แสดงให้เห็นว่าค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะนั้นมีผลต่อการเติบโต เนื่องจากมีต้นทุนในการสร้างใบน้อย ทำให้ใช้ต้นทุนทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ใบของลูกผสมกระถินณรงค์มีปริมาณคลอโรฟิลล์และสารอาหารในใบมากกว่าจากการเปรียบเทียบการเติบโตและลักษณะเชิงหน้าที่ของใบที่ปลูกในสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกัน พบว่า สายต้นที่ปลูกในแปลงทดลองบ่อ L6 มีการเติบโตดีกว่าและมีค่าพื้นที่ผิวใบเฉพาะ ปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมในใบมากกว่าแปลงล้องอ้อ ขณะที่สายต้นในแปลงล้องอ้อนั้นมีปริมาณคลอโรฟิลล์ ฟอสฟอรัส แมกนีเซียมและแคลเซียมในใบมากกว่าดังนั้น จึงควรศึกษาเพิ่มเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตและลักษณะเชิงหน้าที่ของใบ ซึ่งอาจนำมาประยุกต์ใช้ในการคัดเลือกสายต้นที่คาดว่าจะมีการเติบโตที่ดีได้จากการศึกษาลักษณะเชิงหน้าที่บางประการของใบตั้งแต่ระยะกล้าไม้เป็นต้นไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

คณะวนศาสตร์. 2552. **โครงการส่งเสริมปลูกต้นไม้เพื่อเป็นทุนระยะยาว**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2554. **คู่มือศักยภาพของพรรณไม้สำหรับส่งเสริมภายใต้โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้.** อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

จิรนิติ เชิงสะอาด, รุ่งเรือง พูลศิริ และสาพิศ ดิลกสัมพัทธ์. 2559. การเติบโต มวลชีวภาพ และปริมาณสารอาหารของสายต้นไม้อะเคเซียลูกผสมในจังหวัดสระแก้ว. **วารสารวนศาสตร์** 35 (2): 54-65.

ปริชาติ โรจนเมธากุล. 2541. **ความผันแปรของการเติบโต ปริมาณไนโตรเจนในใบ และ Stomatal Conductance ของไม้กระถินณรงค์จากต่างถิ่นกำเนิด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สาพิศ ร้อยอำแพง. 2545. การเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาของลูกผสมไม้กระถินณรงค์และกระถินเทพา, น. 370-382 *ใน* **รายงานสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 7 "วนวัฒนวิทยาเพื่อพัฒนาสวนป่าเศรษฐกิจ"**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง. 2545. การปรับปรุงพันธุ์ไม้อะเคเซียเพื่อการปลูกป่าเศรษฐกิจ, น.1-10 *ใน* **รายงานสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 7 "วนวัฒนวิทยาเพื่อพัฒนาสวนป่าเศรษฐกิจ"**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Diloksumpun, S., J. Wongprom and S. A-kakhun. 2016. Growth and phyllode functional trais of acacia hybrid clones planted on a post mining rehabilitation site in southern Thailand, pp. 98-112. *In* J. C. Fernandez, D. Wulandari and E. K. Damayanti, eds. **Proceedings of 2nd International Conference on Tropical Biology 'Ecological Restoration in Southeast Asia; Challenges, Gains and Future Directions'**. Seameo Regional Centre for Tropical Biology, Bogor.

Kha, L.D. 1995. **Studies on the Use of Natural Hybrids between *A. mangium* and *A. auriculiformis* in Vietnam**. Agriculture Publishing House, Hanoi.

Megel, K. and E.A. Kirkby. 2001. **Principles of Plant Nutrition**. 5th ed. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Poorter, H. and R. de Jong. 1999. A Comparison of specific leaf area, chemical composition and leaf construction costs of field plants from 15 habitats differing in productivity. **New Phytologist** 143: 163-176.

Prachaiyo, B. and T. Tsutsumi. 1989. On the nutrient content of trees of dry evergreen forest in northeastern Thailand. **Thai Journal of Forestry** 8: 227-236.

Royampaeng, S. 2001. **Physiology of Intraspecific and Interspecific Hybrids of *Acacia auriculiformis* A. Cunn.E Benth**. Ph.D. Thesis, Northern Territory University.

Schneider, C.A., W.S. Rasband and K.W. Eliceiri. 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. **Nature Methods** 9: 671–675.

Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1975. **Soil Fertility and Fertilizers**. Macmillan Publishing Co., Inc., New York.

Wu, T.G., M.K. Yu, G.G. Wang, Y. Dong and X.R. Cheng. 2012. Leaf nitrogen and phosphorus stoichiometry across forty-two woody species in southeast China. **Biochemical Systematics and Ecology** 44: 255-263.

นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ไฟป่า และความถี่ของไฟป่า ต่อการเกิดเห็ดเผาะในป่าเต็งรัง ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี

The Impacts of Climate Change, Forest Fire and Forest Fire Frequency on Barometer Earthstar (*Astraeus* sp.) Production in Dry Dipterocarp Forest at Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Uthai Thani Province

สุนันทา วิสิทธิพานิช[1*]
สุดชาย วิสิทธิพานิช[2]
กิตติมา ด้วงแค[1]
สิริรัตน์ จันทร์มหเสถียร[1]

Sunanta Wisittipanich[1*]
Sudchai Wisittipanich[2]
Kittima Duengkae[1]
Sirirat Janmahasatien[1]

[1]ส่วนวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Forest Conservation Research Division, Forest and Plant Conservation Research Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[2]ส่วนควบคุมไฟป่า สำนักป้องกัน ปราบปราม และควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Control Forest Fires Division, Forest Protection and Fire Control Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[*]Corresponding Author, E-mail: swisittipanich48@gmail.com

รับต้นฉบับ 21 มีนาคม 2561 รับลงพิมพ์ 26 เมษายน 2561

ABSTRACT

The study of the impacts of climate change, forest fire and forest fire frequency on barometer earthstar (*Astraeus* sp.) production in dry dipterocarp forest at Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Uthai Thani province, Thailand used climate data from the area and established ten permanent plots of 100m × 100m (1-ha) size of each in dry dipterocarp forest. Those plots were treated every year with different fire frequencies for 9 years, from 2008 to 2016. Data of mushroom production were observed between 2015 and 2016 and collected from April to June. In mushroom production's daily, the plot divided from 100m × 100m plot to 100 plots of 10m × 10m size for collecting the data of occupying coordinate and total weight. Then, number of mushroom, mean of mushroom size and mean of mushroom weight were used from random 4 replications of 100 g from each plot. Moreover, analysis of variance was used to relate statistical analysis of mushroom's total weight and fire frequency. The study indicated that climate affected barometer earthstar yield more than forest fire, due to in 2015 had El Niño phenomenon that there were no mushrooms production in all plots. The production had only in 2016, was the highest in biannual burn plots (5,719 g/ha) and followed by 1-year alternate burn plots (4,081 g/ha), every

6-years burn plot (3,919 g/ha) and the lowest in annual burn plots (3,700 g/ha) but there were no yield in no burn plots. Anyway, there were no significant effect of mushroom's total weight and fire frequency. In addition, the knowledge gained from this study could be used to promote public awareness of the impacts of climate change and forest fire that will affect mushrooms as a source of income. The suitable file frequency to increase barometer earthstar yield and sustain dry dipterocarp forest regeneration was biannual fire.

Keywords: Climate change, Forest fire, *Astraeus* sp., Dry dipterocarp forest, Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary

บทคัดย่อ

การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ไฟป่า และความถี่ของไฟป่าต่อการเกิดเห็ดเผาะในป่าเต็งรัง ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศในพื้นที่ และทำการทดลองในแปลงทดลองถาวรขนาด 100x100 ตารางเมตร (1 เฮกตาร์) จำนวน 10 แปลง ที่มีการควบคุมป้องกันไฟและเผาที่ความถี่แตกต่างกันในช่วง พ.ศ. 2551-2559 สำรวจการเกิดเห็ดเผาะช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2558-2559 โดยทำการแบ่งแปลงตัวอย่างแต่ละแปลงออกเป็นแปลงย่อยขนาด 10×10 ตารางเมตร จำนวน 100 แปลงย่อย เมื่อพบเห็ดเผาะในแต่ละวัน จะทำการวัดพิกัดและชั่งน้ำหนักเห็ดในแปลงย่อย แล้วนำไปหาน้ำหนักรวมของดอกเห็ดในแปลงขนาด 100×100 ตารางเมตรทุกแปลง จากนั้นสุ่มตัวอย่างเห็ดประมาณ 100 กรัม จำนวน 4 ซ้ำ จากทุกแปลง ชั่งน้ำหนักจริง นับจำนวนดอกเห็ด และวัดขนาดดอกเห็ดเพื่อหาค่าเฉลี่ยของขนาดและน้ำหนักต่อดอก และคำนวณหาจำนวนดอกเห็ดทั้งหมด และหาความสัมพันธ์ของน้ำหนักเห็ดเผาะกับความถี่ของไฟป่าที่แตกต่างกันโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ผลการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศมีผลกระทบต่อการเกิดเห็ดเผาะมากกว่าไฟป่า ซึ่งใน พ.ศ. 2558 มีปรากฏการณ์เอลนีโญ ไม่พบการเกิดของเห็ดเผาะ แต่ใน พ.ศ. 2559 ซึ่งเป็นปีที่มีสภาพอากาศปกติจะพบว่ามีการเกิดของเห็ดเผาะในแปลงเผาทุกแปลง โดยแปลงทดลองที่มีการเผาทุก 2 ปี ให้ผลผลิตเห็ดเผาะมากที่สุด คือ 5,719 กรัม/เฮกตาร์ ตามมาด้วยแปลงเผาปีเว้นปี แปลงเผาทุก 6 ปี และเผาทุกปี ที่มีน้ำหนักของเห็ดเผาะ 4,081, 3,919 และ 3,700 กรัม/เฮกตาร์ ตามลำดับ และไม่พบดอกเห็ดในแปลงที่ไม่เผา อย่างไรก็ตามไม่พบความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างน้ำหนักเห็ดเผาะกับความถี่ของการเกิดไฟ ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปปรับใช้ในการประชาสัมพันธ์ให้ชุมชนเข้าใจถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ และการเกิดไฟป่า ที่ส่งผลต่อเห็ดเผาะที่เป็นแหล่งรายได้ที่สำคัญ โดยความถี่ของไฟที่เหมาะสมต่อการส่งเสริมผลผลิตของเห็ดเผาะและรักษาเสถียรภาพของป่าเต็งรังคือความถี่ไฟทุก 2 ปี

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ไฟป่า เห็ดเผาะ ป่าเต็งรัง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

คำนำ

ในปัจจุบันนี้สภาพภูมิอากาศของโลกเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้เกิดความรุนแรงทางปรากฏการณ์ธรรมชาติมากขึ้น เช่น ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น พายุถี่ขึ้น ความแห้งแล้ง อุทกภัยบ่อยครั้ง รวมทั้งไฟป่ารุนแรงขึ้น (Amedie, 2013) สาเหตุส่วนใหญ่มาจากฝีมือมนุษย์ เช่น การตัดไม้ การเผาป่า การปล่อยของเสีย เป็นต้น ซึ่งเหตุการณ์เหล่านี้ล้วนส่งผลกระทบรุนแรงต่อระบบนิเวศโดยตรง ทั้งจุลินทรีย์ เห็ด รา สาหร่าย

พืช หรือสัตว์ (Bellard *et al*., 2012; The Convention on Biological Diversity, 2007)

ในประเทศไทยไฟป่าเกิดขึ้นจากฝีมือมนุษย์ ในช่วงฤดูแล้งในป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง (Goldammer, 2000) ข้อดีของไฟป่าคือช่วยกำจัดวัชพืช ปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ช่วยย่อยสลายซากพืช และทำให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุอาหารเร็วขึ้น แต่มีข้อเสียคือทำให้ต้นไม้ใหญ่เติบโตช้าลง เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินเพิ่มขึ้น และต้นไม้พื้นล่างตาย แต่ถือว่าไฟป่าเกิดขึ้นปกติเพื่อรักษาสภาพป่าให้อยู่รอด เมื่อใดที่ไม่มีไฟป่ายาวนานจะส่งผลให้สภาพป่าเปลี่ยนไป ซึ่งถ้ามีไฟป่ามากไปบริเวณนั้นก็อาจกลายเป็นทุ่งหญ้าได้ แต่ในปัจจุบันนี้มนุษย์มีการใช้ประโยชน์จากป่าโดยการเก็บของป่ามากขึ้นจึงก่อให้เกิดไฟป่าในระดับที่ไม่เหมาะสมตามธรรมชาติตามมาโดยเฉพาะในป่าเต็งรัง (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, ม.ป.ป.; Hirschberger, 2016) ซึ่งมนุษย์เข้าใจว่าการเผาป่าทำให้เกิดการแตกยอดใบอ่อนของพันธุ์ไม้ป่าที่เป็นพืชอาหาร และกระตุ้นให้เกิดเห็ดป่าเพิ่มขึ้น (จักรวรรดิ, 2551) จากเหตุดังกล่าวจึงส่งผลกระทบโดยตรงต่อระบบนิเวศของป่า ทั้งจุลินทรีย์ เห็ด รา สาหร่าย พืช และสัตว์ (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2001)

เห็ดเผาะ, เห็ดถอบ, เห็ดเผาะฝ้าย หรือเห็ดเหียง (*Astraeus* spp.) เดิมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Astraeus hygrometricus* (Pers.) Morgan (ราชบัณฑิตสภา, 2550; Petcharat, 2003; Phosri *et al*., 2004; Chandrasrikul *et al*., 2011) แต่จากการศึกษาของ Phosri *et al.* (2013) พบว่า *A. hygrometricus* ประกอบด้วยเห็ดเผาะหลายสายพันธุ์ จัดอยู่ในวงศ์ Astraeaceae เป็นราชนิดหนึ่งที่มีเส้นใยรวมกันเป็นกลุ่มก้อนเกิดเป็นดอก เป็นก้อนกลมสีขาวหม่น ขนาด 1.5-3.5 เซนติเมตร ภายในเป็นถุงที่บรรจุผงสปอร์ เมื่อดอกแก่มีขนาดใหญ่และโผล่บนดิน เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เมื่อถึงระยะกระจายสปอร์ดอกจะบานเป็นแฉกรูปดาว 6-8 แฉก ถุงภายในจะแตกออกเป็นรูให้สปอร์ฟุ้งกระจายออกและปลิวลงบนดิน เพื่อพักตัวในฤดูแล้งก่อนจะงอกได้อีกครั้งก็ต่อเมื่อมีฝนตกลงมาและมีแสงสว่างอย่างเพียงพอ ในช่วงต้นฤดูฝนช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน เห็ดเผาะมีเขตการกระจายในเขตร้อนและเขตอบอุ่นทั่วโลก และในประเทศไทยในทุกภาคยกเว้นภาคใต้ เห็ดเผาะดำรงชีวิตเป็นเอคโตไมคอไรซาที่พึ่งพาอาศัยกับรากไม้วงศ์ยาง เช่น เต็ง รัง ยางนา เป็นต้น ซึ่งพบไม้เหล่านี้ได้ในป่าเต็งรัง และป่าเต็งรังผสมไม้สนเขา (ราชบัณฑิตสภา, 2550; อุทัยวรรณ, 2552; นายเกษตรอินทรีย์, 2559; Petcharat, 2003; Phosri *et al*., 2004) เห็ดเผาะในป่าเต็งรังนี้จึงมีความสัมพันธ์ไปในทางบวกกับปริมาณฝนและไฟป่าที่เกิดขึ้น เพราะไฟป่าทำให้ไม้ชั้นล่างตายลง และแสงสว่างสามารถส่องถึงพื้นได้ อีกทั้งยังช่วยหมุนเวียนและย่อยสลายแร่ธาตุในดินให้มากขึ้น และเมื่อมีฝนตกสปอร์จะงอกเป็นดอกเห็ดเผาะตามมา (จักรวรรดิ, 2551; จันจิรา และคณะ, 2560) จากการที่เห็ดเผาะเป็นที่นิยมในการบริโภคของคนไทยเป็นอย่างมากจึงมีมูลค่าสูงถึง 600 บาทต่อกิโลกรัม ทำรายได้เชิงเศรษฐกิจแก่ชุมชนชาวบ้าน (นายเกษตรอินทรีย์, 2559; Petcharat, 2003) เห็ดเผาะในปัจจุบันจึงได้รับผลกระทบทั้งจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของโลก และการถูกรบกวนจากมนุษย์โดยการเผาป่ามากเกินไป ซึ่งมาจากความเข้าใจที่ว่าการเผาป่ากระตุ้นการเกิดของเห็ดเผาะ (จักรวรรดิ, 2551; Kennedy, 2014)

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี เป็นมรดกโลกทางธรรมชาติของประเทศไทยที่มีความหลากหลายของชนิด จำนวนพันธุ์พืช และสัตว์ป่าเป็นจำนวนมาก มีเนื้อที่ 1,737,587 ไร่ และเป็นป่าเต็งรัง 214,531.25 ไร่ (12.35 เปอร์เซ็นต์) (กรกนก, 2542) ที่มีความสูงจากน้ำทะเลปานกลาง 400-600 เมตร พื้นดินแห้งแล้ง ตื้น ทรายจัด และหินผสมอยู่มาก มีพันธุ์ไม้เด่น ได้แก่ เต็ง รัง ยางเหียง และยางพลวง (กรกนก, 2542; ศิริ และคณะ, 2547) ป่าเต็งรังที่นี่มัก

เกิดไฟป่าระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายนของทุกปี (วรพรรณ และสันต์, 2551) และยังมีไฟป่าเกิดเพิ่มในพื้นที่ที่มีการหาของป่าและที่มีเห็ดเผาะจำนวนมาก เนื่องจากเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งอนุญาตให้ชุมชนโดยรอบพื้นที่สามารถเข้าเก็บหาของป่าได้ในบริเวณแนวกันชน ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ไฟป่า และความถี่ของไฟป่าต่อการเกิดเห็ดเผาะในป่าเต็งรังที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง เพื่อที่จะทราบผลกระทบต่อการเกิดของเห็ดเผาะในพื้นที่

อุปกรณ์ และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ดำเนินการศึกษาในพื้นที่ป่าเต็งรัง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี (เส้นละติจูดที่ 4°46'44"N-4°46'55"N เส้นลองจิจูดที่ 109°57'45"E-109°56'53"E) ช่วงปี พ.ศ. 2551-2559 บริเวณป่าที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 180-200 เมตร สภาพดินประกอบด้วยดินร่วนปนทราย ถึง ดินทรายร่วน สลับกับมีหินโผล่ ซึ่งเป็นต้นน้ำของห้วยทับเสลา และเป็นสังคมป่าเต็งรังที่มีไม้เต็งกับไม้รังเป็นไม้เด่น (สุนันทา และคณะ, 2551)

การวางแปลงทดลอง

ทำการศึกษาในแปลงทดลองถาวรในป่าเต็งรัง ขนาด 100×100 ตารางเมตร (ขนาดแปลงละ 6.25 ไร่) จำนวน 10 แปลง มีแนวกันชน 10 เมตร และแนวกันไฟ 10 เมตร มีการป้องกันไฟและทดลองเผาที่ความถี่ของไฟต่างกัน ในเดือนมีนาคมของทุกๆ ปี ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2551-2559 ดัง Figure 1

Plot	Year								
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
D1		■		▒	■		■		■
D2	■	■	■	▒	■	■	■	■	■
D3		■		▒					■
D4		■		▒	■		■		■
D5				▒			■		
D6	■	■	■	▒	■	■	■	■	■
D7				▒	■				
D8			■	▒		■			■
D9				▒	■				
D10									

■ burn plot
▒ no burn in plot because the high rainfall due to La Niña phenomenon
□ no burn in plot

Figure 1 Forest fire control in different burn frequency history from 2008 to 2016 of ten permanent plots at Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary.

การเก็บข้อมูลลักษณะอากาศ

ประสานขอข้อมูลอากาศเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี ปี พ.ศ. 2550-2559 ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนรวมรายเดือน (มิลลิเมตร) และอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน (องศาเซลเซียส) จากศูนย์วิจัยไฟป่าห้วยขาแข้ง สำนักป้องกัน ปราบปราม และควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช นำไปสร้างกราฟแสดงแผนภูมิอากาศ (climatic diagram) ตามวิธีการของ Walter (1955)

การเก็บข้อมูลเห็ดเผาะ

ทำการเก็บข้อมูลเห็ดเผาะระหว่างปี พ.ศ. 2558-2559 โดยเริ่มติดตามการเกิดเห็ดเผาะตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนกรกฎาคมของทุกปี ทำการแบ่งแต่ละ

แปลงออกเป็นแปลงย่อย และทำการเก็บข้อมูลการเกิดของเห็ดเผาในแต่ละวันของแต่ละแปลง ดังต่อไปนี้

1. แบ่งแปลงขนาด 100×100 ตารางเมตร เป็นแปลงย่อยขนาด 10×10 ตารางเมตร จำนวน 100 แปลง เพื่อทำแผนที่บริเวณที่พบและเก็บเห็ดเผา วัดพิกัด (X, Y) บริเวณที่พบเห็ดเผาโดยอ้างอิงพิกัดของไม้ยืนต้นในแปลงทดลอง จากนั้นจะรวมชั่งน้ำหนักของดอกเห็ดที่เกิดในแต่ละแปลงย่อย แล้วรวมข้อมูลให้เป็นแปลงใหญ่เป็นรายแปลงและรายวัน จากนั้นสุ่มดอกเห็ดแปลงละประมาณ 100 กรัม จำนวน 4 ซ้ำ เพื่อชั่งหาน้ำหนักโดยละเอียด นับจำนวน วัดขนาดเฉลี่ย และหาน้ำหนักของดอกเห็ดเฉลี่ย (ถ้าตัวอย่างของดอกเห็ดในแต่ละแปลงมีน้ำหนักน้อยกว่า 100 กรัม ให้นับและวัดขนาดของดอกเห็ดทั้งหมดที่เก็บได้) แล้วนำข้อมูลเหล่านี้ของแต่ละวันต่อแปลงมารวมทั้งหมดในช่วงที่พบดอกเห็ด เพื่อนำข้อมูลมาสร้างตารางของการเกิดดอกเห็ด เปรียบเทียบเป็นรายวันและรายแปลง

2. แบ่งแปลงขนาด 100×100 ตารางเมตร เป็นแปลงขนาด 50×50 ตารางเมตร จำนวน 4 แปลง หาน้ำหนักของดอกเห็ดในแต่ละแปลงย่อย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลในทางสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาผลกระทบของการเผาและความถี่ของการเผาต่อการเกิดเห็ดเผา โดยใช้ข้อมูลน้ำหนักของดอกเห็ดแต่ละแปลงที่แบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 50×50 ตารางเมตร จำนวน 4 แปลงย่อย เป็นจำนวนซ้ำต่อแปลงทดลอง และมี 5 ทรีตเมนท์ คือ แปลงทดลองกันไฟจำนวน 4 แปลง (D5, D7, D9, D10) รวมเป็น 16 ซ้ำ แปลงทดลองเผาทุกปีจำนวน 2 แปลง (D2, D6) รวมเป็น 8 ซ้ำ แปลงทดลองเผาปีเว้นปีจำนวน 2 แปลง (D1, D4) รวมเป็น 8 ซ้ำ แปลงทดลองเผาทุกสองปีจำนวน 1 แปลง (D8) รวมเป็น 4 ซ้ำ และแปลงทดลองเผาทุก 6 ปีจำนวน 1 แปลง (D3) รวมเป็น 4 ซ้ำ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการเผาและความถี่ของเผาต่อการเกิดเห็ดเผาในแต่ละแปลงที่มีระดับความถี่ของการเกิดไฟต่างกัน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และจัดกลุ่มเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Fisher's Least Significant Difference (LSD) โดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลและวิจารณ์

ลักษณะภูมิอากาศต่อการเกิดของเห็ดเผา

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรวมและอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนของศูนย์วิจัยไฟป่าห้วยขาแข้ง ระหว่างปี พ.ศ. 2550-2557, ปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ.2559 แสดงใน Table 1 และเมื่อนำข้อมูลสภาพอากาศจาก Table 1 มาสร้างแผนภาพภูมิอากาศ (climatic diagram) ตามวิธีการของ Walter (1955) แสดงให้เห็นปริมาณน้ำฝนรวมรายเดือนและอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2550-2557, ปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ.2559 ใน Figure 2 ซึ่งพบว่าระหว่างปี พ.ศ. 2550-2557 มีปริมาณน้ำฝนรวมเฉลี่ย 1,548.64 มิลลิเมตร/ปี มีช่วงฝนทิ้งช่วงเฉลี่ย 4 เดือน/ปี ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม และมีช่วงที่ฝนตกมากกว่า 100 มิลลิเมตร ต่อเนื่องกันเฉลี่ย 5 เดือน/ปี ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และมีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.53 องศาเซลเซียส ส่วนในปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณน้ำฝนรวม 1,425.25 มิลลิเมตร ขณะที่ในปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณน้ำฝนรวม 1,822.83 มิลลิเมตร ซึ่งมีความแตกต่างของปริมาณน้ำฝนรวมในปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2559 อยู่ 397.58 มิลลิเมตร ขณะที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2558 และ 2559 ใกล้เคียงกัน คือ 28.44 และ 28.43 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

Table 1 Averages of monthly rainfall (mm) and monthly air temperature (°C) in 2007-2014, 2015 and 2016 at Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary.

Average of monthly rainfall (mm)				Average of monthly temperature (°C)			
Month	Year			Month	Year		
	Average in 2007-2014	2015	2016		Average in 2007-2014	2015	2016
January	15.87	32.70	25.00	January	24.06	23.52	25.35
February	32.19	44.20	1.40	February	27.05	27.14	26.76
March	74.46	96.20	57.00	March	28.99	29.77	30.83
April	74.49	118.40	44.00	April	30.79	30.98	33.67
May	226.26	62.00	208.00	May	29.73	31.43	31.94
June	156.92	127.40	168.00	June	28.67	30.44	28.88
July	131.45	60.70	203.50	July	28.22	30.12	28.35
August	196.10	156.28	208.57	August	27.92	28.74	28.69
September	303.19	401.17	324.66	September	27.62	28.08	27.73
October	282.68	290.10	505.10	October	26.83	27.19	27.44
November	51.98	25.60	73.10	November	25.95	27.6	26.53
December	3.05	10.50	4.50	December	24.54	26.25	24.93
Total	**1,548.64**	**1,425.25**	**1,822.83**	**Average**	**27.53**	**28.44**	**28.43**

Source: Huai Kha Khaeng Fire Research Center, Forest Protection and Fire Control Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation

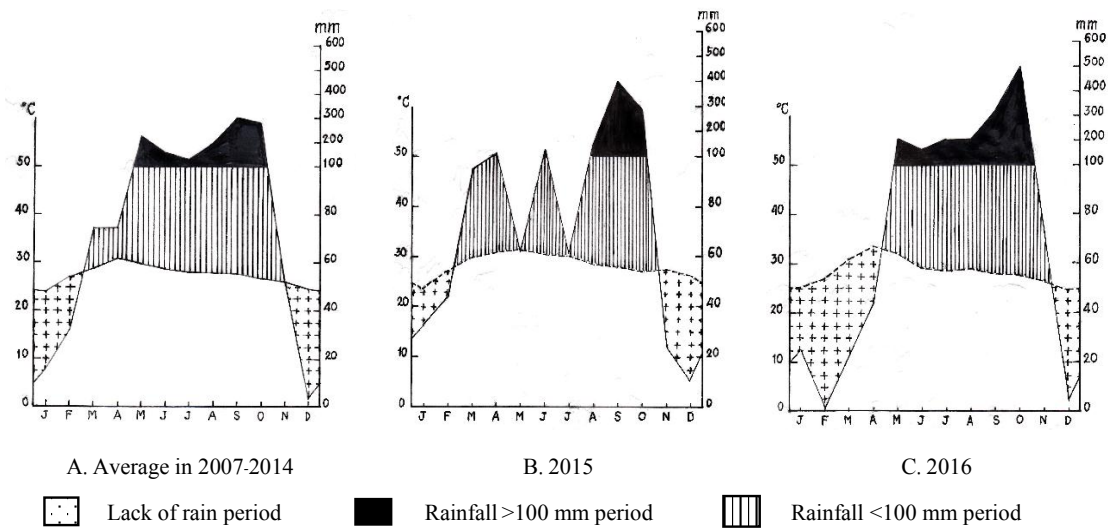


Figure 2 Climatic diagram (by Walter (1955) method) showed monthly mean air temperature, °C (_____) and monthly accumulated rainfall, mm (_____) of A. average in 2007-2014, B. 2015 and C. 2016 at Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary.

ในปี พ.ศ. 2558 เป็นปีที่มีปรากฏการณ์เอลนีโญ (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน), 2561; Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2018) และจากแผนภาพภูมิอากาศในปี พ.ศ. 2558 (Table 1; Figure 2 (B)) มีปริมาณฝนตกรวมน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของข้อมูล ในปี พ.ศ. 2550-2557 (Table 1; Figure 2 (A)) เพียงเล็กน้อย และมีช่วงของการขาดฝนเพียงช่วงสั้นๆ แต่มีปริมาณการตกของฝนไม่ต่อเนื่องในฤดูฝน โดยมีช่วงที่ปริมาณฝนตกมากกกว่า 100 มิลลิเมตร/เดือน อย่างต่อเนื่องเพียง 2 เดือน/ปี ระหว่างเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม ขณะที่ในปี พ.ศ. 2559 (Table 1; Figure 2 (C)) ซึ่งเป็นปีที่มีสภาพอากาศปกติ พบว่า มีช่วงเวลาของการขาดฝนที่ยาวนานกว่า ปี พ.ศ. 2558 แต่มีการตกของฝนต่อเนื่องมากกว่าปี พ.ศ. 2558 คือ มีช่วงฝนตกมากกกว่า 100 มิลลิเมตร/เดือน อย่างต่อเนื่อง 5 เดือน/ปี ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม สอดคล้องกับข้อมูลอากาศเฉลี่ยในช่วงปี พ.ศ. 2550-2557 ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง (Table 1; Figure 2 (A)) ที่มีสภาพอากาศตามปกติจะมีฤดูกาลที่ชัดเจน คือมีช่วงขาดฝนยาวนาน และมีช่วงฝนตกที่มีปริมาณมากกว่า 100 มิลลิเมตร/เดือน อย่างต่อเนื่องในฤดูฝน

ผลการทดลองในปี พ.ศ. 2558 ซึ่งมีกำหนดการเผา จำนวน 2 แปลง คือ แปลง D2 และ D6 ส่วนแปลงทดลองที่เหลือเป็นแปลงกันไฟทั้งหมด (Figure 1) แต่เนื่องจากปรากฏการณ์เอลนีโญ เกิดความแห้งแล้งยาวนานและมีฝนทิ้งช่วงนานผิดปกติ (มีช่วงฝนตกปริมาณมากกว่า 100 มิลลิเมตร/เดือน อย่างต่อเนื่องเพียง 2 เดือน) ทำให้ไม่พบเห็ดเผาทั้งในแปลงทดลองเผาและกันไฟ ส่วนการทดลองในปี พ.ศ. 2559 ซึ่งมีกำหนดการเผาในแปลงทดลองจำนวน 6 แปลง คือแปลง D1, D2, D3, D4, D6 และ D8 และมีกำหนดการป้องกันไฟไว้จำนวน 4 แปลง คือ แปลง D5, D7, D9 และ D10 (Figure 1) พบว่ามีการเกิดเห็ดเผาะเฉพาะในแปลงทดลองเผาเท่านั้น และไม่พบเห็ดเผาะในแปลงป้องกันไฟทุกแปลง ซึ่งปี พ.ศ. 2559 เป็นปีที่มีสภาพอากาศปกติ (มีช่วงฝนตกปริมาณมากกว่า 100 มิลลิเมตร/เดือน อย่างต่อเนื่องเพียง 5 เดือน) จากผลการศึกษาสามารถกล่าวได้ว่าผลของปรากฏการณ์เอลนีโญที่มีสภาวะแห้งแล้งและมีฝนตกทิ้งช่วงมากกว่าเกณฑ์ปกติ ส่งผลกระทบต่อการเกิดของเห็ดเผาะโดยตรงมากกว่าการเผาป่าหรือไฟป่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kennedy (2012, 2014) ซึ่งจากการสังเกตในพื้นที่จริงพบว่าหากปริมาณฝนที่ตกน้อยหรือตกเพียงระยะเวลาสั้นๆ น้ำฝนที่ผิวดินจะแห้งไปอย่างรวดเร็วเพราะอากาศที่ร้อนจัด ดังนั้นปริมาณน้ำฝนที่จะทำให้ดินอุ้มความชื้นไว้ได้ จะต้องเป็นฝนที่ตกในปริมาณมากพอและตกอย่างต่อเนื่อง

ลักษณะการเกิดเห็ดเผาะในแปลงทดลองที่มีความถี่ของไฟต่างกัน

ผลการศึกษาการเกิดเห็ดเผาะในแปลงทดลองที่มีความถี่ของการเกิดไฟต่างกันระหว่างปี พ.ศ. 2558-2559 พบการเกิดเห็ดเผาะเฉพาะในปี พ.ศ. 2559 ในแปลงทดลองเผาจำนวน 6 แปลง คือ D1, D2, D3, D4, D6 และ D8 เท่านั้น ซึ่งข้อมูลสรุปลักษณะการเกิดของเห็ดเผาะได้แสดงใน Table 2 และ Figure 3

Table 2 The summary data of barometer earthstar collection in 2016 with different burn frequencies at Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary.

Burn frequency (Plot no.)	Total weight, number, mean weight and mean size of barometer earthstar	Collection date of barometer earthstar											Mean	Total
		21/5/16	22/5/16	23/5/16	24/5/16	25/5/16	26/5/16	27/5/16	28/5/16	30/5/16	8/6/16	9/6/16		
0 (D2) 0 = annual burn	Total weight (kg/hectare)	0	0.130	0.105	0.470	0.230	0	1.755	0.155	0.050	0.360	0.115		**3.370**
	Number of mushroom/ hectare	0	54	44	157	117	0	589	57	21	130	44		**1,212**
	Mean weight/mushroom (g)	0	2.40	2.40	3.00	1.97	0	2.98	2.74	2.38	2.76	2.62	**2.58**	
	Mean size/mushroom (mm)	0	16.86	16.04	16.40	16.53	0	17.10	16.33	15.48	16.64	17.73	**16.57**	
0 (D6) 0 = annual burn	Total weight (kg/hectare)	0	0.270	0.320	1.575	0.135	0.905	0.075	0.055	0.155	0.265	0.270	-	**4.025**
	Number of mushroom/ hectare	0	68	74	560	39	285	27	22	49	95	88	-	**1,306**
	Mean weight/mushroom (g)	0	4.00	4.35	2.81	3.43	3.17	2.83	2.50	3.18	2.79	3.08	**3.21**	-
	Mean size/mushroom (mm)	0	19.71	20.60	17.31	18.43	16.99	16.29	16.87	18.36	17.29	17.06	**17.89**	-
1 (D1) 1 = 1-year alternate burn	Total weight (kg/hectare)	0	0.013	0.001	0.003	0.001	0.875	0.170	0.830	0.080	0.600	0.205	-	**2.778**
	Number of mushroom/ hectare	0	7	1	2	1	342	84	332	39	196	69	-	**1,073**
	Mean weight/mushroom (g)	0	1.86	1.00	1.50	1.00	2.56	2.03	2.50	2.05	3.06	2.96	**2.05**	-
	Mean size/mushroom (mm)	0	10.16	9.21	10.97	11.74	16.71	14.89	16.17	15.30	17.88	17.41	**14.04**	-
1 (D4) 1 = 1-year alternate burn	Total weight (kg/hectare)	0	0	0.010	0.290	0.455	2.550	1.065	0.500	0.165	0.125	0.220	-	**5.380**
	Number of mushroom/ hectare	0	0	6	86	164	699	337	161	69	44	85	-	**1,651**
	Mean weight/mushroom (g)	0	0	1.67	3.39	2.78	3.65	3.16	3.10	2.38	2.83	2.59	**2.84**	-
	Mean size/mushroom (mm)	0	0	18.33	18.30	11.99	18.45	17.29	18.28	16.70	17.51	17.41	**17.14**	-
2 (D8) 2 = biannual burn	Total weight (kg/hectare)	0.140	0.060	0.120	2.275	1.395	0.275	0.045	0.515	0.165	0.500	0.230	-	**5.719**
	Number of mushroom/ hectare	56	18	29	910	465	98	26	175	58	167	69	-	**2,070**
	Mean weight/mushroom (g)	2.50	3.33	4.17	2.50	3.00	2.81	1.74	2.95	2.83	3.00	3.33	**2.92**	-
	Mean size/mushroom (mm)	16.70	16.34	19.54	16.03	17.36	16.61	14.29	18.34	17.71	17.82	18.17	**17.17**	-
6 (D3) 6 = every 6 years burn	Total weight (kg/hectare)	0	0	0.005	0.240	0.340	1.045	0.900	0.500	0.340	0.185	0.365	-	**3.919**
	Number of mushroom/ hectare	0	0	3	68	86	314	335	152	106	61	128	-	**1,252**
	Mean weight/mushroom (g)	0	0	1.67	3.55	3.97	3.33	2.69	3.28	3.20	3.04	2.86	**3.07**	-
	Mean size/mushroom (mm)	0	0	15.68	18.25	19.05	17.95	16.47	17.67	17.95	17.85	16.90	**17.53**	-

Remark: In May 31-June 7, 2016, there were no barometer earthstar collecting due to a few of mushroom.

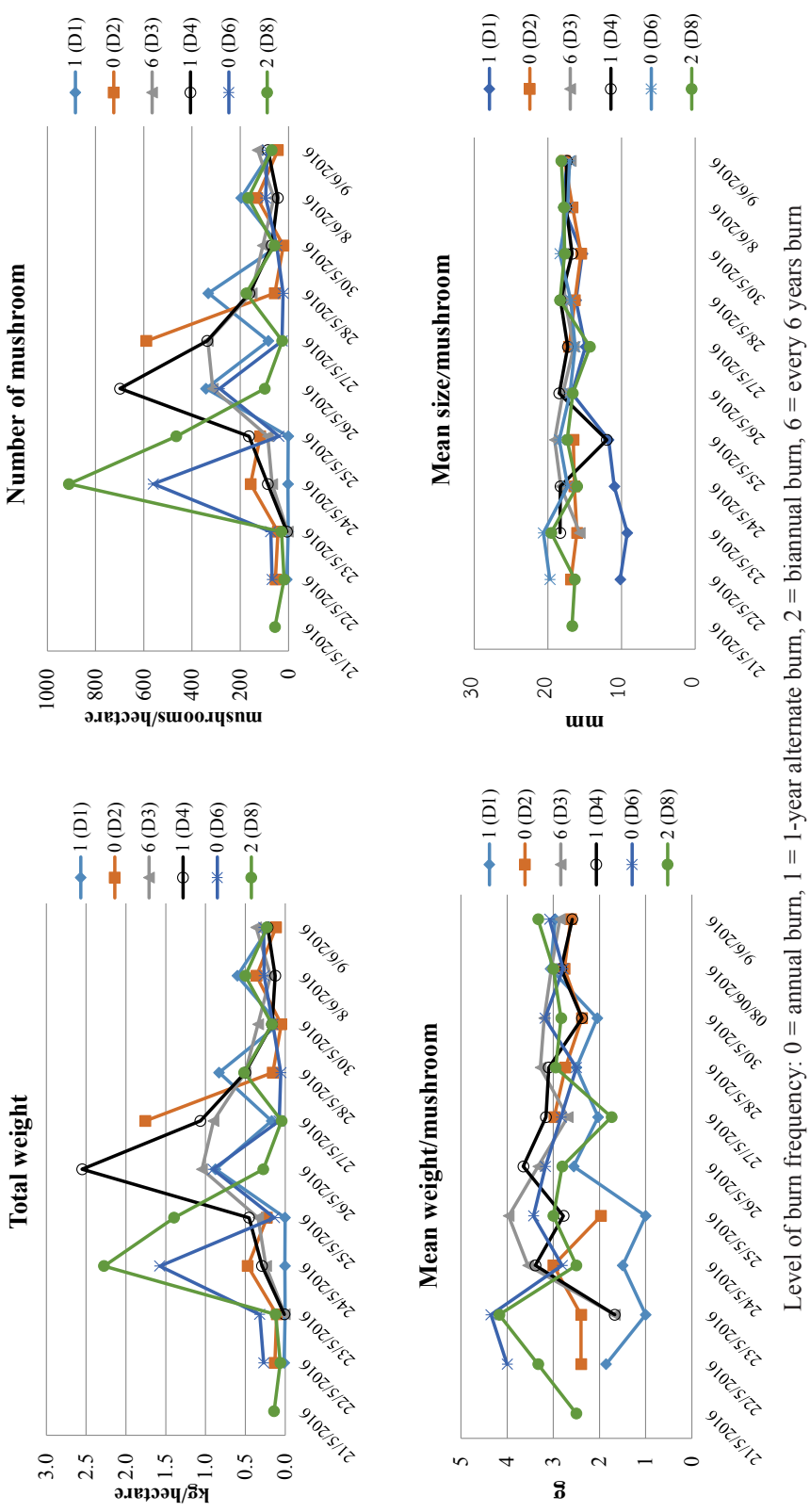


Figure 3 Trend of total weight (kg/hectare), number of mushroom/hectare, mean of mushroom weight (g) and mean of mushroom size (mm) per day of different burn frequency plot in 2016 at Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary.

ในทุกแปลงทดลองเผาพบว่ามีการเกิดเห็ดเผาระหว่างวันที่ 21 พฤษภาคม ถึง 9 มิถุนายน พ.ศ. 2559 (ไม่มีการเก็บข้อมูลในวันที่ 31 พฤษภาคม ถึง 8 มิถุนายน เนื่องจากพบการเกิดดอกเห็ดน้อยมาก) และการเกิดเห็ดเผาในแปลงทดลองต่างๆ จะเกิดไม่พร้อมกัน และไม่สัมพันธ์กับความถี่ของการเกิดไฟ คือ พบการปรากฏของเห็ดเผาต่างกัน 1-3 วัน โดยมีระยะการพบดอกเห็ดประมาณ 19 วัน (Table 2; Figure 3)

ผลการศึกษาพบว่าแปลงทดลองเผาทุก 2 ปี (D8) ให้ผลผลิตเห็ดเผารวมมากที่สุด คือ 5.719 กิโลกรัม/เฮกตาร์ รองลงมาคือ แปลงทดลองเผาปีเว้นปี (D1, D4) เฉลี่ย 4.081 กิโลกรัม/เฮกตาร์ แปลงทดลองเผาทุก 6 ปี (D3) 3.919 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ขณะที่แปลงทดลองเผาทุกปี (D2, D6) จะมีผลผลิตต่ำสุดเฉลี่ย 3.700 กิโลกรัม/เฮกตาร์ โดยมีน้ำหนักของดอกเห็ดรวมระหว่าง 2.780-5.720 กิโลกรัม/เฮกตาร์ และพบว่าจำนวนดอกเห็ดรวมในแต่ละแปลงมีความสอดคล้องกับน้ำหนักของดอกเห็ดรวม คือ เมื่อน้ำหนักเห็ดเพิ่มขึ้นจะมีจำนวนดอกเห็ดเพิ่มขึ้นด้วย โดยมีจำนวนดอกเห็ดรวมระหว่าง 1,073-2,070 ดอก/เฮกตาร์ น้ำหนักเห็ดเผาเฉลี่ยระหว่าง 2.05-3.21 กรัม/ดอก และมีขนาดของดอกเห็ดเฉลี่ยระหว่าง 14.04-7.53 มิลลิเมตร (Table 2; Figure 3)

ผลการศึกษายังพบว่าน้ำหนักของดอกเห็ดจะมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงในลักษณะเดียวกับขนาดของดอกเห็ด คือช่วงแรกจะมีน้ำหนักต่างๆ กัน แต่เมื่อถึงปลายฤดู จะมีน้ำหนักใกล้เคียงกันคือ 2.5-3.5 กรัม/ดอก และพบว่าขนาดของดอกเห็ดในช่วงแรกมีขนาดเฉลี่ยต่างๆ กัน ตั้งแต่ 1-2 เซนติเมตร ขณะที่ปลายฤดูขนาดเฉลี่ยของดอกเห็ดจะใกล้เคียงกันคือประมาณ 1.7 เซนติเมตร (Table 2; Figure 3) และพบว่ามีน้ำหนัก จำนวน และขนาดของดอกเห็ดเพิ่มมากขึ้นหลังการพบในวันที่ 4 ของการปรากฏดอกเห็ดครั้งแรก โดยมีน้ำหนักของดอกเห็ดมากกว่า 1 กิโลกรัม/เฮกตาร์ มีจำนวนดอกเห็ดมากกว่า 200 ดอก/เฮกตาร์ และมีขนาดดอกเห็ดเฉลี่ยมากกว่า 17 มิลลิเมตร หลังจากนั้นในวันที่ 8 ของการปรากฏของดอกเห็ดครั้งแรก น้ำหนัก จำนวน และขนาดเฉลี่ยดอกเห็ดลดน้อยกว่า 1 กิโลกรัม/เฮกตาร์, 200 ดอก/เฮกตาร์ และ 17 มิลลิเมตรตามลำดับ (Table 2; Figure 3)

การที่ไม่พบเห็ดเผาในแปลงป้องกันไฟ เนื่องจากพื้นดินในแปลงป้องกันไฟจะถูกซากพืชปกคลุมอยู่เกือบตลอดปี ขณะที่แปลงที่ถูกเผา ไฟจะทำให้ไม้ชั้นล่างตายลง เผาซากพืชหน้าดิน และทำให้แสงสว่างสามารถส่องถึงพื้นได้ อีกทั้งยังช่วยหมุนเวียนและย่อยสลายแร่ธาตุในดินให้มากขึ้นและเร็วขึ้น และเมื่อมีฝนตกสปอร์จะงอกเป็นดอกเห็ดเผาตามมา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ จักรวรรดิ (2551), จันจิรา และคณะ (2560) และKennedy (2014)

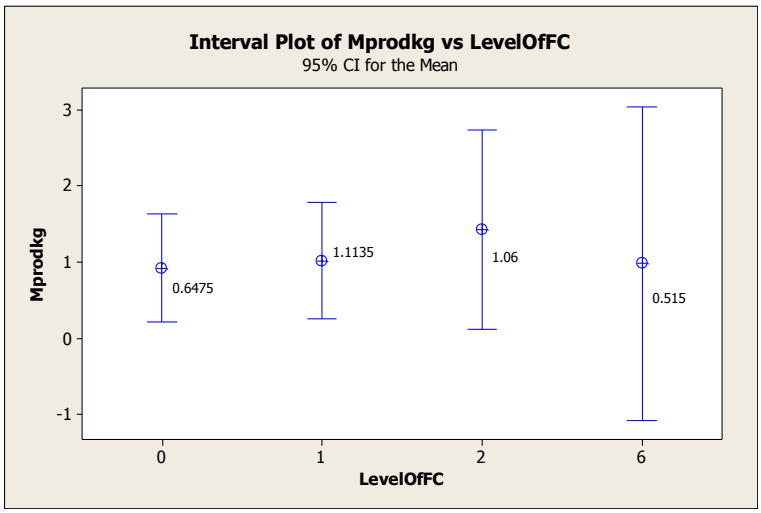
ความสัมพันธ์ของการเกิดเห็ดเผาและความถี่ของการเกิดไฟป่า

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของน้ำหนักเห็ดเผาและระดับความถี่ของการเผา แสดงดังใน Table 3 พบว่าในแปลงทดลองที่ไม่เผามีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเห็ดจะเท่ากับ 0 หรือไม่พบเห็ด และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักเห็ดเผาในแปลงทดลองเผาที่มีความถี่ต่างกัน พบว่าแปลงทดลองไม่เผาและแปลงทดลองเผาจะมีผลผลิตหรือน้ำหนักของเห็ดเผาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าแปลงทดลองเผาที่มีความถี่ของไฟต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตหรือน้ำหนักของเห็ดเผาแต่อย่างใด (Table 3) ซึ่งอาจเกิดเพราะมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลกระทบต่อน้ำหนักของเห็ดเผามากกว่าความถี่ของไฟที่จำเป็นต้องทำการศึกษาต่อไป

Table 3 Mean weight of mushrooms in 50m × 50m plot of different burn frequencies in 2016 at Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary.

Burn frequency (plot no.)	Mean of weight in each sub-plots, separated by coordinated of x, y (meter)				Mean±SD
	I (x≤50, y≤50)	II (x≤50,y>50)	III (x>50,y≤50)	IV (x>50,y>50)	
No burn (D5, D7, D9, D10)	0	0	0	0	0a
Annual burn (D2)	2.075	0.605	0	0.690	0.924±0.844b
Annual burn (D6)	0.505	2.390	0.380	0.750	
1-year Alternate burn (D1)	0.035	1.257	0.145	1.341	1.020±0.909b
1-year Alternate burn (D4)	0.970	0	2.070	2.340	
Biannual burn (D8)	1.150	2.655	0.970	0.945	1.430±0.822b
Every 6 years burn (D3)	0.090	2.825	0.065	0.940	0.980±1.295b
F-test					**5.55***

Remarks: Mean values within a column followed by the same letter are not significantly different at the 95% level of confidence by Fisher's Least Significant Difference (LSD) Test;
* = Significantly different ($p < 0.05$)



Level of burn frequency
0 = annual burn
1 = 1-year alternate burn
2 = biannual burn
6 = every 6 years burn

Figure 4 Confidence Interval Plot of mushroom weight of 50×50-Sq.m. plot in different burn frequency in 2016 at Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary.

นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของเห็ดเผาะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับของการควบคุมไฟ (Figure 4) คือ เผาทุกปี (ระดับการควบคุมไฟ เท่ากับ 0 ปี), เผาปีเว้นปี (ระดับของการควบคุมไฟเท่ากับ 1 ปี) และเผาทุก 2 ปี (ระดับของการควบคุมไฟเท่ากับ 2 ปี) และลดลงที่ระดับของการควบคุมไฟที่เผาทุก 6 ปี (ระดับของการควบคุมไฟเท่ากับ 6 ปี) แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าช่วงความเชื่อมั่นของการกระจายของปริมาณผลผลิตเห็ดที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากระดับการควบคุมไฟ 0 ปี, 1 ปี, 2 ปี และ 6 ปี ตามลำดับ โดยในแปลง D8

ที่มีการกันไฟไว้ 6 ปีก่อนเผา ที่แม้จะมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเห็ดเผาะเกือบต่ำที่สุด แต่น้ำหนักของเห็ดเผาะที่เก็บได้จากแปลง D8 แปลง ในซ้ำที่ 2 กลับมีค่าสูงสุด คือ 2.825 กิโลกรัม/เฮกตาร์ มากกว่าน้ำหนักของเห็ดเผาะที่เก็บจากแปลงตัวอย่างทุกระดับความถี่ของการเกิดไฟ (Table 3)

เห็ดเผาะในป่าเต็งรังมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับไฟป่า โดยการเกิดไฟแต่ละครั้งจะทำให้ไม้พื้นล่างและซากพืชที่ปกคลุมผิวดินถูกกำจัดหรือถูกไฟเผาจนหมดไป และหลังการเกิดไฟจะทำให้มีการหมุนเวียนธาตุอาหารเร็วขึ้นและเพิ่มขึ้น (จักรวรรดิ, 2551; จันจิรา และคณะ, 2560 และ Kennedy, 2014) แต่การเกิดไฟที่มีความถี่มากเกินไปไม่เหมาะต่อการสืบต่อพันธุ์ของกล้าไม้ในป่าเต็งรัง ซึ่งสันต์ และคณะ (2534) ได้รายงานไว้ว่าการเกิดไฟป่าที่มีความถี่มากเกินไป จะเป็นผลเสียต่อสภาพการเจริญทดแทนตามธรรมชาติ (natural regeneration) ของป่าเต็งรัง ทำให้สภาพป่าเสื่อมโทรม ไม่มีกล้าไม้เจริญทดแทน ดังนั้นเพื่อความเหมาะสมในการจัดการให้ป่ามีสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเกิดเห็ดเผาะและไม่ทำให้ป่าเต็งรังเสื่อมโทรม ควรใช้การควบคุมไฟแบบเผาทุก 2 ปี

จากการทดลองนี้ที่กระทำในป่าเต็งรังตามธรรมชาติอันมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ชนิดและความหนาแน่นของต้นไม้ ปริมาณของซากพืชปกคลุมดิน ความเข้มแสง และการปลดปล่อยธาตุอาหารหลังการเกิดไฟ รวมถึงลักษณะการใช้ประโยชน์พื้นที่ของสัตว์ป่า เป็นต้น ที่อาจมีอิทธิพลต่อการเกิดเห็ดเผาะซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไป และการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศควรมีการวางแผนงานอย่างต่อเนื่องในระยะยาว แม้ว่าการทดลองในครั้งนี้จะพบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและไฟป่ามีผลกระทบต่อการเกิดเห็ดเผาะอย่างชัดเจน แต่ระยะเวลา 2 ปี ยังถือว่าเป็นเวลาน้อยมาก หากมีการเก็บข้อมูลต่อเนื่อง โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2560 ที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา ทำให้มีสภาพอากาศที่มีความชื้นมากผิดปกติ (จากการสังเกตพบว่ามีเห็ดเผาะในท้องตลาดน้อยมาก) และถ้าสามารถเก็บข้อมูลเห็ดเผาะในปีที่มีสภาพอากาศแตกต่างกันเพิ่มขึ้น จะทำให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนขึ้น ซึ่งจากค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของเห็ดเผาะจากแปลงทดลองที่ทำการเผาทุกแปลงในการทดลองครั้งนี้คือ 4.199 กิโลกรัม/เฮกตาร์ และจากข้อมูลพื้นที่ป่าเต็งรังในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งมีทั้งสิ้น 34,291.4 เฮกตาร์ และสมมุติให้มีการเกิดไฟไหม้ป่าเต็งรัง 50-100 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลผลิตของเห็ดเผาะในราว 71,995-143,990 กิโลกรัม ซึ่งหากคิดราคาขายเป็นเงินประมาณ 200 บาท/กิโลกรัม จะเป็นมูลค่าของเห็ดเผาะในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งในราวปีละ 14,399,000-28,798,000 บาท/ปี จึงสมควรยิ่งที่จะป้องกันการเกิดของไฟป่าให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อไป

สรุป

ปรากฏการณ์เอลนีโญ ใน ปี พ.ศ.2558 ไม่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนรวมบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง แตกต่างจากค่าเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ.2550-2557 และปี พ.ศ.2559 แต่ทำให้มีการตกของฝนทิ้งช่วงโดยมีปริมาณฝนที่ตกมากกว่า 100 มิลลิเมตร อย่างต่อเนื่องเพียง 2 เดือน (ขณะที่ในปีปกติจะมีมีปริมาณฝนที่ตกมากกว่า 100 มิลลิเมตร อย่างต่อเนื่องถึง 5 เดือน) และมีอิทธิพลต่อการเกิดของเห็ดเผาะ จึงทำให้พบเห็ดเผาะเฉพาะในปี พ.ศ.2559 ซึ่งเป็นปีที่มีฤดูกาลชัดเจน และพบเห็ดเผาะในแปลงทดลองที่ถูกเผาเท่านั้น มีระยะเวลาในการพบดอกเห็ด 19 วัน โดยแปลงทดลองเผาทุก 2 ปี จะให้ผลผลิตของเห็ดเผาะมากที่สุด ขณะที่แปลงทดลองเผาทุกปี จะให้ผลผลิตเห็ดเผาะต่ำสุด มีน้ำหนักเห็ดเผาะรวม 2.78-5.72 กิโลกรัม/เฮกตาร์ มีจำนวนดอกเห็ดรวม 1,073-2,070 ดอก/เฮกตาร์ มีน้ำหนัก

เฉลี่ย 2.05-3.21 กรัม/ดอก และมีขนาดดอกเห็ดเฉลี่ย 14.04-17.53 มิลลิเมตร น้ำหนักและจำนวนของดอกเห็ดมากขึ้นหลังจากการพบในวันที่ 4 และลดลงในวันที่ 8 สำหรับน้ำหนักของเห็ดเผาะจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับของการควบคุมไฟ ซึ่งความรู้ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปปรับใช้ในการประชาสัมพันธ์ให้ชุมชนเข้าใจถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากปรากฏการณ์เอลนีโญ ไฟป่า และความถี่ของการเกิดไฟป่า ที่จะส่งผลต่อเห็ดเผาะที่เป็นแหล่งรายได้สำคัญ เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศและไฟป่าที่มีต่อการเกิดเห็ดเผาะมากขึ้นต่อไป สำหรับระดับการควบคุมไฟที่เหมาะสมต่อผลผลิตของเห็ดเผาะและรักษาเสถียรภาพของป่าเต็งรังคือการเผาทุก 2 ปี

คำนิยม

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.สมบูรณ์ กีรติประยูร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) และหน่วยงานของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช คือ ส่วนวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช, ส่วนควบคุมไฟป่า สำนักป้องกัน ปราบปรามและควบคุมไฟป่า และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง สำนักอนุรักษ์สัตว์ป่า

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรกนก วชิโรภาสนันท์. 2542. **การกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดไฟป่า บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. ม.ป.ป. **ไฟแล้งและไฟป่า**. กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย, กรุงเทพฯ

จักรวรรดิ ศุภวัฒน์วิโรจน์. 2551. **ปัจจัยเชิงนิเวศไฟป่า และภูมิปัญญาท้องถิ่นต่อการเกิดดอกเห็ดเผาะ ในตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จันจิรา อายะวงศ์, วินันท์ดา หิมะมาน, กิตติมา ด้วงแค, บารมี สกลรักษ์ และกฤษณา พงษ์พานิช. 2560. **การศึกษานิเวศวิทยา การกระจายพันธุ์ และการทดสอบคุณลักษณะไมคอไรซาของเห็ดเผาะ**. แหล่งที่มา: http://www.portal.dnp.go.th/DNP/FileSystem/download?uuid=44e3f5e0-a68f-4a04-beca-529cd16421be.pdf, 27 กุมภาพันธ์ 2561.

นายเกษตรอินทรีย์. 2559. **เห็ดป่าหายาก เพาะง่าย ขายคล่อง**. สำนักพิมพ์ปัญญาชน, กรุงเทพฯ

ราชบัณฑิตยสภา. 2550. **เห็ดในประเทศไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ราชบัณฑิตยสภา, กรุงเทพฯ

วรพรรณ หิมพานต์ และสันต์ เกตุปราณีต. 2551. ผลของไฟต่อพืชพรรณในป่าเต็งรังในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี. **วารสารวนศาสตร์** 27 (1): 43-55.

ศิริ อัคคะอัคร, ไกรสร วิริยะ, ธนวัฒน์ ทองตัน และประยูรยงค์ หนูไชยา. 2547. **รายงานวิจัยลักษณะเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง**. สำนักป้องกันปราบปรามและควบคุมไฟป่า, กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน). 2561. **บันทึกเหตุการณ์ภัยแล้ง ปี 2558/2559**. แหล่งที่มา: http://www.thaiwater.net/current/2016/drought59/body.html, 4 มีนาคม 2661.

สันต์ เกตุปราณีต, นิพนธ์ ตั้งธรรม, สุวิทย์ แสงทองพราว, ปรีชา ธรรมานนท์, นริศ ภูมิภาคพันธ์ และศิริ อัคคะอัคร. 2534. **รายงานฉบับสมบูรณ์เรื่องไฟป่าและผลกระทบต่อระบบป่าไม้**

ในประเทศไทย เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุนันทา วิสิทธิพานิช, วงศกร ไม้คู่, ปัญจรัตน์ จินตนา และสุดชาย วิสิทธิพานิช. 2551. **รายงานผลงานวิจัยในปีแรก: ผลกระทบของสภาวะภัยแล้งและไฟป่าต่อนิเวศวิทยาของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง**. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

อุทัยวรรณ แสงวณิช. 2552. ความหลากหลายของเห็ดเอคโตไมคอร์ไรซา, น. 46-52. *ใน* **รายงานการประชุม เรื่อง การจัดทำทะเบียนรายการชนิดเห็ดในประเทศไทย**. 12 กุมภาพันธ์ 2552. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

Amedie, F.A. 2013. **Impacts of Climate Change on Plant Growth, Ecosystem Services, Biodiversity and Potential Adaptation Measures**. M. S. Thesis, University of Gothenburg, Sweden.

Bellard, C., C. Bertelsmeier, P. Leadley, W. Thuiller and F. Courchamp. 2012. Impacts of climate change on the future of biodiversity. **Ecology Letters** 2012: 1-16.

Chandrasrikul, A., P. Suwanarit, U. Sangwanit, S. Lumyong, A. Payapanon, N. Sanoamuang, C. Pukahuta, V. Petcharat, U. Sardsud, K. Duengkae, U. Klinhom, S. Thongkantha and S. Thongklam. 2011. **Checklist of Mushrooms (Basidiomycetes) in Thailand**. Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning [ONEP], Bangkok.

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. 2018. **El Niño in Asia: Prolonged Dry Weather in Several Countries Affecting Plantings and Yield Potential of the 2015 Main Season Food Crops**. Available Source: http://www.fao.org/3/a-I4829E.pdf, March 4, 2018.

Goldammer, J.G. 2000. Wildfires and forest development in tropical and subtropical Asia: outlook for the year 2000, pp. 164–176. *In* **the Proceeding of Symposium on Wildland Fire 2000**. April 27–30, 2000, South Lake, Tahoe, California.

Hirschberger, P. 2016. **Forests Ablaze: Causes and Effects of Global Forest Fires**. World Wildlife Fund [WWF] Deutschland, Berlin.

Kennedy, H.K. 2012. Fire and the production of *Astraeus odoratus* (Basidiomycetes) sporocarps in deciduous dipterocarp-oak forests of northern Thailand. **Maejo International Journal of Science and Technology** 6 (3): 483–504.

_____. 2014. **Effect of Fire on the Production of *Astraeus* (Basidiomycetes) Sporocarps in Deciduous Dipterocarp-Oak Forests**. M. S. Thesis, Chiang Mai University.

Petcharat, V. 2003. Edible *Astraeus* (Basidiomycota) from Thailand. **Nordic Journal of Botany** 23: 499-503.

Phosri, C., R. Watling, M.P. Martín and A.J. S. Whalley. 2004. The genus *Astraeus* in Thailand. **Mycotaxon** 89 (2): 453-463.

Phosri, C., M.P. Martín and R. Watling. 2013. *Astraeus*: hidden dimensions. **IMA Fungus** 4 (2): 347–356.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2001. **Impacts of Human-Caused Fires on Biodiversity and Ecosystem Functioning, and Their Causes in Tropical, Temperate and Boreal Forest Biomes**. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montréal, Québec. Canada.

The Convention on Biological Diversity. 2007. **Biodiversity and Climate Change**. United Nations Environment Programme [UNEP], Nairobi, Kenya.

Walter, H. 1955. Die Klima-Diagramme als Mittel zur Beurteilung der Klimaverhtltnisse fur kologische, vegetationskundliche und landwirtschaftliche Zwecke. **Berichte Der Deutschen Botanischen Gesellschaft** 68: 321-344.

นิพนธ์ต้นฉบับ

การใช้ประโยชน์พรรณพืชของชาวไทลื้อ ในป่าชุมชนบ้านทาป่าเปา อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน

Plants Utilization of Tai Lue at Bann Tapapao Community Forest Mae Tha District, Lamphun Province

สุธีระ เหิมฮึก[1*]
วิชญ์ภาส สังพาลี[1]
จุฑามาศ อาจนาเสียว[1]
นัยนา โปธาวงค์[2]
เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง[2]

Sutheera Hermhuk[1*]
Witchaphart Sungpalee[1]
Chuthamat Atnaseo[1]
Naiyana Pothawong[2]
Kriangsak Sri-Ngernyuang[2]

[1]คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290
Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand
[2]คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290
Faculty of Architecture and Environmental Design, Maejo University, Chiang Mai 50200, Thailand
[*]Corresponding Author, E-mail: h.sutheera@gmail.com

รับต้นฉบับ 10 ตุลาคม 2560 รับลงพิมพ์ 20 พฤศจิกายน 2560

ABSTRACT

The objective of this study was to learn different aspects of the Tai Lue culture, particularly those related to ethnobotanical knowledge of the Tai Lue community. A 100 m × 100 m permanent plot covering deciduous dipterocarp forest and mixed deciduous forest was set up within the Ta Pa Pao community forest Mae Tha district, Lumphun province. Information on all plant species and their uses were recorded and focus groups were selected for an interview in 2015. It was found that the Tai Lue people preferred to set up a community close to a river with access to agricultural land and forest. There were 158 species, 104 genera, and 65 families of plants were found. Among these, 112 species, 85 genera, and 42 families had ethnobotanical implications. Out of 7 categories of usage, construction and fuel wood category was the most common for the total of 59 species were used such as *Cratoxylum cochinchinense, Gluta usitata* and *Dendrocalamus membranaceus* and local wisdom on ethnobotany is transferred from the old generation to new generation for instant how to was ethnobotany handbook. The Ta Pa Pao community forest could still provide sufficient plant resources for people in the village due to the imposition of systematic rules on access and utilization of forest resources.

Keywords: Plants Utilization, Tai Lue, Community forest, Ta Pa Pao village, Ethnobotany

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบถึงบริบททางวัฒนธรรมการตั้งถิ่นฐาน และพฤกษศาสตร์พื้นบ้านของชุมชนชาวไทลื้อ ในป่าชุมชนหมู่บ้านทาป่าเปา อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน โดยทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2558 ในแปลงสำรวจถาวรขนาด 100 × 100 เมตร ซึ่งครอบคลุมสังคมพืชป่าเต็งรังผสมป่าผสมผลัดใบ ในป่าชุมชนของหมู่บ้าน เพื่อสำรวจพรรณพืชทุกชนิด บันทึกการใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ร่วมกับการจัดทำเวทีชุมชน จากการศึกษาพบว่า ชาวไทลื้อที่อพยพมาตั้งหมู่บ้านมีการตั้งชุมชนใกล้ลำน้ำที่มีพื้นที่ราบสำหรับเพาะปลูกและใกล้พื้นที่ป่าไม้ จากการสำรวจพบพรรณพืชทั้งหมด 158 ชนิด 104 สกุล 65 วงศ์ เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์พืชทั้งหมด 112 ชนิด 85 สกุล 42 วงศ์ จาก 7 กลุ่มการใช้ประโยชน์พบว่า กลุ่มของไม้โครงสร้าง และไม้ฟืนมีจำนวนมากที่สุดถึง 59 ชนิด เช่น ติ้วเกลี้ยง (*Cratoxylum cochinchinense*) รักใหญ่ (*Gluta usitata*) ไผ่ซาง (*Dendrocalamus membranaceus*) และมีการสืบทอดบริบททางวัฒนธรรมที่เกี่ยวข้อกับการใช้ประโยชน์พืชของชาวไทลื้อ เช่น การบันทึกการใช้ประโยชน์เป็นลายลักษณ์อักษร โดยเฉพาะการใช้สมุนไพร ทั้งนี้พืชพรรณในป่าชุมชนยังเพียงพอต่อความต้องการในการใช้ประโยชน์ของชาวบ้าน เนื่องจากชุมชนมีกฎระเบียบควบคุมการใช้ประโยชน์ป่าชุมชนอย่างมีระบบ เช่น การคัดกรองการเก็บหาของป่าจากกรรมการป่าชุมชนก่อนออกจากป่า และการห้ามบุคคลในชุมชนอื่นเข้าเก็บหาของป่า

คำสำคัญ: การใช้ประโยชน์พืช ไทลื้อ ป่าชุมชน บ้านทาป่าเปา พฤกษศาสตร์พื้นบ้าน

คำนำ

วิถีชีวิตของชุมชนที่อาศัยอยู่ท่ามกลางหรือใกล้เคียงพื้นที่ป่าไม้ย่อมมีการพึ่งพาอาศัยพืชพรรณเพื่อการตอบสนองปัจจัยสี่ (นิวัติ, 2534) ไม่ว่าจะเป็นพืชอาหาร สมุนไพร หรือพืชที่ให้เนื้อไม้เพื่อการก่อสร้างเป็นที่อยู่อาศัยหรือไม้ฟืน (เกรียงศักดิ์, 2553) ซึ่งเป็นวัฒนธรรมการปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์พืชที่สืบทอดกันมาหรือเรียกว่าพฤกษศาสตร์พื้นบ้าน (ethnobotany) (Martin, 1995) การใช้ประโยชน์พืชด้านพฤกษศาสตร์พื้นบ้านนั้นมักแตกต่างกันไปในแต่ละชุมชน หรือกลุ่มชาติพันธุ์ โดยการใช้พืชพรรณนั้นอาจผันแปรหรือแตกต่างกันไปในแต่ละสังคมพืช หรือเรียกอีกนัยว่านิเวศวิทยาพื้นบ้าน (ethnoecology) (วิชาญ, 2559) ที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ตั้งชุมชนนั้น และเป็นที่ทราบกันดีว่าทรัพยากรป่าไม้นั้นเป็นทรัพยากรที่สามารถทดแทนตัวเองได้ ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นอย่างอื่น (ดอกรัก และอุทิศ , 2552) การที่มีชุมชนตั้งถิ่นฐานอาศัยใกล้พื้นที่ป่าไม้ อาจมีการรบกวนพื้นที่ป่าไม้อยู่หลายด้าน เช่น การแผ้วถางเพื่อเปิดเป็นพื้นที่เกษตร การทำไร่เลื่อนลอย และการเก็บหาของป่า (Fukushima *et al*., 2008; Hermhuk *et al*., 2015) ในปัจจุบันได้มีกฎหมายหรือพระราชบัญญัติต่างๆ ที่คอยควบคุมการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ แต่ก็ยังมีการอนุโลมให้เก็บหาของป่าได้บ้าง และการเก็บหาของป่าหรือพืชพรรณต่างๆ มาใช้ โดยเฉพาะพื้นที่ป่าชุมชนที่มีการบริหารจัดการของกรรมการป่าไม้ซึ่งเป็นตัวแทนจากชุมชน ควบคู่กับการควบคุมของพนักงานเจ้าหน้าที่ของกรมป่าไม้ (สำนักจัดการป่าชุมชน กรมป่าไม้, 2559) จะสามารถดูแลรักษาและเพิ่มศักยภาพในด้านผลผลิตจากป่าอย่างสมดุล ซึ่งถือว่าเป็นความยั่งยืนของการจัดการป่าไม้เพื่อการใช้สอยที่แท้จริง ซึ่งชุมชนที่มีวัฒนธรรมพึ่งพาป่าไม้นั้นย่อมมีความตระหนักถึงคุณค่าของป่าไม้ที่จะตอบสนองความต้องการของการใช้ประโยชน์ด้านพฤกษศาสตร์พื้นบ้านอยู่เสมอเพื่อจะสามารถถ่ายทอดและสืบต่อวัฒนธรรมด้านนี้ไปสู่ชนรุ่นหลังได้สืบไป

ไทลื้อเป็นกลุ่มชาติพันธุ์ที่สำคัญในภาคเหนือโดยอพยพย้ายถิ่นฐานมาจากแคว้นสิบสองปันนา ประเทศ

จีนราวปี พ.ศ. 1980 กระจายตัวตั้งถิ่นฐานตามที่ลาดเชิงเขา และที่ราบ หรือตั้งถิ่นฐานบ้านเรือนอยู่ริมแม่น้ำลำห้วย มีการทำการเกษตรโดยแยกพื้นที่อาศัย พื้นที่ไร่ นา และสวน ออกเป็นส่วนๆ (บุญช่วย, 2547) และอาจอาศัยใกล้พื้นที่ป่าไม้เพื่อการเก็บหาของป่า พืชพรรณตลอดจนการล่าสัตว์ป่าร่วมกับการทำเกษตรกรรม (รุ่งทิพย์ และยลรวี, มปป.) มีภาษาเฉพาะตัว และมีวัฒนธรรมประเพณีที่ผสมผสานกันระหว่างศาสนาพุทธและการนับถือผี กลุ่มชาวไทลื้อในปัจจุบันยังพบได้ตามพื้นที่ชนบทที่มีลำน้ำไหลผ่าน และส่วนใหญ่เป็นชุมชนดั้งเดิมตั้งแต่อพยพมาครั้งแรก เช่น อำเภอแม่ทา อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน อำเภอเชียงกลาง จังหวัดน่าน อำเภอเชียงคำ อำเภอเชียงม่วน จังหวัดพะเยา เป็นต้น (ประชัน, 2535) วัฒนธรรมในการใช้ประโยชน์จากพืชที่โดดเด่น เช่น ด้านการทอผ้าจากฝ้าย การย้อมสีที่ได้จากธรรมชาติ และการใช้พืชสมุนไพรในการรักษาโรค (นัทธี, 2556) ซึ่งมีการบันทึกเป็นตำราเพื่อสืบทอดสู่ชนรุ่นหลังอย่างต่อเนื่องและมีความหวงแหนไว้ในชุมชน งานวิจัยด้านการใช้ประโยชน์พืชจากหลายกลุ่มชาติพันธุ์ของภาคเหนือในประเทศไทย ยังมีอยู่น้อย และไม่ค่อยได้มีการเผยแพร่อย่างกว้างขวางเพื่อการศึกษาต่อยอดในการประยุกต์ใช้พรรณพืชนั้นๆ ให้เกิดประโยชน์อย่างยั่งยืน และสืบต่ออย่างไม่สูญหาย

ดังนั้น วัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาบริบททางวัฒนธรรมการตั้งถิ่นฐานของชุมชนไทลื้อ และการใช้ประโยชน์พรรณพืชด้านพฤกษศาสตร์พื้นบ้านในป่าชุมชนหมู่บ้านทาป่าเปา ตำบลทาปลาดุก อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน เพื่อนำสู่การจัดการและแนวทางการใช้ประโยชน์พรรณพืชควบคู่กับวัฒนธรรมเฉพาะถิ่นให้มีความเพียงพอและยั่งยืนสืบไป

อุปกรณ์ และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

เก็บข้อมูลในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านทาป่าเปา (ป่าชุมชนห้วยทรายขาว) ตำบลทาปลาดุก อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน มีพื้นที่โดยรวม 11,000 ไร่ ตั้งอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าแม่ทา สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 1 (เชียงใหม่) โดยป่าชุมชนแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือเขตป่าอนุรักษ์ 8,000 ไร่ และป่าใช้สอย 3,000 ไร่ ประกอบด้วยระบบนิเวศป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ (ป่าเบญจพรรณ)

การคัดเลือกพื้นที่ศึกษาเพื่อวางแปลงตัวอย่าง

ทำการวางแปลงสำรวจถาวรขนาด 1 เฮคแตร์ (100 × 100 เมตร) ในพื้นที่ป่าใช้สอยจำนวน 1 แปลงตัวอย่าง และภายในทำการวางแปลงย่อยขนาด 10×10 เมตร รวมทั้งหมด 100 แปลงย่อย โดยมีการเก็บข้อมูลดังนี้

1) ในแปลงย่อยทุกแปลงทำการเก็บข้อมูลต้นไม้ (trees) ทุกชนิด ที่มีขนาดความโตที่ระดับเส้นรอบวง (GBH) มากกว่า 1 เซนติเมตรและความสูงมากกว่า 1.30 เมตร โดยการบันทึกชื่อชนิด นับจำนวน และบันทึกการใช้ประโยชน์จากปราชญ์ชาวบ้านที่ร่วมสำรวจ โดยจำแนกชนิดพรรณพืชตามรูปแบบของ อัจฉรา และคณะ (2556) และเต็ม (2557) ในกรณีที่ไม่สามารถระบุชนิดพืชได้ ทำการเก็บตัวอย่างและนำไปตรวจสอบชนิดพืชที่ห้องปฏิบัติการนิเวศวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสำนักงานหอพรรณไม้กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

2) ทำการวางแปลงขนาด 5×5 เมตร จำนวน 25 แปลงย่อยภายในแปลงตัวอย่างถาวร เพื่อบันทึกชนิด และจำนวนของพรรณไม้พื้นล่างทุกวิสัย (habit) ของทุกต้น

การเก็บข้อมูลชุมชน

ศึกษาบริบททางวัฒนธรรมการตั้งถิ่นฐานและการใช้ประโยชน์พฤกษศาสตร์พื้นบ้านของชาวไทลื้อในชุมชนบ้านทาป่าเปา มีวิธีการดังนี้

1) รวบรวมข้อมูลเอกสารที่เกี่ยวข้องกับบริบททางวัฒนธรรมการตั้งถิ่นฐานของชาวไทลื้อในหลายพื้นที่ และบริบททางสังคมของชุมชนบ้านทาป่าเปาจากข้อมูลทุติยภูมิต่างๆ ผนวกกับนำข้อมูลชนิดพืชที่ได้จากการวางแปลงตัวอย่างมานำเสนอในเวทีชุมชน

เพื่อร่วมกันหาแนวทางการจัดการการใช้ประโยชน์ด้านพฤกษศาสตร์พื้นบ้านที่สอดคล้องกับวัฒนธรรมชาวไทลื้อให้เหมาะสมและเพื่อการต่อยอดการใช้ประโยชน์เพื่อความยั่งยืนของชุมชนและทรัพยากรด้านพืชที่ใช้ประโยชน์

2) จัดทำเวทีชาวบ้าน (local voices) โดยการเลือกแบบเจาะจง (criterion-base selection) ซึ่งประกอบด้วยผู้นำชุมชน คณะกรรมการป่าชุมชน ปราชญ์ชาวบ้าน ผู้ประกอบพิธีกรรมทางวัฒนธรรม พระสงฆ์และตัวแทนกลุ่มเยาวชน กำหนดประเด็นคำถามและความต้องการอนุรักษ์และพัฒนาพื้นที่ป่าชุมชนเพื่อรองรับการใช้ประโยชน์ และเพื่อทราบถึงประวัติความเป็นมา การตั้งถิ่นฐานตลอดจนวัฒนธรรมที่ถ่ายทอดมาถึงปัจจุบัน โดยให้ผู้เข้าร่วมได้แสดงความคิดเห็น โต้ตอบแลกเปลี่ยนและอภิปรายร่วมกัน ทำการเปิดเวทีชาวบ้านจำนวน 2 ครั้ง ตลอดระยะเวลาทำการศึกษา กล่าวคือ เมื่อเริ่มสำรวจร่วมกับการวางแปลงศึกษา และเมื่อได้ข้อมูลพรรณพืชจากการวางแปลงตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากชนิดในระดับไม้ใหญ่ และพืชพื้นล่างในแปลงสำรวจ จากค่าดัชนีของ Shannon-Wiener index คำนวณตามวิธีการของ Kent (2012) จากสูตร

$$H = -\sum_{i=1}^{s} (pi)_i \ln (pi)$$

H' = ค่าดัชนีความหลากหลายของพื้นที่

p_i = สัดส่วนของจำนวนชนิดพันธุ์ที่พบ (n_i) ต่อผลรวมของจำนวนทั้งหมดทุกชนิดพันธุ์ในสังคม (N)

หรือ $p_i = \frac{n_i}{N}$

เมื่อ $i = 1, 2, 3, \ldots, s$

S = จำนวนชนิดพรรณไม้ทั้งหมดในพื้นที่

2) วิเคราะห์ข้อมูลชนิดพรรณพืชและการใช้ประโยชน์พฤกษศาสตร์พื้นบ้านในแปลงสำรวจป่าชุมชนผนวกกับข้อมูลจากการเปิดเวทีชุมชน เพื่อสรุปและจำแนกการใช้ประโยชน์พฤกษศาสตร์พื้นบ้านออกเป็น 7 กลุ่มตามรูปแบบของ เต็ม และวีระชัย (2534) และชูศรี (2534) กล่าวคือ (1) พืชอาหาร (2) พืชสมุนไพร (3) พืชเส้นใยและสีย้อม (4) พืชที่ใช้ในพิธีกรรมทางศาสนา (5) พืชมีพิษ (6) พืชที่ใช้เนื้อไม้และฟืน (7) พืชที่ใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ หรือพืชเอนกประสงค์

ผลและวิจารณ์

บริบททางวัฒนธรรมการตั้งถิ่นฐานของชาวไทลื้อในชุมชนบ้านทาป่าเปา ต. ทาปลาดุก อ.แม่ทา จ.ลำพูน

หมู่บ้านทาป่าเปาก่อตั้งประมาณ 200 ปี โดยบรรพบุรุษเป็นชาวไทยเชื้อสายไทลื้อ ที่อพยพย้ายถิ่นฐานมาจากเมืองสิบสองปันนา สาธารณรัฐประชาชนจีน แรกเริ่มมีการตั้งถิ่นฐานที่บ้านออนหลวย อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ แล้วอพยพมายังพื้นที่ตำบลทาปลาดุกในปัจจุบัน โดยแยกกลุ่มครอบครัวสร้างหมู่บ้านต่างๆ ในตำบลทาปลาดุกปัจจุบัน หมู่บ้านทาป่าเปานั้น เป็นที่ราบเชิงเขาและมีลำน้ำไหลผ่านถูกต้องตามหลักการของการตั้งหมู่บ้านของชาวไทลื้อ ซึ่งคำว่า ทา มาจากลำน้ำแม่ทา เปา มาจากชื่อต้นไม้คือ ต้น รัง การตั้งถิ่นฐานของชาวไทลื้อหมู่บ้านทาป่าเปานั้น สามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง กล่าวคือ ช่วงที่ 1 ก่อนปี พ.ศ. 2485 ยุคการสร้างบ้านแปงเมือง ในอดีตพื้นที่สร้างหมู่บ้านและพื้นที่เกษตรกรรมในปัจจุบันเป็นพื้นที่ป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ อุดมไปด้วยพืชพรรณ และสัตว์ป่า ประกอบกับมีแม่น้ำแม่ทา และลำห้วยทรายขาวไหลผ่าน ซึ่งเหมาะแก่การเพาะปลูกพืชและตั้งชุมชน จึงเริ่มมีการสร้างครอบครัวขึ้น โดยเริ่มจากการหักล้างถางป่าเพื่อปลูกข้าว ถั่วลิสง และฝ้าย ประกอบกับการเก็บหาของป่าร่วมด้วย การดำรงวิถีชีวิตของชาวไทลื้อคือยังคงสืบสานวัฒนธรรมดั้งเดิมคือ การพูดภาษาไทยลื้อ การแต่งกายชุดม่อฮ่อม ผู้หญิงสวมผ้าซิ่น มีการนับถือผีและการรักษาโรคด้วยหมอผีประจำหมู่บ้าน เป็นต้น โดยแรกเริ่มนั้นมีประมาณ 8 ครอบครัวที่มาตั้งถิ่นฐาน ซึ่ง

ยุคแรกนี้จะสิ้นสุดที่มีการสร้างถนนสายลำปาง-เชียงใหม่ (หมายเลข 11) และผู้คนในหมู่บ้านจึงร่วมมือกันสร้างถนนลูกรังออกไปบรรจบถนนหมายเลข 11 จึงทำให้การคมนาคมสู่ภายนอกได้สะดวกขึ้น ช่วงที่ 2 ยุคสัมปทานป่าไม้ ตั้งแต่เริ่มมีการสร้างถนนเข้าหมู่บ้านจนถึงเมื่อมีนโยบายของรัฐบาลประกาศยกเลิกสัมปทานการค้าไม้ในป่าบกทั้งหมดในปี พ.ศ. 2532 พื้นที่ป่ารอบๆ หมู่บ้านทาป่าเปาที่เป็นป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบที่มีไม้สักตามธรรมชาติที่สมบูรณ์ ได้เป็นพื้นที่สัมปทานป่าไม้ ซึ่งไม้ที่มีค่าทางเศรษฐกิจได้ตัดเพื่อขายเข้าโรงงาน ไม้เนื้อแข็งขนาดใหญ่อื่นๆ ได้เข้าสู่กระบวนการทำไม้หมอนรางรถไฟ และไม้ขนาดเล็กได้ส่งไปเป็นไม้ฟืนสำหรับโรงงานบ่มยาสูบ โดยแรงงานในการเข้าไปตัดชักลาก และขนส่งไม้ออกจากป่านั้น ส่วนใหญ่เป็นคนในหมู่บ้านทาป่าเปาและพื้นที่ใกล้เคียงทั้งสิ้น และผนวกกับชาวบ้านส่วนหนึ่งก็เข้าไปตัดไม้เพื่อขายอยู่เรื่อยๆ และมีการขยายพื้นที่เกษตรกรรมเข้าไปในพื้นที่ป่าดั้งเดิมที่มีการทำไม้ออกไปด้วย จากการเปิดป่าเพื่อสัมปทานป่าไม้ และขยายพื้นที่ทำการเกษตรข้างต้น ทำให้หมู่บ้านทาป่าเปา และพื้นที่ใกล้เคียงที่เคยอุดมสมบูรณ์เป็นพื้นที่แห้งแล้ง ลำห้วยมีน้ำไหลแค่ฤดูฝน จึงเริ่มมีการตระหนักถึงการฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติที่สูญเสียไปมากขึ้น ช่วงที่ 3 ยุคของการฟื้นฟูและพัฒนา หลัง พ.ศ. 2532 เป็นผลมาจากช่วงที่ 2 ที่มีการเข้าทำลายทรัพยากรอย่างเข้มข้นทำให้วัฒนธรรมบางอย่างของชาวไทลื้อได้เริ่มสูญหายไป จากอดีตมีการปลูกฝ้ายเพื่อทอ การย้อมผ้าจากสีธรรมชาติ เริ่มหาวัตถุดิบไม่ได้ และหมอยาพื้นบ้านหรือปราชญ์ชาวบ้านที่มีความรู้ด้านสมุนไพรที่มีการสืบทอดกันมาก็หาตัวยาในพื้นที่ป่าค่อนข้างยาก หรือบางตัวต้องไปหาในพื้นที่ป่าหมู่บ้านอื่น ประกอบกับการเข้ามาดูแลพื้นที่ของเจ้าหน้าที่ป่าไม้เกิดการโต้แย้งบ้างก็ถูกเจ้าหน้าที่จับกุมสม่ำเสมอ จากปัญหาข้างต้นเพื่อฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่กลับมาดังเดิม จึงร่วมมือกันปลูกป่าฟื้นฟูโดยการร่วมมือจากเจ้าหน้าที่ภาครัฐ องค์กรภายนอก ประกอบกับตั้งคณะกรรมการดูแลป่าไม้ กรรมการรักษาวัฒนธรรมขึ้น เพื่อที่จะสืบทอดวัฒนธรรมร่วมกับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ โดยการนำเอาสิ่งศักดิ์สิทธิ์เข้ามาสร้างความเชื่อเพื่อหากลุ่มคนรุ่นใหม่ตระหนักถึงคุณค่าของป่าไม้ เช่น การทำแนวเขตพื้นที่ป่าใช้สอย และป่าอนุรักษ์เพื่อป้องกันการบุกรุกเพิ่ม การเลี้ยงผีขุนน้ำ ในพื้นที่ป่าชุมชนอนุรักษ์ การบวชป่า การบวงสรวงป่า และการตั้งกฎกติกาในการเข้าใช้ประโยชน์ต่างๆ จากป่า เป็นต้น ปัจจุบันชาวบ้านทาป่าเปามีคุณภาพชีวิตที่ดีกว่าเดิมทั้งการพึ่งพาตนเองจากการทำเกษตรกรรมแบบชาวไทลื้อ คือการเกษตรผสมผสาน การเก็บหาของป่าเพื่อกินและเพื่อขายโดยอยู่ในกรอบของระเบียบป่าชุมชน และการที่มีน้ำท่าอุดมสมบูรณ์เพียงพอแก่การเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตรจากการรักษาและดูแลป่าต้นน้ำร่วมกับภาครัฐ ในปัจจุบันป่าชุมชนห้วยทรายขาวบ้านทาป่าเปาแห่งนี้มีพื้นที่อยู่ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าแม่ทา โดยเป็นพื้นที่ป่าใช้สอยประมาณ 3,000 ไร่ (สำนักจัดการป่าชุมชน กรมป่าไม้, 2559) มีการบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้ดีเด่นซึ่งได้รับรางวัลจากกรมป่าไม้ รางวัลลูกโลกสีเขียว รางวัลการอนุรักษ์ป่าไม้จากสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ เป็นต้น

ปัจจุบันหมู่บ้านทาป่าเปามี 194 ครัวเรือน ประชากรรวมทั้งหมด 716 คน เป็นกลุ่มเชื้อชาติไทลื้อเกือบทั้งหมดของหมู่บ้าน และวัฒนธรรมชาวไทลื้อยังปรากฏให้เห็นในชุมชนบ้านทาป่าเปา ทั้งการแต่งกายของผู้สูงอายุ การพูดภาษาไทลื้อซึ่งมีการสืบทอดสู่กลุ่มเยาวชนรุ่นหลัง (ยังใช้ในการสื่อสารของกลุ่มวัยกลางคนและผู้สูงอายุ) การมีประเพณีที่สืบทอดกันมาดั้งเดิมของชนเผ่า ได้แก่ ประเพณีสรงน้ำพระธาตุดอยกู่เบี้ย ประเพณีจุดเทียนสะเดาะเคราะห์ แห่ไม้ค้ำสรี เลี้ยงผีเสื้อบ้าน ผีขุนน้ำ ตาลก๋วยสลาก เป็นต้น

การใช้ประโยชน์พฤกษศาสตร์พื้นบ้าน ในป่าชุมชนบ้านทาป่าเปา อ.แม่ทา จ.ลำพูน

จากการวางแปลงสำรวจพบชนิดพันธุ์พืชทั้งหมด 158 ชนิด 104 สกุล 65 วงศ์ (รวมพันธุ์พืชทุกวิสัย) โดยแยกเป็นระดับไม้ใหญ่ (tree) ที่มีขนาดความโต

มากกว่า 1 เซนติเมตร และสูงเกิน 1.30 เมตร พบ 57 ชนิด 45 สกุล 22 วงศ์ มีค่าความหลากชนิดพันธุ์ตาม Shannon-Weiner เท่ากับ 3.04 และในระดับไม้พื้นล่าง (under growth plants) ที่มีความสูงต่ำกว่า 1.30 เมตร รวมพรรณไม้ทุกวิสัย (habit) พบ 92 ชนิด 79 สกุล 40 วงศ์ มีค่าความหลากชนิดพันธุ์ตาม Shannon-Weiner เท่ากับ 3.80 โดยพรรณไม้เด่นของพื้นที่ป่าชุมชน ได้แก่ รัง (*Shorea siamensis*) สัก (*Tectona grandis*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) แดง (*Xylia xylocarpa* var. *kerrii*) และมะกอกเกลื้อน (*Canarium subulatum*) เมื่อจำแนกตามกลุ่มลักษณะวิสัย (habit) ของพรรณพืช 7 กลุ่มหลักพบว่า กลุ่มของไม้ต้น (Tree, T) และกลุ่มไม้ต้นขนาดเล็ก (Shrubby tree, ST) มีจำนวนมากที่สุด 63 ชนิด รองลงมาได้แก่ กลุ่มพืชล้มลุก (Herb, H) กลุ่มไม้พุ่ม (Shrub, S) กลุ่มของเฟินที่อาศัยอยู่บนดิน บนหิน และเฟินเลื้อย (Fern, F; Terrestrial Fern, TerF; Lithophytic Fern, LF; Climbing Fern, CF) กลุ่มไม้ไผ่และกลุ่มหญ้า (Bamboo, B; Grass, G) กลุ่มพืชเถาเลื้อย (Climber, C) และกลุ่มกล้วยไม้ที่อาศัยอยู่บนดิน (Terrestrial Orchid, TerO) มีจำนวนเท่ากับ 17, 10, 5, 4, 3 และ 1 ชนิดตามลำดับ

จากพรรณพืชที่สำรวจทั้งหมด และได้มีการรวบรวมการใช้ประโยชน์ด้านพฤกษศาสตร์พื้นบ้านด้วยปราชญ์ชาวบ้านที่ร่วมสำรวจพรรณพืช และจากการจัดเวทีชุมชนพบทั้งหมด 112 ชนิด 85 สกุล 42 วงศ์ โดยพืชวงศ์ถั่ว (Fabaceae) มีจำนวนการใช้ประโยชน์มากสุด 14 ชนิด รองลงมาได้แก่พืชวงศ์เข็ม (Rubiaceae) วงศ์มะขามป้อม (Phylanthaceae) พืชวงศ์แค (Bignoniaceae) พืชวงศ์สัก (Lamiaceae) พืชวงศ์ปอ-ชบา (Malvaceae) และ พืชวงศ์ขิง-ข่า (Zingiberaceae) มีจำนวน 7, 6, 5, 5, 5 และ 5 ชนิดตามลำดับ สามารถแยกกลุ่มของการใช้ประโยชน์ด้านพฤกษศาสตร์พื้นบ้านดังนี้

1) กลุ่มพืชอาหาร (Food group) พบทั้งหมด 32 ชนิด 31 สกุล 25 วงศ์ สามารถจำแนกเป็นกลุ่มย่อย 2 กลุ่มคือ (1) พืชผัก (กินยอด ใบ ดอกและหัว) เช่น หน่อไม้ไผ่ซาง (*Dendrocalamus membranaceus*) ผักหวานป่า (*Melientha suavis*) ติ้วเกลี้ยง (*Cratoxylum cochinchinense*) ผักกูดหางค่าง (*Pteris biaurita*) เฟินพ่อค้าตีเมีย (*Selaginella argentea*) เม่าไข่ปลา (*Antidesma ghaesembilla*) เม่าสาย (*Antidesma sootepense*) กระโดน (*Careya arborea*) หัสคุณ (*Clausena excavata*) บุกอีรอก (*Amorphophallus brevispathus*) แครกฟ้า (*Heterophragma sulfureum*) แคหางค่าง (*Fernandoa adenophylla*) แคหัวหมู (*Markhamia stipulata*) หัวละแอ่น (*Boesenbergia rotunda*) และกระทือลิง (*Globba schomburgkii*) เป็นต้น (2) ผลไม้ป่าตามฤดูกาล เช่น มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) มะแฟน (*Protium serratum*) ตะคร้อ (*Schleichera oleosa*) สมอไทย (*Terminalia chebula*) พีพวนน้อย (*Uvaria rufa*) และกัดลิ้น (*Walsura trichostemon*) เป็นต้น โดยพบการแปรรูปเหง้าของหัวละแอ่น (*Boesenbergia rotunda*) ด้วยวิธีการฝานเป็นแว่นตากแห้งเพื่อเก็บไว้ในการเป็นวัตถุดิบเครื่องเทศ และเป็นส่วนหนึ่งของการปรุงยาสมุนไพร ส่วนผลไม้ป่า เช่น มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) และสมอไทย (*Terminalia chebula* var. *chebula*) พบว่ามีการแปรรูปโดยการดอง เพื่อรับประทานนอกฤดูกาล ในส่วนของหน่อไม้ไผ่ซาง (*Dendrocalamus membranaceus*) พ่อค้าตีเมีย (*Selaginella argentea*) และผักหวานป่า (*Melientha suavis*) เป็นพืชที่สร้างรายได้ให้แก่ชาวบ้านในชุมชนที่เก็บหาในต้นฤดูฝนเพื่อนำออกไปขายนอกพื้นที่

2) กลุ่มพืชสมุนไพร (Herb group) พบทั้งหมด 36 ชนิด 28 สกุล 24 วงศ์ สามารถจำแนกเป็น 2 กลุ่มย่อยจากองค์ความรู้ด้านสมุนไพรคือ (1) สมุนไพรที่ใช้เป็นส่วนผสมตัวยาบำรุงกำลัง และรักษาอาการภายในต่างๆ เช่น แก้ไข้ แก้ไอ ขับเลือดลม เช่น แก่นไม้ของกลุ่มไม้เนื้อแข็ง ได้แก่ เต็ง (*Shorea obtusa*) รัง (*Shorea siamensis*) มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) และแดง (*Xylia xylocarpa* var. *kerrii*) ลำต้นของ ลูกใต้ใบ (*Phyllanthus urinaria*) ก้างปลา (*Phyllanthus pulcher*) เปล้าแพะ (*Croton hutchinsonianus*) และหัวละแอ่น (*Boesenbergia*

rotunda) เพื่อขับลมหรือขับเลือดหรือของเสียในร่างกาย ส่วนเถาเอ็นอ่อน (*Cryptolepis dubia*) และโด่ไม่รู้ล้ม (*Elephantopus scaber* var. *scaber*) ที่เป็นส่วนประกอบของตัวยาหลายขนานในตำรายาของชาวไทลื้อ จะมีข้อกำหนดและฤดูกาลที่มีการรับรู้ร่วมกันของปราชญ์สมุนไพรในการเข้าไปเก็บพืช 2 ชนิดนี้จากป่า และที่ใช้บรรเทาอาการเจ็บคอ ไอ มีเสมหะ ได้แก่ ผลของสมอพิเภก (*Terminalia bellirica*) เม่าสาย (*Antidesma sootepense*) มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) และสมอไทย (*Terminalia chebula* var. *chebula*) (2) สมุนไพรที่ใช้เป็นยารักษาอาการภายนอก เช่น แก้อาการมือเท้าเปื่อย โดยใช้เปลือกของตะแบกเลือด (*Terminalia mucronata*) ติ้วขน (*Cratoxylum formosum*) และติ้วเกลี้ยง (*Cratoxylum cochinchinense*) อย่างใดอย่างหนึ่งมาประคบ แก้อาการปวดเมื่อยของร่างกาย โดยการย่างใบเปล้าใหญ่ (*Croton persimilis*) ประคบจุดที่ปวด แก้อาการแผลในปาก หรือโรคปากนกกระจอก โดยการเคี้ยวเปลือกในของขางหัวหมู (*Miliusa velutina*) เป็นต้น ทั้งนี้ปราชญ์ผู้รู้ด้านสมุนไพรที่ยังคงเหลือในหมู่บ้านจะมีตำราที่สืบทอดมาจากบรรพบุรุษ และมีความหวงแหนในการเผยแพร่เป็นอย่างมาก สืบเนื่องมาจากความกลัวที่จะถูกนำเอาสูตรยาสมุนไพรต่างๆ ไปแอบอ้างหรือเมื่อมีการเผยแพร่สูตรยาแล้วอาจมีการเข้ามาหาวัตถุดิบในป่าอย่างเข้มข้น อาจเกิดการสูญหายของพันธุ์พืชที่เป็นตัวยาสมุนไพรในพื้นที่ไป

3) กลุ่มพืชให้สีย้อมและเส้นใย (Dying and thread group) พบทั้งหมด 6 ชนิด 5 สกุล 3 วงศ์ โดยกลุ่มพืชที่ให้สีย้อม ได้แก่ ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) ให้สีน้ำตาลอมส้มที่ใช้ย้อมผ้าฝ้ายที่นำมาทอเป็นผ้าพันหัวและย่ามของใช้ประจำชนเผ่า ผลของมะเกลือ (*Diospyros mollis*) และถ่านไฟผี (*Diospyros montana*) จะให้สีน้ำเงินหรือดำแล้วแต่ความต้องการในการย้อมซ้ำ โดยนำผลมาตำและต้มใช้ย้อมผ้า และเครื่องมือหาปลา เช่น แห และตะข่าย และกลุ่มพืชที่ให้เส้นใย ได้แก่ กลุ่มไม้วงศ์ปอ-ชบา (Malvaceae) เช่น ปอแดง (*Sterculia guttata*) เลียงฝ้าย (*Kydia calycina*) และปอแก่นเทา (*Grewia eriocarpa*) ซึ่งปัจจุบันพบเห็นการลอกเปลือกต้นของทั้งสามชนิดมาใช้แทนเชือกในการมัดสิ่งของ และไม้ฟืน เป็นต้น

4) กลุ่มพืชที่ใช้ในพิธีกรรมทางศาสนา (Tradition group) พบทั้งหมด 16 ชนิด 14 สกุล 11 วงศ์ โดยส่วนใหญ่เป็นกลุ่มพืชที่ให้ดอกสวยงามใช้ในการบูชาสิ่งศักดิ์และวัดประจำหมู่บ้านตามฤดูกาล เช่น ฤดูฝน ได้แก่ ดอกของตองสาด (*Stachyphrynium spicatum*) และกระทือลิง (*Globba schomburgkii*) ฤดูแล้ง ได้แก่ กระมอบ (*Gardenia obtusifolia*) คำมอกหลวง (*Gardenia sootepensis*) โมกหลวง (*Holarrhena pubescens*) โมกมัน (*Wrightia arborea*) และช้างน้าว (*Ochna integerrima*) ในการนี้ช่วงก่อนวันพญาวันของเทศกาลสงกรานต์ปราชญ์ผู้ทำพิธีกรรมและผู้ชายภายในหมู่บ้านมักนิยมนำไม้ที่มีชื่อมงคลตามความเชื่อของชาวไทลื้อและล้านนามาทำเป็นไม้สรีเพื่อทาน (การนำไม้นั้นๆ มาถวายให้วัด) เป็นไม้ค้ำต้นโพธิ์ในวัดประจำหมู่บ้าน ได้แก่ ยอป่า (*Morinda coreia*) โมกมัน (*Wrightia arborea*) โมกหลวง (*Holarrhena pubescens*) เปล้าใหญ่ (*Croton persimilis*) และตะคร้อ (*Schleichera oleosa*) เนื่องจากเป็นกลุ่มพรรณไม้ที่มีเนื้อไม้สีขาว มีน้ำหนักเบาในการเคลื่อนย้ายไปประกอบพิธีกรรม อนึ่งพรรณไม้ดังกล่าวเป็นกลุ่มพรรณไม้เบิกนำ (pioneer species) และไม้ชั้นรอง (co-dominance species) ของป่าผสมผลัดใบมักพบตามขอบป่าชายป่าของพื้นที่ที่ถูกรบกวน (Marod *et al*., 1999) จึงพบง่ายตามขอบชายป่าชุมชน ส่งผลต่อการเข้าไปใช้ประโยชน์ของชาวบ้านเพื่อนำไม้เหล่านี้ออกมาประกอบพิธีกรรม ฝักและกิ่งของส้มป่อย (*Acacia concinna*) และมะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) ใช้ประกอบพิธีกรรมในการทำน้ำมนต์ มีความเชื่อว่ากิ่งมะขามป้อมสามารถล้างอาถรรพ์ในการประกอบพิธีกรรมของการทำศพ

5) กลุ่มพืชมีพิษ (Poisonous group) พบทั้งหมด 3 ชนิด 3 สกุล 2 วงศ์ ได้แก่ ตาตุ่มบก (*Falconeria insignis*) ที่ใช้ยางอาบลูกดอกเพื่อยิงสัตว์ป่าในอดีต เมล็ดของแสลงใจ (*Strychnos nux-vomica*) และหญ้า

ยาง (*Euphorbia heterophylla*) เมื่อรับประทานแล้วอาจทำให้เกิดอาการท้องร่วง ซึ่งพรรณพืชดังที่กล่าวข้างต้นได้มีการบอกเล่าต่อๆ กันส่งถึงกลุ่มเยาวชนเพื่อป้องกันการเกิดอันตรายในด้านของโทษจากการกินหรือถูกยางของพืชเหล่านี้

6) กลุ่มพืชที่ใช้เนื้อไม้ และไม้ฟืน (Timber and Fuel wood group) พบทั้งหมด 59 ชนิด 38 สกุล 20 วงศ์ โดยสามารถแยกเป็น 3 กลุ่มย่อยคือ (1) กลุ่มไม้เนื้อแข็งเพื่อการก่อสร้าง ได้แก่ ยางพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus*) แครกฟ้า (*Heterophragma sulfureum*) สัก (*Tectona grandis*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) แดง (*Xylia xylocarpa* var. *kerrii*) รัง (*Shorea siamensis*) เต็ง (*Shorea obtusa*) และมะกอกเกลื้อน (*Canarium subulatum*) เป็นต้น (2) กลุ่มไม้ใช้สอยในกิจกรรมการเกษตร และจักสาน ได้แก่ เสลาดำ (*Lagerstroemia venusta*) ตะแบกเกรียบ (*Lagerstroemia cochinchinensis*) ติ้วขน (*Cratoxylum formosum*) สมอไทย (*Terminalia chebula* var. *chebula*) เนื่องจากกลุ่มพรรณไม้ข้างต้นเนื้อไม้มีความเหนียว แข็ง โตเร็ว และสามารถแตกตอใหม่ขึ้นมาทดแทนต้นที่ถูกตัดไปได้ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะทางนิเวศวิทยาของกลุ่มไม้ป่าผลัดใบ (Tuner, 2004) และการจักสานจากไม้ไผ่ซาง (*Dendrocalamus membranaceus*) มีการจัดตั้งกลุ่มผู้สูงอายุเพื่อผลิตเครื่องหัตถกรรมต่างๆ ขายภายในและส่งตลาดภายนอก (3) กลุ่มไม้ฟืน และไม้ที่ใช้เผาถ่าน ส่วนใหญ่เป็นไม้เนื้อแข็งที่ไสกบตกแต่งยาก จึงไม่นิยมนำมาก่อสร้าง ได้แก่ รกฟ้า (*Terminalia alata*) ฉนวน (*Dalbergia nigrescens*) เหมือดโลด (*Aporosa villosa*) เหมือดหอม (*Symplocos racemosa*) ติ้วขน (*Cratoxylum formosum*) และชนิดที่เผาถ่านได้ดี ได้แก่ รักใหญ่ (*Gluta usitata*) มะม่วงหัวแมงวัน (*Buchanania lanzan*) และติ้วเกลี้ยง (*Cratoxylum cochinchinense*) ซึ่งไม้ที่ใช้ทำฟืนส่วนใหญ่มักจะเป็นไม้ที่ล้มตามธรรมชาติ และ/หรือเป็นการตัดกิ่งไม้ปลายไม้ ไม่ใช่การโค่นไม้ใหม่ ซึ่งทางชุมชนบ้านทาป่าเปาได้มีการกำหนดกฎเกณฑ์เพื่อการใช้ไม้ในป่าชุมชนจากคณะกรรมการป่าไม้ของหมู่บ้าน โดยคนในชุมชนจะทำการตัดไม้ที่ต้องการได้ก็ต่อเมื่อเป็นการสร้างบ้านใหม่ ซ่อมแซมบ้านเรือน และใช้ในงานก่อสร้างที่เป็นของส่วนรวม เช่น ก่อสร้างศาลาเอนกประสงค์ประจำหมู่บ้านหรือวัด มีการกำหนดปริมาณการใช้ซึ่งจะต้องได้รับการอนุมัติจากที่ประชุมคณะกรรมการป่าไม้ของหมู่บ้านทุกครั้ง

7) กลุ่มพืชที่ใช้ประโยชน์อื่นๆ หรือพืชที่ใช้งานได้เอนกประสงค์ (Other utilized purposes group) พบทั้งหมด 16 ชนิด 14 สกุล 10 วงศ์ สามารถแยกเป็น 3 กลุ่มย่อยคือ (1) กลุ่มพืชอาหารสัตว์ สืบเนื่องจากพื้นที่ป่าชุมชนบ้านทาป่าเปานั้น มีการปล่อยวัวเลี้ยงเข้าไปหากินในพื้นที่ป่าจำนวนมาก และมีการเก็บเกี่ยวหญ้าชนิดต่างๆ เพื่อนำมาให้วัวหรือสัตว์เลี้ยงอื่น ๆ กินในคอก เช่น หญ้าหวาย (*Ischaemum barbatum*) หญ้าตีนกา (*Brachiaria distachya*) หญ้าไข่เหา (*Cyrtococcum patens*) และกกทราย (*Cyperus iria*) (2) กลุ่มพืชที่นำมาปลูกประดับหรือเพาะขายเป็นอาชีพเสริม ได้แก่ พร้าวนกคุ้ม (*Molineria latifolia*) ช้างน้าว (*Ochna integerrima*) กระมอบ (*Gardenia obtusifolia*) และตองสาด (*Stachyphrynium spicatum*) และ (3) กลุ่มพืชที่มีการใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ได้แก่ ไผ่ซาง (*Dendrocalamus membranaceus*) ที่มีทั้งการใช้ประโยชน์ในการจักสาน ลำไผ่ที่ใช้เป็นไม้ค้ำพืชทางการเกษตร และหน่อไม้ที่เก็บหาเพื่อการบริโภคภายในครอบครัวและส่งขายภายนอกในช่วงฤดูฝน เป็นต้น

จากผลการศึกษาพบว่าป่าชุมชนบ้านทาป่าเปาแห่งนี้มีความหลากหลายของพรรณพืชสูง และมีการบริหารจัดการป่าชุมชนเป็นไปในแนวทางที่ดีต่อทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ โดยเฉพาะ การมีกฎระเบียบที่คอยรองรับการเข้าไปใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าไม้ ตลอดจนการผสมผสานเอาวัฒนธรรมความเป็นเชื้อสายไทลื้อเกี่ยวกับการเคารพผีต้นน้ำ หรือการบวชป่าเข้าไปสอดแทรกในกิจกรรมรักษาป่า ทั้งนี้ยังมีการจดบันทึกตำราสมุนไพรพื้นบ้านเพื่อการสืบทอดไว้เป็นหลักฐานถึงการอนุรักษ์และสืบทอดองค์ความรู้ เมื่อเปรียบเทียบโครงสร้างและองค์ประกอบและความหลากชนิดของ

พรรณพืชจากป่าชุมชนที่มีการบริหารจัดการลักษณะนี้และมีระบบนิเวศป่าไม้คล้ายๆ กัน พบว่าป่าชุมชนในพื้นที่ศึกษามีการใช้ประโยชน์พรรณพืชต่างๆ ในด้านการใช้ประโยชน์พรรณพืชมากและมีความหลากหลายตลอดจนเพียงพอต่อความต้องการของชุมชน สอดคล้องกับการรายงานของ เด่น (2543) และวุฑฒิพันธุ์ และคณะ (2559) ว่าการที่ป่าชุมชนจะประสบความสำเร็จในการรองรับการเข้าใช้ประโยชน์ของชุมชนนั้นย่อมต้องมีกฎระเบียบและการบังคับใช้ที่เข้มงวด และสามารถใช้ได้จริง และจากการรายงานของ Noitana *et al*., (2013) และ Hermhuk *et al*., (2015) พบว่าพื้นที่ป่าที่มีการใช้สอยในบางกลุ่มชาติพันธุ์ที่มีการพึ่งพาทรัพยากรป่าไม้อย่างเข้มข้นโดยเฉพาะชาวเผ่าม้ง ที่มีการเข้าใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่าและไม่สามารถใช้กฎระเบียบได้จริง ซึ่งชาวบ้านในชุมชนนั้นอาจมีส่วนในการทำลายความหลากหลายของชนิดพันธุ์ตลอดจนการเปลี่ยนเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทำให้เกิดความไม่ยั่งยืนและไม่เพียงพอต่อพันธุ์พืชที่ต้องการใช้ตลอดจนกลุ่มพืชพันธุ์บางชนิดได้สูญหายไปจากพื้นที่

สรุป

บริบททางวัฒนธรรมการตั้งถิ่นฐานของชุมชนชาวไทลื้อบ้านทาป่าเปา ตำบลทาปลาดุก อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูนแบ่งได้เป็นสามช่วง โดยมีการตั้งถิ่นฐานในพื้นที่ราบชายป่าและมีลำน้ำแม่ทาไหลผ่าน ซึ่งปัจจุบันเป็นช่วงของการฟื้นฟูศิลปวัฒนธรรมหรือขนบธรรมเนียมประเพณีตลอดจนความเข้มแข็งของผู้นำท้องถิ่นและปราชญ์ชาวบ้านที่เห็นสมควรที่จะถ่ายทอดสู่เยาวชนที่เป็นลูกหลานของตนเอง และการใช้ประโยชน์พรรณพืชในด้านพฤกษศาสตร์พื้นบ้านจากป่าชุมชนที่เป็นสมบัติของส่วนรวมนั้นได้มีกฎระเบียบเพื่อคอยคุมคุมการใช้ประโยชน์พืชในด้านต่างๆ เช่น การจัดทำบัญชีพืชใช้สอยทางวัฒนธรรมของชาวไทลื้อ การบันทึกการใช้สมุนไพรที่เกี่ยวข้องกับการรักษาโรคเป็นลายลักษณ์อักษร ซึ่งจากการสำรวจพบพรรณพืชที่มีการใช้ประโยชน์ถึง 112 ชนิด 85 สกุล 42 วงศ์ โดยเฉพาะกลุ่มพืชเนื้อแข็งที่ใช้เป็นไม้โครงสร้าง ไม้ฟืนและเผาถ่านมีจำนวนชนิดมากที่สุด และมีเริ่มมีการแปรรูปพืชที่ใช้ประโยชน์เป็นประจำหรือมีมากบางฤดูกาล เช่น หน่อไม้ไผ่ซาง โด่ ไม่รู้ล้ม และหัวละแอ่น เป็นต้น

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้นำไปสู่การจัดทำรูปแบบการบันทึกข้อมูลจากปราชญ์สมุนไพร ผู้นำด้านวัฒนธรรม และผู้นำหมู่บ้านเพื่อสืบสานการอนุรักษ์องค์ความรู้ท้องถิ่น และความยั่งยืนในการใช้ประโยชน์พืชในป่าชุมชนที่มีแนวทางปฏิบัติหรือกฎระเบียบที่เห็นผลได้จริง เพื่อเป็นต้นแบบการจัดการป่าชุมชนที่มีลักษณะทางนิเวศวิทยาของป่าชุมชน และบริบททางวัฒนธรรมที่คล้ายคลึงกันต่อไป

คำนิยม

ผู้ใหญ่บ้าน คณะกรรมการหมู่บ้าน พระสงฆ์ ปราชญ์ และกลุ่มเยาวชนหมู่บ้านทาป่าเปา สำนักงานจัดการป่าชุมชน กรมป่าไม้ เจ้าหน้าที่หอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ห้องปฏิบัติการนิเวศวิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และคุณวิสูตร แดงบุตรที่ร่วมเก็บข้อมูลร่วมกับคณะทีมวิจัย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง. 2553. **ป่าและการป่าไม้**. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

ชูศรี ไตรสนธิ. 2534. การศึกษาและวิจัยพฤกษศาสตร์พื้นบ้านในประเทศไทย. *ใน* **รายงานการสัมมนาระดับประเทศ เรื่องพฤกษศาสตร์พื้นบ้าน**. หอสมุดแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

ดอกรัก มารอด และอุทิศ กุฏอินทร์. 2552. **นิเวศวิทยาป่าไม้.** โรงพิมพ์อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เด่น เครือสาร. 2543. **การจัดการ การอนุรักษ์ และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรพืชของชาวม้งในหมู่บ้านผาปู่จอม อำเภอแม่แตง จังหวัด**

เชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เต็ม สมิตินันท์ และวีระชัย ณ นคร. 2534. พฤกษศาสตร์. *ใน* **รายงานการสัมมนาระดับประเทศ เรื่อง พฤกษศาสตร์พื้นบ้าน**. หอสมุดแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

_____. 2557. **ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย ฉบับแก้ไข พ.ศ. 2557**. สำนักงานหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

นัทธี เมืองเย็น. 2556. **พฤกษศาสตร์พื้นบ้านของไทลื้อและไทวนในอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิวัติ เรืองพานิช. 2534. **นิเวศวิทยาทรัพยากรธรรมชาติ**. โครงการตำราชุดการจัดการและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เล่มที่ 2, คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บุญช่วย ศรีสวัสดิ์. 2547. **ไทยสิบสองปันนา** เล่มที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์สยาม. กรุงเทพฯ.

ประชัน รักพงษ์. 2535. **การศึกษาหมู่บ้านไทลื้อในจังหวัดลำปาง**. รายงานการวิจัย, ฝ่ายวิจัยและวางแผน ศูนย์ศิลปวัฒนธรรม, วิทยาลัยครูลำปาง.

วิชาญ เอียดทอง. 2559. การจัดจำแนกระบบนิเวศตามระบบนิเวศวิทยาพื้นบ้าน, น. 108-109. *ใน* **8 ทศวรรษ วนศาสตร์ ศาสตร์แห่งชีวิต**. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วุฒิพันธุ์ สมศรี, พสุธา สุนทรห้าว และนุชนาถ มั่งคั่ง. 2559. การบริหารจัดการป่าชุมชนพระพุทธบาทน้อย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี. **วารสารวนศาสตร์** 35 (1): 107-116.

รุ่งทิพย์ สิทธิชัย และยลรวี สิทธิชัย. มปป. **วัฒนธรรมไทลื้อ**. การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. แหล่งที่มา: http//www.etatjournal.com., 20 พฤษภาคม 2559.

สำนักจัดการป่าชุมชน กรมป่าไม้. 2559. **ป่าชุมชน**. แหล่งที่มา: http://www.forest.go.th., 15 พฤษภาคม 2559

อัจฉรา ตีระวัฒนานนท์, ภานุมาศ จันทร์สุวรรณ และ สราวุธ สังข์แก้ว. 2556. **พรรณไม้พื้นล่าง**. บริษัท ไอดิงแอดเวอร์ไทซิ่ง จำกัด. กรุงเทพฯ.

Fukushima, M., M. Kanzaki, M. Hara, T. Ohkubo, P. Preechapanya and C. Choocharoen. 2008. Secondary forest succession after the cessation of swidden cultivation in the montane forest area in Northern Thailand. **Forest Ecology and Management** 255: 1994-2006.

Hermhuk, S., W. Sungpalee, A. Panmongkol, D. Marod and A. Yarnvudhi. 2015. Plant Diversity and Utilization on Ethnobotany of local people in Ban Mhong Doi Pui at Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai Province. pp. 1-9. *In* **Conference and Submission Thai Forest Ecological Research Network (T-FERN) 5th**: Natural Capital Resources; Development and Conservation. Kasetsart University, Bangkok.

Kent, M. 2012. **Vegetation Description and Analysis A Practical Approach**. University of Plymouth, England.

Marod, D., U. Kutintara, H. Tanaka and T. Nakashizuka. 1999. Structural Dynamics of a National Mixed Deciduous Forest in Western Thailand. **Journal of Vegetation Science** 10: 777-786.

Martin, G.J. 1995. **Ethnobotany: A methods manual.** Cambridge University press, Cambridge.

Noitana, P., S. Saipara and K. Khoomput. 2013. Ethnobotany of the Hmong at Nanoi District, Nan Province. **NaresuanPhayao Journal** 6 (3): 213-219

Turner, I.M. 2004. **The Ecology of Trees in the Tropical Rain Forest**. Cambridge University, UK.

Thai J. For. 37 (1) : 121-131 (2018) วารสารวนศาสตร์ 37 (1) : 121-131 (2561)

นิพนธ์ต้นฉบับ

การคาดการณ์การตอบสนองทางอุทกวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ บริเวณลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบน โดยแบบจำลอง IFAS

Predicting Hydrologic Response to Climate Change in Upper Nan Sub-watershed Using IFAS Model

วิชุตา กันภัย
ปิยพงษ์ ทองดีนอก*
นฤมล แก้วจำปา

Wichuta Gunphai
Piyapong Tongdeenok*
Naruemol Kaewjampa

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

รับต้นฉบับ 17 มกราคม 2561 รับลงพิมพ์ 20 กุมภาพันธ์ 2561

ABSTRACT

This research aims to predict the hydrological response using Integrated Flood Analysis (IFAS) model in upper Nan sub-watershed. The rainfall amount data for the past 30 years (1986 - 2015) which are classified as normal and La Nina year. Moreover, predicted runoff from climate change scenario (2050 and 2070 yr.) which based on the global climate change forecast model (GCM) under RCP 8.5 of The UN Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) issue 5. Then some hydrological characteristics include a percentage of rainfall runoff ratio, specific yield, total flow and peak flow were analyzed. The results found that the annual average runoff during 1986 - 2015 was 3,446.19 m^3/s which is highest in the year of La Nina (2011) as 4,893.24 m^3/s. It was found that the IFAS model performs well in predicting runoff compared with measurement data with the NSE ranged 0.81 to 0.83 and the percentage error ranged 1.45 – 24.11%. While, runoff estimation during the climate change scenario was predicted in 2050 and 2070 years. The average annual runoff were 1,736.88 and 1,795.85 m^3/s, respectively and lower than normal years as 13.1% and 10.2%, respectively. Beside, some hydrological characteristics in the upper Nan sub-watershed found that percentage of rainfall runoff was 17.29%, specific yield was 10.78 $m^3/s/km^2/year$, total flow was 23,989.62 m^3/s and peak flow was 367.44 m^3/s. It can be implied that IFAS model can perform well to predict streamflow in the upper Nan sub-watershed and less effect a climate change on streamflow.

Keywords: Hydrologic response, Climate change, Integrated Flood Analysis System (IFAS)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์การตอบสนองทางอุทกวิทยา โดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง Integrated Flood Analysis System (IFAS) บริเวณลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบน จากปริมาณน้ำฝนย้อนหลัง 30 ปี (พ.ศ. 2529-พ.ศ. 2558) จำแนกเป็นปีปกติ และปีลานีญา และคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าจากภาพเหตุการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (พ.ศ. 2593 และ พ.ศ. 2613) จากปริมาณน้ำฝนในรายงานการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ฉบับที่ 5 ของ IPCC พร้อมทั้งวิเคราะห์ลักษณะทางอุทกวิทยาบางประการ ได้แก่ สภาพการให้น้ำท่า ร้อยละน้ำท่าต่อน้ำฝน ปริมาณน้ำท่ารวม และปริมาณน้ำท่าสูงสุด ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำท่าช่วงปี พ.ศ. 2529-พ.ศ. 2558 มีค่าเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 3,446.19 ลบ.ม./วินาที โดยมีค่าสูงสุดในปีลานีญา (พ.ศ. 2554) มีค่าเท่ากับ 4,893.24 ลบ.ม./วินาที ทั้งนี้ พบว่า แบบจำลอง IFAS มีประสิทธิภาพดีในการพยากรณ์น้ำท่าเมื่อเทียบกับค่าตรวจวัดจริง โดยมีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนระหว่าง 1.45 - 24.11 และค่าดัชนี NSE ระหว่าง 0.81-0.83 ส่วนการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในช่วงที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่าช่วงที่มีการเพิ่มขึ้นของพลังงาน และความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ ในปี พ.ศ. 2593 และ พ.ศ. 2613 มีค่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1,736.88 และ 1,795.85 ลบ.ม./วินาที ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้ำท่าน้อยกว่าปีปกติร้อยละ 13.1 และ 10.2 ตามลำดับ ส่วนลักษณะทางอุทกวิทยาบางประการบริเวณลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบน พบว่าร้อยละน้ำท่าต่อน้ำฝน เท่ากับ ร้อยละ 17.29 สภาพการให้น้ำท่าเท่ากับ 10.78 ลบ.ม./วินาที/ตร.กม./ปี ปริมาณน้ำท่ารวมเท่ากับ 23,989.62 ลบ.ม./วินาที และปริมาณน้ำท่าสูงสุดเท่ากับ 367.44 ลบ.ม./วินาที จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า สามารถประยุกต์ใช้แบบจำลอง IFAS ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าบริเวณลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบนได้ดี และพบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตมีผลต่อปริมาณน้ำท่าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

คำสำคัญ: การตอบสนองทางอุทกวิทยา การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แบบจำลอง IFAS

คำนำ

อุทกภัยเป็นภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นในประเทศไทยเป็นประจำทุกปี ซึ่งนับวันยิ่งทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก โดยเฉพาะในปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา (La Nina phenomena) ซึ่งส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนมีปริมาณมากขึ้นจากปกติ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2546) นอกจากนี้ ระดับความรุนแรงของอุทกภัยยังขึ้นอยู่กับรูปแบบการตอบสนองตามลักษณะเฉพาะของโครงสร้างระบบนิเวศลุ่มน้ำนั้นๆ โดยเฉพาะบริเวณลุ่มน้ำที่มีพื้นที่ราบติดกับภูเขาสูง (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2551) ลุ่มน้ำที่ประสบปัญหาดังกล่าวอยู่เป็นประจำคือ ลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบน ซึ่งเป็นลุ่มน้ำที่อยู่ทางตอนบนของลุ่มน้ำน่าน เนื่องจากสภาพภูมิศาสตร์ของจังหวัดน่านที่มีทิวเขาหลวงพระบางและทิวเขาผีปันน้ำทอดยาวทั่วทั้งจังหวัดในทิศเหนือใต้ ซึ่งตั้งฉากกับแนวการเคลื่อนที่ของพายุหมุนเขตร้อนและแนวของร่องมรสุม ประกอบกับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบน โดยทั่วไปมีสภาพส่วนใหญ่เป็นภูเขาลาดชัน ส่งผลให้ง่ายต่อการเกิดน้ำท่วมฉับพลัน จากรายงานสถิติการเกิดอุทกภัยของกรมอุตุนิยมวิทยา (2553) รายงานว่ามีอุทกภัยเกิดขึ้นกระจายอยู่ในบริเวณลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบนในช่วง พ.ศ. 2542 – พ.ศ. 2552 ทั้งหมด 24 ครั้ง โดยพบว่ามีความถี่สูงในช่วง 5 ปีหลัง เนื่องจากมีความผันผวนของลักษณะอากาศสูง

ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้แบบจำลองในการประเมินปริมาณน้ำท่าอย่างแพร่หลาย โดยแบบจำลอง Integrated Flood Analysis System (IFAS) เป็นแบบจำลองอุทกวิทยาที่มีประสิทธิภาพสูงในการศึกษา

ปริมาณน้ำท่าและประยุกต์ใช้ในการศึกษาอุทกภัย เนื่องจากข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์สามารถเตรียมได้ทั้งจากภาคสนามและข้อมูลระยะไกล มีขั้นตอนการวิเคราะห์แบบกระจายทั้งพื้นที่จึงแสดงผลลัพธ์ได้ทุกตำแหน่งที่สนใจ และสามารถแสดงผลลัพธ์ได้หลากหลายรูปแบบทั้งในเชิงปริมาณและเชิงพื้นที่ ทำให้ง่ายต่อการวางแผนบริหารจัดการน้ำในแต่ละพื้นที่ การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง IFAS ในการประเมินปริมาณน้ำท่า ในปีปกติ (normal year) ปีลานีญา (La Nina) และปีที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) และเปรียบเทียบลักษณะทางอุทกวิทยาบางประการในแต่ละปี บริเวณลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบน ทั้งนี้ ผลการศึกษาที่ได้สามารถเป็นฐานข้อมูลใช้ในการตัดสินใจเพื่อเตรียมการป้องกัน และลดความเสียหายจากอุทกภัย ภายใต้เงื่อนไขปริมาณน้ำฝนสภาวะต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

อุปกรณ์ และวิธีการ

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลอง IFAS ซึ่งเป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาเพื่อประมาณปริมาณน้ำท่าในปีปกติ และปีที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมไปถึงการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในอนาคต พร้อมทั้งวิเคราะห์การตอบสนองทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำต่อปริมาณน้ำฝนแต่ละเหตุการณ์ บริเวณลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบน ซึ่งมีวิธีการศึกษาดังนี้

การรวบรวม และเตรียมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการนำเข้าแบบจำลอง IFAS ได้แก่ (1) ขอบเขตลุ่มน้ำน่านตอนบน จากฐานข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำในรูปแบบ shape file (.shp) (2) รวบรวมข้อมูลสถานีตรวจวัดน้ำฝน และปริมาณน้ำฝนรายวัน ย้อนหลัง 30 ปี (พ.ศ. 2529 – พ.ศ. 2558) จากสถานีตรวจวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน แล้วจำแนกปีที่เป็นปีปกติ (normal year) และปีลานีญา (La Nina) โดยพิจารณาตามสถิติการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา จากตารางดัชนี Oceanic Nino Index (ONI) ของ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ซึ่งปีปกติ หมายถึง ปีที่ไม่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา ได้แก่ ปี พ.ศ. 2533 พ.ศ. 2536 และ พ.ศ. 2556 และปีลานีญา หมายถึง ปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญารุนแรง ได้แก่ ปี พ.ศ. 2543 พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2554 (3) ข้อมูลเชิงพื้นที่ จาก ISCGM ได้แก่ แบบจำลองความสูงเชิงเลข และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเชิงเลข พ.ศ. 2552 บริเวณลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบน ความละเอียด 1 ตารางกิโลเมตร ดาวน์โหลดฟรีจาก International Streering Committee for Global Mapping (ISCGM) ด้วยแบบจำลอง IFAS และรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน ย้อนหลัง 30 ปี (พ.ศ. 2529 – พ.ศ. 2558) จากกรมชลประทาน

การประมาณปริมาณน้ำท่าโดยแบบจำลอง IFAS

การประมาณปริมาณน้ำท่าโดยแบบจำลอง IFAS กำหนดขนาดกริด (cell size) ขนาด 1 ตารางกิโลเมตร และรอบเวลาในการคำนวณเป็นแบบรายวัน โดยกำหนดให้บริเวณสถานีตรวจวัดน้ำท่าที่สถานี N.1 ของกรมชลประทาน เป็นจุดน้ำออก (outlet) ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าของแบบจำลอง IFAS มีหลักการคำนวณแบบ tank model จากข้อมูลความสูงของพื้นที่ และการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบเชิงเลข ร่วมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันแบบแผนที่ราสเตอร์ โดยแปลงข้อมูลปริมาณน้ำฝนแบบจุดเป็นราสเตอร์ด้วยวิธีการประมาณค่า (interpolation) ข้อมูลน้ำฝน ด้วยเทคนิค Inverse Distance Weighted Method (IDW) ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ซึ่งเป็นการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนให้พื้นที่ทุกกริดในตำแหน่งที่ไม่ทราบค่า โดยอาศัยการกระจายข้อมูลจากจุดที่ทราบค่าตามระยะทาง (ทัศวรรณ, 2556) จากนั้นทำการประมวลผลปริมาณน้ำท่าด้วยค่าพารามิเตอร์ตั้งต้นที่กำหนดในแบบจำลอง IFAS และ

แสดงผลลัพธ์ปริมาณน้ำท่าเป็นตารางในรูปแบบ csv file โดยเลือกคำสั่ง Time Series Table

การปรับแก้และการสอบเทียบความถูกต้องของแบบจำลอง (model calibration and validation)

แบบจำลอง IFAS เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดยประเทศญี่ปุ่น การประมาณปริมาณน้ำท่าโดยค่าพารามิเตอร์ตั้งต้นที่กำหนดจากแบบจำลองจึงอาจไม่สะท้อนถึงลักษณะภูมิประเทศ และลักษณะทางอุทกวิทยาที่แท้จริงของลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบน จึงจำเป็นต้องปรับค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อลักษณะทางอุทกวิทยา จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองในปีปกติโดยนำข้อมูลปริมาณน้ำท่าปี พ.ศ. 2533 และ พ.ศ. 2536 ที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดจริง ของกรมชลประทาน และใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าปี พ.ศ. 2543 และ พ.ศ. 2553 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองในปีลานีญา โดยใช้ดัชนี Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) จากสูตรของ Nash and Sutcliffe (1970) ดังสมการที่ 1 และร้อยละความคลาดเคลื่อน (Relative Error) จากสูตรของ Abramowitz and Stegun (1972) ดังสมการที่ 2 ในการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง และทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองในการทำนายน้ำท่าในช่วงเวลาที่อยู่นอกเหนือจากการสอบเทียบแบบจำลอง ได้แก่ ปี พ.ศ. 2536 ในปีปกติ และ พ.ศ. 2554 ในปีลานีญา

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} (Y-\hat{Y})^2}{\sum_{i=1}^{n} (Y-\overline{Y})^2} \quad (1)$$

$$\text{Percentage Error} = \frac{|\hat{Y}-Y|}{Y} \quad (2)$$

เมื่อ Y คือ ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานี N.1

$\hat{Y}$ คือ ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง และ

$\overline{Y}$ คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดที่สถานี N.1

การสร้างภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

สร้างภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกในอนาคต ได้แก่ พ.ศ. 2593 และ พ.ศ. 2613 โดยดาวน์โหลดข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ได้จากการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศด้วยแบบจำลองภูมิอากาศโลก (GCM) ในรายงานการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ฉบับที่ 5 จาก The UN Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ซึ่งแสดงใน www.worldclim.org โดยใช้ข้อมูลจากภาพเหตุการณ์ที่ค่าพลังงานในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 8.5 วัตต์ต่อตารางเมตรจากยุคอุตสาหกรรม และความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกมากกว่า 1,370 ส่วนในล้านส่วน หลังปี พ.ศ. 2543 หรือ Representative Concentration Pathways 8.5 (RCP 8.5) ซึ่งเป็นภาพเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกที่มีการสะสมค่าพลังงานความร้อนในบรรยากาศมากที่สุด เสนอในรายงานฉบับนี้

การวิเคราะห์ลักษณะทางอุทกวิทยาบางประการ

การประยุกต์ใช้ข้อมูลอุทกวิทยาจากแบบจำลอง IFAS เพื่อศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยาบางประการในปีปกติ ปีลานีญา และภาพเหตุการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ บริเวณลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบน โดยศึกษาในประเด็นต่างๆ ได้แก่ (1) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำฝน หรือร้อยละน้ำท่าต่อน้ำฝน (percentage of rainfall runoff ratio) โดยการหาสัดส่วนระหว่างปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลาเดียวกัน (2) วิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าต่อพื้นที่ลุ่มน้ำ หรือสภาพการให้น้ำท่า (specific yield) โดยการหาสัดส่วนระหว่างปริมาณน้ำท่าต่อพื้นที่ลุ่มน้ำ (3) วิเคราะห์ความแตกต่างของน้ำท่ารวม (total flow) รายเดือน และความแตกต่างของน้ำท่าสูงสุด (peak flow) ระหว่างปีปกติกับปีลานีญา และปีที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยการทดสอบความแตกต่างของ

ปริมาณน้ำท่าแต่ละเหตุการณ์ โดยใช้สถิติ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์

การประมาณปริมาณน้ำท่าโดยแบบจำลอง IFAS

การประมาณปริมาณน้ำท่าช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม – ตุลาคม) จำแนกเป็นปีที่มีปริมาณน้ำฝนปกติ (พ.ศ. 2533 พ.ศ. 2536 และ พ.ศ. 2556) และปีลานีญา (พ.ศ. 2543 พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2554) พบว่า ปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยของปีปกติ และปีลานีญา มีค่าเท่ากับ 3,455.8 และ 6,372.09 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตามลำดับ โดยสามารถแยกอธิบายปริมาณน้ำท่าในแต่ละปีได้ดัง Table 1 ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่า ปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยในปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญามีปริมาณเพิ่มขึ้น 2,916.29 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที คิดเป็นร้อยละ 84.4 ของปริมาณน้ำท่าในปีปกติ เนื่องจากลานีญาเป็นปรากฏการณ์ที่ลมสินค้า (trade wind) มีกำลังแรงมากกว่าปกติ จึงพัดพาผิวน้ำทะเลที่อุ่นจากตะวันออกของแปซิฟิกเขตศูนย์สูตรไปสะสมอยู่ทางตะวันตกมากยิ่งขึ้น ทำให้บริเวณดังกล่าวมีอุณหภูมิผิวน้ำทะเลสูงขึ้นอีก (มันทนา, 2531) ส่งผลให้มีการลอยตัวขึ้นของไอน้ำและกลั่นตัวเป็นเมฆและฝน (Glantz, 2001) ทำให้ปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญาขนาดปานกลางถึงรุนแรงส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าปกติ (มันทนาและสุดาพร, 2542)

Table 1 Streamflow from IFAS simulated model and observed data in a normal and La Nina years.

month	year	normal year		year	La Nina year	
		Simulated	Observed		Simulated	Observed
May	1990	1,634.74	693.30	2000	2,078.74	1,900.46
June		2,310.71	1,666.90		4,316.52	2,869.85
July		4,816.13	5,121.70		7,743.79	9,021.45
August		3,998.43	5,754.30		5,701.72	6,302.85
September		2,894.21	4,877.50		4,829.61	8,885.40
October		1,684.78	2,330.70		2,187.55	3,377.40
May	1993	1,684.78	2330.70	2010	1,350.09	487.80
June		1,485.63	698.50		1,382.00	551.10
July		7,567.11	7,597.81		6,539.85	5,185.75
August		3,918.38	4,517.40		17,054.25	17,534.15
September		3,601.19	3,594.90		10,526.80	12,927.00
October		1,773.42	2,320.30		3,159.55	3,302.00
May	2013	1,085.91	544.18	2011	1,564.16	2,785.67
June		1,907.17	862.43		7,247.65	7,932.70
July		3,687.78	4,782.89		11,326.94	13,697.05
August		9,365.62	9,696.42		12,751.47	18,725.25
September		6,127.47	6,641.07		10,918.57	14,280.45
October		2,661.05	2,673.37		4,018.45	5,599.95
average		3,455.80	3,705.80		6,372.09	7,520.35

การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าจากภาพเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ปี พ.ศ. 2593 และ พ.ศ. 2613 ด้วยข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากรายงานการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ที่ระดับ RCP 8.5 พบว่า ปี พ.ศ. 2593 ปริมาณน้ำท่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,789.77 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 6,303.24 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 599.18 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ส่วนในปี พ.ศ. 2613 พบว่า มีปริมาณน้ำท่าสูงกว่า พ.ศ. 2593 โดยมีค่าเฉลี่ยรายเดือนเท่ากับ 2,855.79 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดเท่ากับ 6,126.13 และ 644.66 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่า พ.ศ. 2593 และ พ.ศ. 2613 มีปริมาณน้ำท่าลดลงจากปีปกติ 666.03 และ 600.01 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที คิดเป็นร้อยละ 19.3 และ 17.4 ของปริมาณน้ำท่าในปีปกติ ตามลำดับ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (RCP 8.5) ส่งผลให้ปริมาณฝนรายปีบริเวณภาคเหนือมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย (ศูนย์ภูมิอากาศ, 2559) ทำให้ปริมาณน้ำท่ามีแนวโน้มลดลงด้วย (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2551) อย่างไรก็ตาม พ.ศ. 2593 และ พ.ศ. 2613 มีปริมาณน้ำฝนแตกต่างจากปีปกติเพียงเล็กน้อย ส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าแตกต่างกันเล็กน้อย

การปรับแก้ความถูกต้องของการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง IFAS

การปรับแก้ความถูกต้องของการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง IFAS โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการเกิดน้ำท่า ได้แก่ ปริมาณน้ำใต้ดินแรกเริ่ม (AUD) สัมประสิทธิ์สัดส่วนของน้ำใต้ดินที่สามารถไหลออกจากชั้นหินอุ้มน้ำและกลายเป็นน้ำผิวดิน (AGD) การซึมน้ำของดิน (SKF) และสัมประสิทธิ์น้ำใต้ดินที่จะกลายเป็นน้ำท่า (FALFX) แล้วสอบเทียบแบบจำลองโดยพิจารณาจากความคล้ายคลึงกันระหว่างกราฟน้ำท่าจากแบบจำลอง และจากการตรวจวัดของกรมชลประทาน (Figure 1) และพิจารณาค่าดัชนี NSE และร้อยละความคลาดเคลื่อนที่อยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ในทางสถิติ พบว่า ในปีปกติมีลักษณะความผันแปรของกราฟน้ำท่าจากแบบจำลองและจากสถานีตรวจวัดใกล้เคียงกัน โดยมีร้อยละความคลาดเคลื่อน 9.96 และมีค่า NSE เท่ากับ 0.81 อยู่ในระดับดี ส่วนในปีลานีญา มีลักษณะความผันแปรของกราฟน้ำท่าจากแบบจำลองและจากสถานีตรวจวัดคล้ายกัน แต่มีปริมาณการไหลสูงสุด (peak flow) บางช่วงไม่ตรงกัน โดยมีร้อยละความคลาดเคลื่อน 7.57 และมีค่า NSE เท่ากับ 0.83 อยู่ในระดับดี จึงถือว่าแบบจำลอง IFAS มีความสามารถในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบนได้ดี และเมื่อทดสอบแบบจำลองในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า ปี พ.ศ. 2556 (ปีปกติ) และ พ.ศ. 2554 (ปีลานีญา) (Figure 2) พบว่า ในปีปกติมีลักษณะความผันแปรของกราฟน้ำท่าจากแบบจำลองและจากสถานีตรวจวัดใกล้เคียงกัน โดยมีร้อยละความคลาดเคลื่อน 1.45 และมีค่า NSE เท่ากับ 0.82 ซึ่งอยู่ในระดับดี ส่วนในปีลานีญามีลักษณะความผันแปรของกราฟน้ำท่าจากแบบจำลองและจากสถานีตรวจวัดใกล้เคียงกัน ยกเว้นปริมาณน้ำท่าสูงสุด (peak flow) ในช่วงเดือนกรกฎาคม ซึ่งกราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดค่อนข้างมาก เนื่องจากยอดน้ำในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นยอดน้ำที่เกิดขึ้นหลังยอดน้ำสูงสุดในช่วงปลายเดือนมิถุนายน น้ำท่าที่ตรวจวัดได้ในเดือนกรกฎาคมจึงอาจได้รับอิทธิพลจากฝนที่ตกลงมาก่อนหน้า (Antecedent Precipitation Index; API) ร่วมด้วย ดังที่ พงษ์ศักดิ์ และคณะ (2554) กล่าวว่า ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาก่อนหน้ามีผลต่อปริมาณน้ำท่าในลำธารร้อยละ 77.59 ซึ่งผลจากการสอบเทียบ พบว่ามีร้อยละความคลาดเคลื่อน 24.11 และมีค่า NSE เท่ากับ 0.77 อยู่ในระดับดี แบบจำลอง IFAS จึงมีประสิทธิภาพในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า

ในลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบนได้ในช่วงเวลาอื่นนอกเหนือจากข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองได้ในระดับดี

จากการพิจารณากราฟน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง พบว่า ปริมาณการไหลของน้ำท่ามีความถูกต้องใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดจริงในช่วงที่ปริมาณการไหลเพิ่มสูงขึ้นหลังจากที่ฝนตก (rising limb of hydrograph) รวมถึงช่วงที่ปริมาณการไหลของน้ำท่าขึ้นสูงสุดของฝนแต่ละครั้ง (peak flow) แต่ในช่วงน้ำลดหลังจากฝนผ่านไปแล้ว (falling limb of hydrograph) จะมีค่าต่ำกว่าข้อมูลตรวจวัดจริง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ทัตธนภรณ์ (2558) ซึ่งให้เหตุผลว่าความผิดพลาดของการทำนายปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำลด

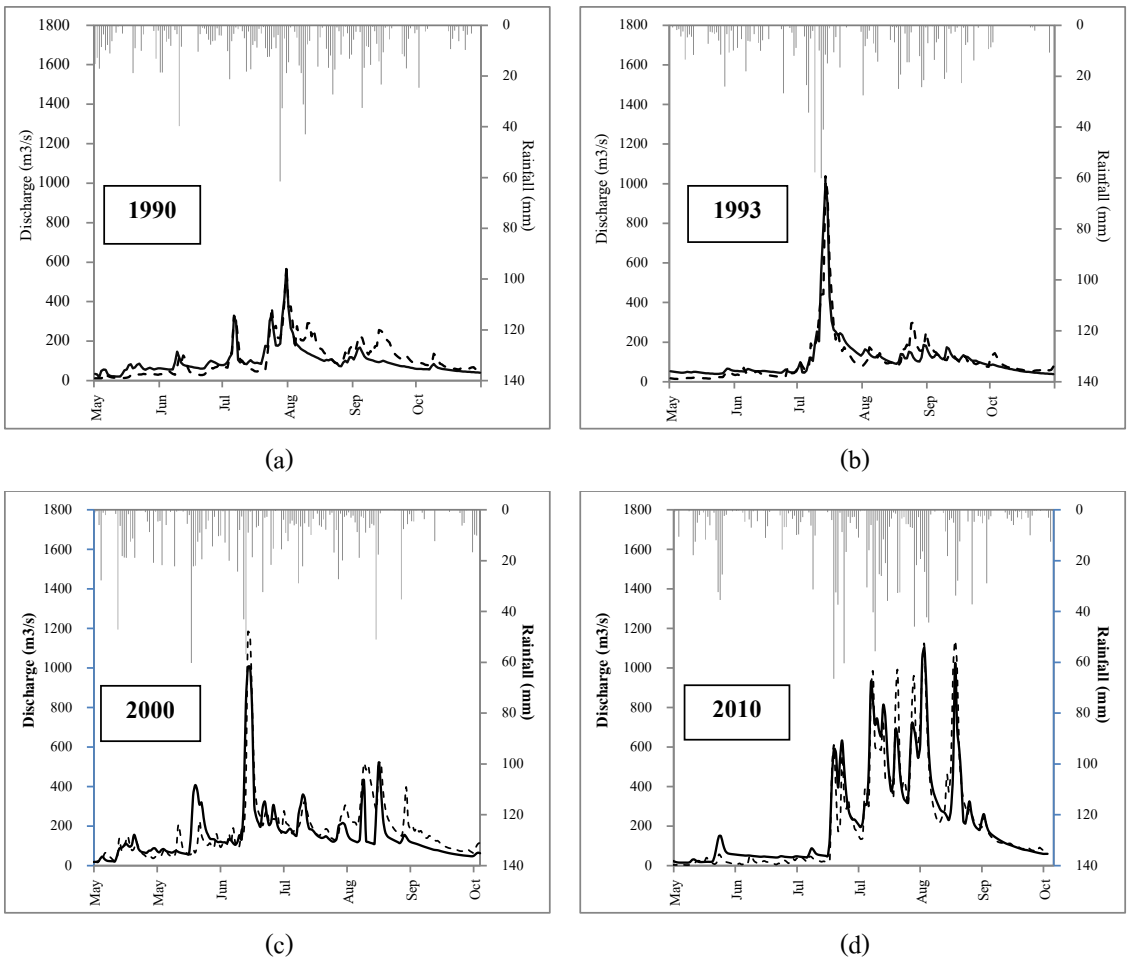


Figure 1 Model calibration in a normal year (a and b) and La Nina phenomena (c and d).

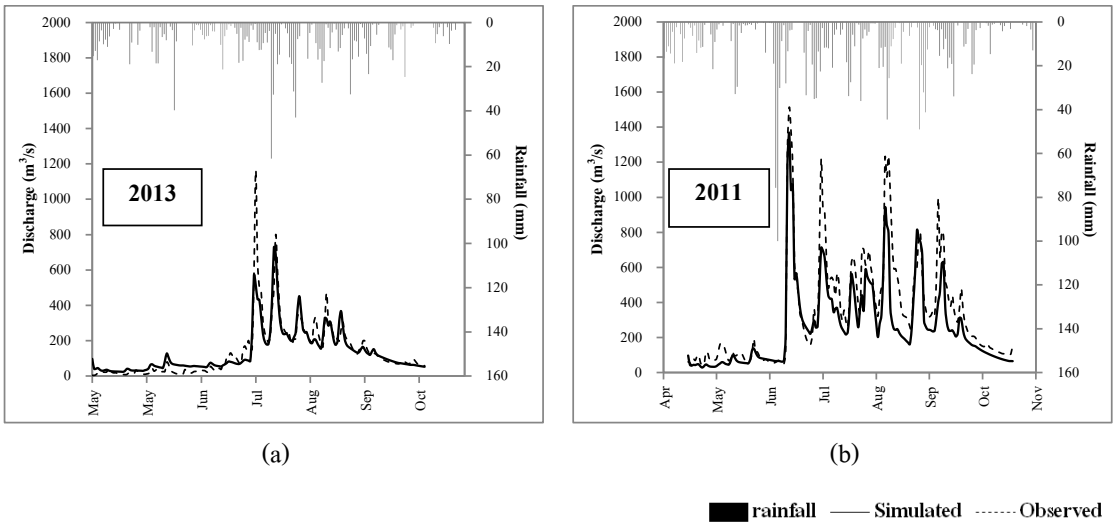


Figure 2 Model validation in a normal year (a) and La Nina phenomena (b).

หลังจากฝนผ่านไปเกิดจากความคลาดเคลื่อนจากการตรวจวัดข้อมูลในช่วงเวลาที่น้ำท่ามีปริมาณน้อย เนื่องจากอุปกรณ์ตรวจวัดไม่สามารถวัดความเร็วของกระแสน้ำได้หากมีระดับน้ำในแม่น้ำต่ำเกินไป กรมชลประทานจึงใช้วิธีคำนวณปริมาณการไหลของน้ำท่าจากการอ่านค่าจากความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณการไหลของน้ำ (rating curve) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวอาจคลาดเคลื่อนจากข้อมูลจริง อย่างไรก็ตาม การคาดการณ์น้ำท่ามุ่งเน้นการทำนายปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำมากเป็นหลัก ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในช่วงน้ำน้อยจึงไม่มีความสำคัญมากนัก

ลักษณะทางอุทกวิทยาบางประการ

การศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยาบางประการในปีปกติ ปีลานีญา และภาพเหตุการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สามารถอธิบายแต่ละประเด็น ได้ดังนี้ (Table 2)

ร้อยละน้ำท่าต่อน้ำฝน (percentage of rainfall runoff ratio)

จากการศึกษาร้อยละของการเกิดปริมาณน้ำท่ารายเดือนต่อปริมาณน้ำฝน พบว่า ร้อยละน้ำท่าต่อน้ำฝนมีค่าสูงสุดในปีลานีญา มีค่าร้อยละ 31.32 รองลงมา คือ ปีปกติ ปี พ.ศ. 2593 และ พ.ศ. 2613 มีค่าร้อยละ 17.29, 19.56 และ 17.54 ตามลำดับ ซึ่งร้อยละน้ำท่าต่อน้ำฝนมีค่าสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม เนื่องจากเป็นช่วงที่มีร่องความกดอากาศต่ำจากทางตอนใต้ของประเทศจีนพาดผ่านบริเวณประเทศไทย ทำให้มีฝนชุกต่อเนื่อง และมีปริมาณฝนเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนกรกฎาคม (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2537) และมีร้อยละของน้ำท่าต่อน้ำฝนต่ำสุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ และเมื่อเปรียบเทียบร้อยละน้ำท่าต่อน้ำฝนของลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบนกับพื้นที่ป่าต้นน้ำธรรมชาติทั่วไปที่มีปริมาณน้ำฝนใกล้เคียงกัน พบว่า ลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบนมีความสามารถในการให้น้ำท่าเมื่อเทียบกับน้ำฝนที่ตกลงมาได้น้อยกว่าพื้นที่ป่าต้นน้ำธรรมชาติ ซึ่งให้น้ำไหลในลำธารเฉลี่ยร้อยละ 23.30 ของปริมาณน้ำฝน (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2554)

สภาพการให้น้ำท่า (specific yield)

จากการศึกษาอัตราการเกิดน้ำท่าต่อพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบน ที่มีพื้นที่ลุ่มน้ำขนาด 2,224.77 ตารางกิโลเมตร พบว่า สภาพการให้น้ำท่า มีปริมาณมากที่สุดในปีลานีญา มีค่า 26.39 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตรต่อปี รองลงมาคือปีปกติ ปี

พ.ศ. 2613 และ พ.ศ. 2593 มีค่า 10.78, 9.69 และ 9.37 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตรต่อปี ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบสภาพการให้น้ำท่าในแต่ละปี พบว่า ในปีลานีญา มีสภาพการให้น้ำท่าคิดเป็นร้อยละ 1.45 ของปีปกติ เนื่องจากเมื่อมีปริมาณน้ำฝนมาก จึงเกิดน้ำส่วนที่เกินความสามารถในการรองรับของดินและเกิดการไหลเป็นน้ำท่าผิวดิน ส่วนปี พ.ศ. 2613 และ พ.ศ. 2593 มีสภาพการให้น้ำท่าน้อยกว่าปีปกติ คิดเป็นร้อยละ 0.1 และ 0.13 ของปีปกติ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม สภาพการให้น้ำท่าในแต่ละเหตุการณ์มีค่าต่างกันเพียงเล็กน้อย เนื่องจากปริมาณน้ำฝนไม่แตกต่างกันมากนัก

Table 2 Some hydrological characteristics in upper Nan sub-watershed.

hydrological characteristics	year			
	normal	La Nina	2050	2070
percentage of rainfall runoff (%)	17.29	31.32	19.56	17.54
specific yield ($m^3/s/km^2/yr.$)	10.78	26.39	9.37	9.69
total flow (m^3/s)	23,990.60	58,719.90	20,843.60	21,550.30
peak flow (m^3/s)	367.44	1,560.40	248.52	229.09

วินาที ในทุกช่วงปี ส่วนปริมาณน้ำท่าสูงสุดเกิดขึ้นในช่วงเดือนกรกฎาคม และสิงหาคม มีค่า 14,569.8, 6,303.2, 6,126.1 และ 5,210.5 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในปีลานีญา ปี พ.ศ. 2593 ปี พ.ศ. 2613 และปีปกติ ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้ำท่าค่อนข้างน้อยในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนเมษายนจนมีค่าสูงสุดในช่วงระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน แล้วจึงค่อยๆ ลดลงไปจนถึงเดือนธันวาคม (Figure 3) เนื่องจาก ช่วงระหว่างเดือนสิงหาคมถึงกันยายน เป็นช่วงที่บริเวณภาคเหนือตอนบนได้รับอิทธิพลจากพายุเขตร้อนที่เคลื่อนที่มาจากทะเลจีนใต้ฝั่งประเทศเวียดนามและสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำกำลังแรงพาดผ่านเข้ามา (จตุพร, 2555) ประกอบกับลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบนมีทิวเขาหลวงพระบาง และทิวเขาผีปันน้ำวางตัวตั้งฉากกับแนวการเคลื่อนที่ของพายุหมุนเขตร้อน และแนวของร่องมรสุม ส่งผลให้ปริมาณน้ำท่ามีแนวโน้มดังกล่าว และจากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติระหว่างปีปกติ กับปีลานีญา ปี พ.ศ. 2593 และ พ.ศ. 2613 ด้วยการทดสอบ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า ปริมาณน้ำท่ารายปีในปีลานีญา ปี พ.ศ. 2593 และ พ.ศ. 2613 ไม่มีความแตกต่างจากปีปกติ แต่เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างปริมาณน้ำท่าเฉพาะช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม - ตุลาคม) พบว่า ปริมาณน้ำท่ารวมในปีลานีญามีความแตกต่างจากปีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างจาก ปี พ.ศ. 2593 และ พ.ศ. 2613 เนื่องจากปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝนของปีปกติกับ ปี พ.ศ. 2593 และ พ.ศ. 2613 มีปริมาณแตกต่างกันเล็กน้อย

ปริมาณน้ำท่ารวม (total flow)

จากการศึกษาปริมาณน้ำท่ารวมรายปี พบว่า ปริมาณน้ำท่ารวมรายปีมีปริมาณมากที่สุดในปีลานีญา มีค่า 58,719.9 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที รองลงมาคือปีปกติ ปี พ.ศ. 2613 และ พ.ศ. 2593 มีค่า 23,990.6 21,550.3 และ 20,843.6 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตามลำดับ มีปริมาณน้ำท่ารวมรายเดือนต่ำสุด 473 ลูกบาศก์เมตรต่อ

ปริมาณน้ำท่าสูงสุด (peak flow)

จากการศึกษาปริมาณน้ำท่าสูงสุด พบว่า ปริมาณน้ำท่าสูงสุดมีปริมาณมากที่สุดในปีลานีญา มีค่า 1,560.40 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในช่วงปลายเดือนมิถุนายน รองลงมาคือปีปกติ มีค่า 367.44 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในช่วงปลายเดือนกรกฎาคม และปี พ.ศ. 2593 และ พ.ศ. 2613 มีค่า 248.52 และ 229.09 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ในช่วงปลายเดือนสิงหาคม จาก

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญาอาจเกิดน้ำหลากเร็วขึ้น และรุนแรงกว่าปกติ เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติระหว่างปีปกติกับปีลานีญาปี พ.ศ. 2593 และ พ.ศ. 2613 ด้วยการทดสอบ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า ปริมาณน้ำท่าสูงสุดในปีลานีญามีความแตกต่างจากปีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในปีปกติไม่มีความแตกต่างจากปี พ.ศ. 2593 และ พ.ศ. 2613 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบปริมาณน้ำท่ารวมในช่วงฤดูฝน

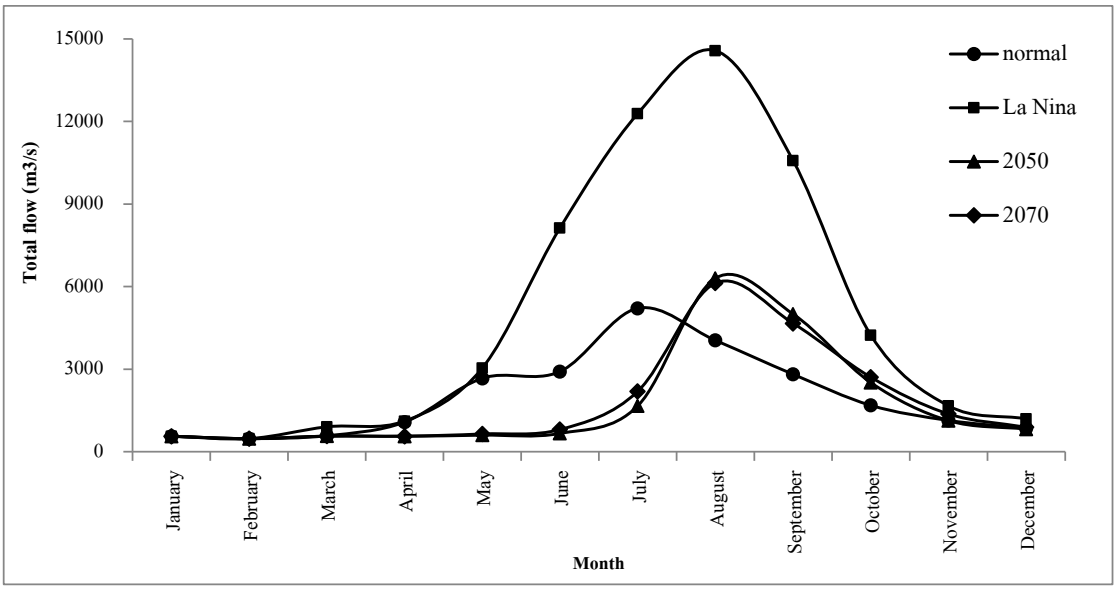


Figure 3 Total flow in a normal year, La Nina phenomena and climate change scenario.

สรุป

การประมาณปริมาณน้ำท่าโดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง IFAS บริเวณลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบน พบว่า ปริมาณน้ำท่าในปีปกติมีค่าสูงสุดในเดือนกรกฎาคม เท่ากับ 5,210.5 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยที่ปริมาณน้ำท่าสูงสุดในปีลานีญา มีปริมาณมากขึ้นจากปีปกติ คิดเป็นร้อยละ 84.4 ของปริมาณน้ำท่าในปีปกติ ส่วนปีที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (พ.ศ. 2593 และ พ.ศ. 2613) มีปริมาณน้ำท่าน้อยลง เท่ากับ 19.3 และ 17.4 ของปริมาณน้ำท่าในปีปกติ ตามลำดับ ซึ่งจากการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง พบว่า แบบจำลอง IFAS มีประสิทธิภาพในการประเมินปริมาณน้ำท่าได้ในระดับดี โดยมีค่าดัชนี NSE อยู่ในช่วงระหว่าง 0.81 – 0.83 และมีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนระหว่าง 1.45 - 24.11 และจากการวิเคราะห์ลักษณะทางอุทกวิทยาบางประการ พบว่า ลุ่มน้ำย่อยน่านตอนบน มีร้อยละน้ำท่าต่อน้ำฝนเฉลี่ยสูงที่สุดในปีลานีญา เท่ากับร้อยละ 31.32 รองลงมาคือปีปกติ เท่ากับร้อยละ 17.29 ซึ่งใกล้เคียงกับปีที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (พ.ศ. 2593 และ พ.ศ. 2613) มีค่าร้อยละ 19.56 และ 17.54 ตามลำดับ สภาพการให้น้ำท่าสูงสุดในปีลานีญา เท่ากับ 26.39 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ต่อตารางกิโลเมตรต่อปี รองลงมาคือปีปกติ ปี พ.ศ. 2613 และ พ.ศ. 2593 โดยมีค่า 10.78, 9.69 และ 9.37 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตรต่อปี ตามลำดับ ปริมาณน้ำท่ารวมสูงสุดในปีลานีญา มีค่า 58,719.90 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อปี ซึ่งปริมาณน้ำท่ารวมในช่วงเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม แตกต่างจากปีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติส่วนปริมาณน้ำท่ารวมในปี พ.ศ. 2593 และ พ.ศ. 2613 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากปีปกติ เช่นเดียวกันกับปริมาณน้ำท่าสูงสุด

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. 2551. **แผนปฏิบัติการป้องกันและบรรเทาปัญหาอุทกภัย วาตภัย และดินถล่ม**. แหล่งที่มา: http://www.cendru.eng.cmu.ac.th/web/13-2.htm., 17 ตุลาคม 2560.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2537. **ฤดูกาลของประเทศไทย.** แหล่งที่มา: https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=53., 6 ตุลาคม 2560.

_____. 2546. **เอลนีโญ**. แหล่งที่มา: http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=17., 19 พฤศจิกายน 2558.

_____. 2553. **รายงานความเสียหายจากการเกิดอุทกภัยจังหวัดน่าน พ.ศ. 2542-2552**. กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรุงเทพฯ.

จตุพร ผดุงกาญจน์. 2555. **ผลของปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา ต่อปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แตงเชิญ และคลองยัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทัตธนภรณ์ คำศรี. 2558. **การคาดการณ์น้ำท่าตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสภาพภูมิอากาศของลุ่มน้ำน่านตอนบน โดยใช้แบบจำลองอุทกวิทยาบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทัศวรรณ หานุภาพ. 2556. **การประเมินน้ำต้นทุนในเขตจังหวัดภูเก็ต**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล, สำเริง ปานอุทัย และบุญมา ดีแสง. 2554. แบบจำลองน้ำท่าป่าต้นน้ำ. *ใน* **เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการนิเวศวิทยาป่าไม้**. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

มันทนา พฤกษะวัน. 2531. **การหาผลกระทบของเอลนิโญที่มีต่อฝนในประเทศไทย**. เอกสารวิชาการเลขที่ 551.578.1-02-2531. กรมอุตุนิยมวิทยา, กรุงเทพฯ.

_____ และสุดาพร นิ่มมา. 2542. **ผลกระทบของลานีญาที่มีผลต่อฝนและอุณหภูมิของประเทศไทย**. เอกสารวิชาการเลขที่ 551.46-01-2542. กรมอุตุนิยมวิทยา, กรุงเทพฯ.

ศูนย์ภูมิอากาศ. 2559. **การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณฝนจากการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต.** เอกสารวิชาการเลขที่ 551.577.3-01-2559. กรมอุตุนิยมวิทยา, กรุงเทพฯ.

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. 2551. **ภาวะโลกร้อน: ผลกระทบต่อประเทศไทย.** แหล่งที่มา: http://www.greenpeace.org/seasia/th/solargen/climate-change/impacts/impacts-thailand/, 16 พฤศจิกายน 2560.

Abramowitz, M. and I.A. Stegun. 1972. **Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs, and Mathematical Tables**. Dover, New York.

Glantz, M.H. 2001. **Currents of Change: Impacts of El Niño and La Niña on Climate and Society**. 2nd edition. Cambridge University Press, United Kingdom.

Nash, J.E. and J.V. Sutcliffe. 1970. River flow forecasting through conceptual models part1: A discussion of principles. **Journal of Hydrology** 10 (3): 282-290.

นิพนธ์ต้นฉบับ

ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร (*Crinum thaianum* J. Schulze) บริเวณตำบลนาคา อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง

Factors Affecting People Participation in Water Onion (*Crinum thaianum* J. Schulze) Conservation at Nakha Sub-district, Suk Samran District, Ranong Province

ลักขณา แสงอุไรเพ็ญ[1,2*]
สมนิมิตร พุกงาม[1]
ปิยพงษ์ ทองดีนอก[1]

Lakkhana Saenguraipen[1,2*]
Somnimirt Pukngam[1]
Piyapong Tongdeenok[1]

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[2]กองคุ้มครองพันธุ์สัตว์ป่าและพืชป่าตามอนุสัญญา กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรุงเทพฯ 10900
Division of Wild Fauna and Flora Protection, Department of Nationnal Park Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, 10900 Thailand
*Corresponding Author, E-mail: prite-70@hotmail.com

รับต้นฉบับ 26 กุมภาพันธ์ 2561 รับลงพิมพ์ 28 มีนาคม 2561

ABSTRACT

The purposes of this research were to study level of people participation and factors affecting participation in water onion conservation at Nakha sub-district, Suk Samran district, Ranong province. Stratified sampling technique was used with the Yamane (1973) technique to determine the sample size of 170 households from 297 households in two villages. The households were divided into two categories as adjacent to the canal and non-adjacent to the canal. Data was collected by using a questionnaire and was analyzed by using descriptive statistics. Hypothesis test used statistical methods as follows t-test, F-test and Pearson's correlation at 95% confidence level.

The results showed that the level of people participation in water onion conservation at Nakha sub-district, Suk Samran district, Ranong province was at moderate level ($\overline{X}$=2.84). Factors affecting people participation in water onion conservation were educational level (F=4.069, p-value=0.019), resettled period (F=4.776, p-value=0.010), household annual income (F=3.927, p-value=0.022), land holding (t=2.351, p-value=0.026), status in community (t=6.280, p-value=0.000), opinions in water onion conservation guidelines (r=0.586, p-value=0.000) and expectation to benefit from the implementation in water onion conservation guidelines (r=0.491, p-value =0.000). Knowledge should be conveyed on how to conserve water onion. In addition, people needed to be motivated to participate conservation on the sustainable utilization of water onion seriously.

Keywords: Participations, Conservation, Water onion, Ranong province

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับการมีส่วนร่วม และปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารของประชาชน บริเวณตำบลนาคา อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง ใช้สูตรของ Yamane (1973) กำหนดขนาดตัวอย่างใน 2 หมู่บ้าน ได้จำนวน 170 ครัวเรือน จากครัวเรือนทั้งสิ้นจำนวน 297 ครัวเรือน สุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ โดยแบ่งเป็นครัวเรือนที่มีที่ดินติดคลองและไม่ติดคลอง ใช้แบบสอบถามรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และทดสอบสมมติฐานโดยใช้วิธีทางสถิติค่า t-test ค่า F-test และการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's correlation) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95%

ผลการศึกษา พบว่าการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารของประชาชน บริเวณตำบลนาคา อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนองอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$=2.84) ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร ได้แก่ ระดับการศึกษา (F=4.069, p-value=0.019) ระยะเวลาการตั้งถิ่นฐาน (F=4.776, p-value=0.010) รายได้ต่อปีของครัวเรือน (F=3.927, p-value=0.022) การมีที่ดินทำกิน (t=2.351, p-value=0.026) การมีบทบาทในสังคม (t=6.280, p-value=0.000) ความคิดเห็นที่มีต่อแนวทางการอนุรักษ์พลับพลึงธาร (r=0.586, p-value=0.000) และความคาดหวังที่จะได้รับประโยชน์จากการดำเนินการตามแนวทางการอนุรักษ์พลับพลึงธาร (r=0.491, p-value=0.000) ควรมีการถ่ายทอดองค์ความรู้ในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร และสร้างแรงจูงใจให้ชาวบ้านได้มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์และ ใช้ประโยชน์จากพลับพลึงธารอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การมีส่วนร่วม การอนุรักษ์ พลับพลึงธาร จังหวัดระนอง

คำนำ

พลับพลึงธาร (*Crinum thaianum* J. Schulze) เป็นพรรณไม้น้ำขนาดใหญ่ ลักษณะคล้ายหอมหัวใหญ่ ใบเป็นแถบสีเขียว ช่วยดักจับตะกอน ชะลอความเร็วของกระแสน้ำเป็นแหล่งหลบภัยของสัตว์น้ำ จึงมีความสำคัญต่อระบบนิเวศลำคลอง และเป็นตัวชี้วัดความสมบูรณ์ของระบบนิเวศลำคลองอีกด้วย พลับพลึงธารมีใบและดอกที่สวยงาม จึงเป็นที่นิยมนำไปประดับในตู้ปลา มีการใช้เป็นส่วนประกอบในครีมบำรุงผิว (Hiscock, 2003) ที่สำคัญพลับพลึงธารเป็นพืชถิ่นเดียว (endemic species) ของประเทศไทย ที่พบได้เฉพาะบริเวณจังหวัดระนองและจังหวัดพังงา ช่วงกลางน้ำถึงปลายน้ำ

ในอดีตบริเวณคลองนาคา ซึ่งเป็นคลองสายหลักของตำบลนาคามีการกระจายพันธุ์ของพลับพลึงธารอย่างหนาแน่น กลุ่มชาวบ้านในชุมชนจัดกิจกรรมเที่ยวชมดอกพลับพลึงธารผ่านกิจกรรม ล่องแพแลพลับพลึงธาร ดึงดูดนักท่องเที่ยวและสร้างรายได้ให้กับชุมชน แต่ปัจจุบันพลับพลึงธารลดจำนวนลงเป็นอย่างมาก สภาพถิ่นที่อยู่อาศัยของพลับพลึงธารเปลี่ยนแปลงไป เนื่องมาจากการขุดลอกคลอง และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่เหมาะสม ก่อให้เกิดตะกอนทับถมในลำคลอง คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไป กระแสน้ำเปลี่ยนทิศทางและไหลเร็วขึ้น รวมถึงการลักลอบขุดหัวพลับพลึงธาร ซึ่งยังไม่มีกฎหมายใดให้การคุ้มครอง จนถูกจัดอยู่ในสถานภาพใกล้สูญพันธุ์ (endangered; EN) (สายสุดใจ และ มานพ, 2553; สมศักดิ์, 2554) ที่ผ่านมาสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ตระหนักถึงความสำคัญของพลับพลึงธาร มีการศึกษาวิจัย ส่งเสริมการอนุรักษ์และฟื้นฟูพลับพลึงธาร การส่งเสริมการท่องเที่ยวในพื้นที่ แต่การอนุรักษ์พลับพลึงธารยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ดังจะเห็นได้จากการศึกษาของ นิรันดร์รัตน์

(2559) ศึกษาการแพร่กระจายและสถานภาพการอนุรักษ์พลับพลึงธารในประเทศไทย พบว่าการกระจายพันธุ์ของพลับพลึงธารลดลงอย่างต่อเนื่อง และได้ประเมินสถานภาพของพลับพลึงธารว่าอยู่ในเกณฑ์ใกล้สูญพันธุ์

การอนุรักษ์พลับพลึงธารให้ประสบความสำเร็จนั้นจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง และการมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่ก็เป็นส่วนสำคัญในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร ดังนั้น การศึกษาการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารของประชาชน บริเวณตำบลนาคา อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง ซึ่งเป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลัก จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการอนุรักษ์พลับพลึงธาร โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ สภาพเศรษฐกิจและสังคม ระดับการมีส่วนร่วม และปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารของประชาชน บริเวณตำบลนาคา อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง โดยสามารถนำไปสนับสนุนการวางแผนการกำหนดมาตรการ และส่งเสริมการอนุรักษ์พลับพลึงธารอย่างยั่งยืนได้ต่อไป

อุปกรณ์ และวิธีการ

ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

คัดเลือกหมู่บ้านที่พบการกระจายพันธุ์ของพลับพลึงธารในการเก็บข้อมูลจำนวน 2 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 5 บ้านฝายท่า และหมู่ที่ 7 บ้านไร่ใน มีจำนวนประชากรรวม 297 ครัวเรือน กำหนดขนาดตัวอย่างครัวเรือนโดยใช้สูตรของ Yamane (1973) ได้ขนาดตัวอย่าง จำนวน 170 ครัวเรือน จากนั้นสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (stratified random sampling) โดยใช้ข้อมูลการครอบครองที่ดินที่ติดคลองเป็นเกณฑ์แบ่งประชากรออกเป็น 2 ชั้นภูมิ และกระจายตัวอย่างแบบแบ่งสัดส่วน ได้จำนวนครัวเรือนตัวอย่างที่มีที่ดินติดคลอง จำนวน 35 ครัวเรือน และครัวเรือนตัวอย่างที่ไม่มีที่ดินติดคลอง จำนวน 135 ครัวเรือน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วยคำถามปลายปิดและปลายเปิด เพื่อรวบรวมข้อมูลทั่วไป ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคม ความคิดเห็นที่มีต่อการอนุรักษ์พลับพลึงธาร การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร (ด้านการคิดและวางแผน การดำเนินงานในการอนุรักษ์ การเข้าถึงและการใช้ประโยชน์ และการติดตามประเมินผล) ทำการทดสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (content validity) แล้วนำไปทดสอบ (pre-test) กับหมู่ที่ 4 บ้านไทรทอง จำนวน 30 ครัวเรือน จากนั้นทดสอบความน่าเชื่อถือ (reliability) ของเครื่องมือ โดยวิธี Cronbach's alpha (กัลยา, 2555) กับคำถามด้านความคิดเห็น และการมีส่วนร่วม ได้ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.860 และ 0.776 ตามลำดับ

การวัดระดับความคิดเห็นและการมีส่วนร่วม

การวัดระดับความคิดเห็นและการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารของประชาชน เป็นลักษณะคำถามที่มีคำตอบให้เลือก 5 ระดับ ตามแบบ Likert' s scale (สิน, 2554) โดยมีคะแนนเท่ากับ 1-5 (ระดับน้อยที่สุดถึงมากที่สุด) จากนั้นหาคะแนนเฉลี่ยของคำถามแต่ละข้อในแต่ด้านของแต่ละครัวเรือน และจัดระดับความคิดเห็นและการมีส่วนร่วมของประชาชนที่มีต่อการอนุรักษ์พลับพลึงธารแต่ละด้าน โดยแบ่งเป็น 5 ระดับตามความกว้างของอันตรภาคชั้นที่คำนวณได้เท่ากับ 0.80 กำหนดความหมายของระดับความคิดเห็นและการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร โดยนำคะแนนเฉลี่ยคำถามแต่ละด้านของตัวอย่างทุกครัวเรือนมาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำไปเปรียบเทียบกับอันตรภาคชั้นที่กำหนดไว้ โดยแบ่งเป็นช่วงคะแนน ได้แก่ 1.00-1.80, 1.81 – 2.60, 2.61 – 3.40, 3.41 – 4.20 และ 4.21 – 5.00 หมายถึง ระดับความคิดเห็น/การมีส่วนร่วมน้อยที่สุดถึงมากที่สุดตามลำดับ

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ (1) ค่าสถิติ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (2) ค่าสถิติ t-test และ F-test แบบ One-way ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธี Scheffe และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient; r) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95% โดยพิจารณาระดับน้ำหนักความสัมพันธ์ (determining the strength of the relationship) ตามคำแนะนำของ Hinkle *et al.* (1998) แบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่ 0.00-0.30, 0.31-0.50, 0.51-0.70, 0.71-0.90 และ 0.91-1.00 หมายถึง มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมากถึงระดับสูงมากตามลำดับ

สมมติฐานการวิจัย

1. ประชาชนที่มีปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ ระดับการศึกษา ระยะเวลาการตั้งถิ่นฐาน อาชีพ รายได้ต่อปีของครัวเรือน การมีที่ดินทำกิน การถือครองที่ดินติดลำคลอง การมีบทบาทในสังคม และการได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับพลับพลึงธารต่างกัน ทำให้การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารแตกต่างกัน

2. ความคิดเห็นของประชาชนที่มีต่อการอนุรักษ์พลับพลึงธาร มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร

กำหนดกรอบแนวคิดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม Figure 1

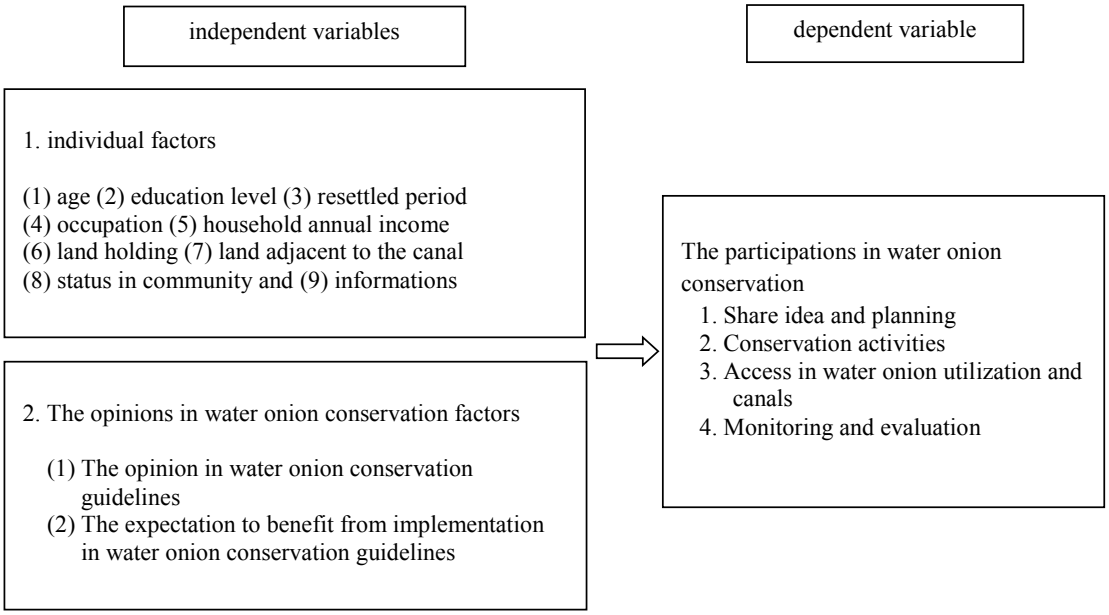


Figure 1 Relationships of independent variables and dependent variables.

ผลและวิจารณ์

การวิเคราะห์สภาพทางกายภาพของพื้นที่ตำบลนาคาและการกระจายพันธุ์ของพลับพลึงธาร

สภาพภูมิประเทศของตำบลนาคาส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 70 เป็นภูเขาสูงชันและป่าไม้ ลักษณะเป็นพื้นที่ราบเชิงเขาลงสู่ทะเล มีเนื้อที่ประมาณ 365 ตารางกิโลเมตร หรือ 228,181 ไร่ (สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน, 2557) มีระบบนิเวศป่าไม้ประกอบด้วย ป่าดิบชื้น ป่าชายเลน และป่าชายหาด โดยมีคลองนาคาเป็นคลองสายหลักของตำบล ไหลผ่าน 4 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 5 บ้านฝายท่า และบางส่วนของหมู่ที่ 2 บ้านนาพรุ หมู่ที่ 4 บ้านควนไทรงาม และหมู่ที่ 8 บ้านทุ่งถั่ว ซึ่งคลองนาคาเป็นคลองที่พบการกระจายพันธุ์ของพลับพลึงธารบริเวณหมู่ที่ 5 และบางส่วนของ

หมู่ที่ 4 และสามารถพบพลับพลึงธารในคลองสาขา คือ คลองเรือ ซึ่งไหลผ่านหมู่ที่ 7 บ้านไร่ใน

สภาพเศรษฐกิจและสังคมของชุมชน

ประชากรตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุอยู่ในช่วง 43-60 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษาร้อยละ 61.8 ไม่ใช่คนในพื้นที่ดั้งเดิม ร้อยละ 74.7 แต่มีการตั้งถิ่นฐานที่นี่มานานกว่า 20 ปี ร้อยละ 51.8 ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ร้อยละ 88.2 และมีรายได้ครัวเรือนต่อปีน้อยกว่า 100,000 บาท ร้อยละ 51.7 ส่วนใหญ่มีที่ดินเป็นของตนเอง ร้อยละ 84.7 มีการพึ่งพาทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ใกล้เคียง จึงทำให้รายได้ครัวเรือนเพียงพอกับรายจ่าย ร้อยละ 40.9 การทำการเกษตรส่วนใหญ่ปลูกพืชเชิงเดี่ยว ร้อยละ 74.8 ส่วนใหญ่ไม่มีบทบาทในสังคม ร้อยละ 71.2 แต่ส่วนใหญ่ได้รับข้อมูล ข่าวสารเกี่ยวกับความสำคัญของการอนุรักษ์พลับพลึงธาร ร้อยละ 92.3 และเข้าร่วมเป็นสมาชิกกลุ่มอนุรักษ์พลับพลึงธาร ร้อยละ 63.5

ความคิดเห็นที่มีต่อการอนุรักษ์พลับพลึงธารของประชาชน บริเวณตำบลนาคา อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง

ความคิดเห็นของประชากรตัวอย่างที่มีต่อการอนุรักษ์พลับพลึงธาร พบว่า อยู่ในระดับมาก มีคะแนนเฉลี่ย 3.78 โดยความคิดเห็นที่มีต่อแนวทางในการอนุรักษ์พลับพลึงธารอยู่ในระดับมาก คะแนนเฉลี่ย 3.76 ซึ่งประชากรตัวอย่างเห็นด้วยกับการจัดกิจกรรมการอนุรักษ์พลับพลึงธาร เพื่อช่วยให้ชุมชนตระหนักถึงความสำคัญของพลับพลึงธารมากขึ้น มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ 3.92 รองลงมา เห็นว่าควรมีการปลูกต้นไม้ หลากหลายชนิดบริเวณริมตลิ่ง ช่วยยึดเกาะหน้าดิน ลดการกัดเซาะ มีคะแนนเฉลี่ย 3.87 และการจัดประกวดหมู่บ้านอนุรักษ์พลับพลึงธารดีเด่น ช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการอนุรักษ์ มีคะแนนเฉลี่ย 3.85 อยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน ส่วนความคิดเห็นด้านความคาดหวังที่จะได้รับประโยชน์จากการดำเนินการตามแนวทางการอนุรักษ์พลับพลึงธาร มีคะแนนเฉลี่ย 3.81 อยู่ในระดับมาก โดยพบว่าประชาชนมีความภาคภูมิใจที่สามารถอนุรักษ์พลับพลึงธารให้คงอยู่ในพื้นที่ได้ มีคะแนนเฉลี่ย 4.11 รองลงมาประชากรตัวอย่างมีความคิดเห็นว่า พลับพลึงธารเป็นแหล่งท่องเที่ยวและแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ มีคะแนนเฉลี่ย 4.02 และ 3.93 ตามลำดับ ทั้งนี้ ระดับความคิดเห็นที่มีต่อการอนุรักษ์พลับพลึงธารส่วนใหญ่มีคะแนนสูง เนื่องจากประชาชนในพื้นที่มีความตระหนักถึงผลกระทบจากการลดจำนวนลงของพลับพลึงธารอย่างต่อเนื่องจากการประชาสัมพันธ์ของผู้นำชุมชน เจ้าหน้าที่ภาครัฐ เอกชน หน่วยงานอิสระ และสื่อสังคมต่างๆ

ระดับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารของประชาชน บริเวณตำบลนาคา อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง

การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารของประชากรตัวอย่าง พบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 2.84 อยู่ในระดับปานกลาง โดยครัวเรือนที่มีที่ดินติดคลอง มีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าครัวเรือนที่ไม่มีที่ดินติดคลอง (=2.95 และ 2.81 ตามลำดับ) การมีส่วนร่วมด้านการดำเนินงานในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ 3.29 รองลงมา ได้แก่ การมีส่วนร่วมด้านการคิดและวางแผน และการมีส่วนร่วมด้านการติดตามและประเมินผล มีคะแนนเฉลี่ย 3.15 และ 2.64 ตามลำดับ อยู่ในระดับปานกลางเช่นเดียวกัน สำหรับการมีส่วนร่วมด้านการเข้าถึงและการใช้ประโยชน์ มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด คือ 1.96 อยู่ในระดับน้อย

การมีส่วนร่วมของประชากรตัวอย่างกลุ่มที่มีที่ดินติดคลองมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าครัวเรือนที่ไม่ ติดคลอง เนื่องมาจากการดำเนินงานในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร จำเป็นต้องทำในพื้นที่ของกลุ่มตัวอย่างที่มีที่ดินติดคลอง เช่น การปลูกฟื้นฟูพลับพลึงธารใน

ลำคลอง การสร้างแนวชะลอน้ำ การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ แม่น้ำ ลำคลอง อย่างรู้ค่า เป็นต้น ส่วนคะแนนเฉลี่ยการมีส่วนร่วมด้านการเข้าถึงและการใช้ประโยชน์อยู่ในระดับน้อย จึงเป็นปัจจัยที่ทำให้คะแนนเฉลี่ยการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารในภาพรวมต่ำลง เนื่องมาจากชุมชนยังไม่มีการกำหนดแนวทางในการเข้าถึงและการใช้ประโยชน์จากพลับพลึงธารและลำคลองอย่างชัดเจน

ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารของประชาชน บริเวณตำบลนาคา อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง

1. ปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร

จากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลของประชาชนกับคะแนนเฉลี่ยการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารนั้น พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร ได้แก่ ระดับการศึกษา ระยะเวลาการตั้งถิ่นฐาน รายได้ต่อปีของครัวเรือน การมีที่ดินทำกิน และการมีบทบาทในสังคม ส่วนปัจจัยที่ไม่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร ได้แก่ อายุ อาชีพ การถือครองที่ดินติดคลอง และการได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการอนุรักษ์พลับพลึงธาร (Table 1)

Table 1 The hypothesis testing of people participations in water onion conservation.

Independent variables	t-test	F-test	p-value
1. Age	-	1.962	0.144
2. Education level	-	4.069	0.019*
3. Resettled period	-	4.776	0.010*
4. Occupation	1.336	-	0.183
5. Household annual income	-	3.927	0.022*
6. Land holding	2.351	-	0.026*
7. Land adjacent to the canal	1.136	-	0.257
8. Status in community	6.280	-	0.000*
9. Informations	0.577	-	0.565

Remark: * Statistical significance level at 0.05 ($p < 0.05$)

เมื่อพิจารณาปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในแต่ละปัจจัย พบดังนี้

1.1 อายุที่ต่างกันมีผลทำให้ระดับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารไม่แตกต่างกัน (F=1.962, p-value=0.144) แสดงให้เห็นว่า กลุ่มคนแต่ละช่วงอายุตระหนักถึงความสำคัญของพลับพลึงธารและระบบนิเวศลำคลอง เห็นถึงคุณค่าในการคงอยู่ของพลับพลึงธารในท้องถิ่นเช่นเดียวกัน จึงเข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารในระดับปานกลางเช่นเดียวกัน

1.2 ระดับการศึกษาที่ต่างกันมีผลทำให้ระดับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารแตกต่างกัน (F=4.069, p-value=0.019) โดยการมีส่วนร่วมด้านการคิดและวางแผน และด้านการดำเนินกิจกรรมอนุรักษ์ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F=3.454, p-value=0.034 และ F=5.595, p-value=0.004 ตามลำดับ) ประชาชนที่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารด้านการดำเนินกิจกรรมอนุรักษ์สูงกว่าผู้ที่จบการศึกษาระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า ($\bar{X}$=3.55 และ 3.13 ตามลำดับ) แสดง

ให้เห็นว่า ระดับการศึกษาที่สูงขึ้นช่วยให้ประชาชนมีความรู้ ความเข้าใจ และตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์พลับพลึงธาร ประชาชนจึงเข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของสันติ และ รัชดา (2558) ที่พบว่า ปัจจัยด้านระดับการศึกษามีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ป่าชายเลนของชุมชนตำบลเขาถ่าน อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี

1.3 ระยะเวลาการตั้งถิ่นฐานที่ต่างกันมีผลทำให้ระดับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารแตกต่างกัน (F=4.776, p-value=0.010) โดยการมีส่วนร่วมด้านการติดตามและประเมินผลต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F=10.877, p-value=0.000) ซึ่งผู้ที่ตั้งถิ่นฐานมากกว่า 20 ปี มีระดับการมีส่วนร่วมด้านการติดตามและประเมินผลสูงกว่า ผู้ที่ตั้งถิ่นฐาน 11-20 ปี และผู้ที่ตั้งถิ่นฐานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 ปี อย่างมีนัยสำคัญ ($\overline{X}$=2.97, 2.24 และ 2.33 ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่า ผู้ที่อยู่อาศัยในชุมชนมานานจะมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารสูงกว่าผู้ที่ย้ายมาอยู่ในชุมชนไม่นาน และจากการสัมภาษณ์ตัวแทนผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลับพลึงธารในพื้นที่ พบว่า ในอดีตกว่า 20 ปี สภาพลำคลองและทรัพยากรธรรมชาติ บริเวณคลองนาคามีความอุดมสมบูรณ์มีพลับพลึงธารกระจายอยู่อย่างหนาแน่น แสดงให้เห็นว่าผู้ที่อาศัยอยู่ในชุมชนมานานมีความต้องการให้สภาพคลอง โดยเฉพาะพลับพลึงธารกลับมามีความอุดมสมบูรณ์ดังเดิม จึงเข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารมากกว่าผู้ที่ย้ายเข้ามาอยู่ในชุมชนได้ไม่นาน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสำรวยและคณะ (2557) ที่พบว่า ระยะเวลาการตั้งถิ่นฐานมีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ บริเวณพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงระแนง อำเภอยางตลาด และอำเภอห้วยเม็ก จังหวัดกาฬสินธุ์

1.4 อาชีพที่ต่างกันมีผลทำให้ระดับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารไม่แตกต่างกัน (t=1.336, p-value=0.183) เนื่องมาจากประชาชนส่วนใหญ่ได้รับข้อมูลข่าวสาร เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลับพลึงธาร จึงทำให้ประชาชนที่ประกอบอาชีพภาคเกษตรกรรมและนอกภาคเกษตรกรรม มีความตระหนักในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร และเข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารไม่แตกต่างกัน

1.5 รายได้ต่อปีของครัวเรือนที่ต่างกันมีผลทำให้ระดับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารแตกต่างกัน (F=3.927, p-value=0.022) โดยการมีส่วนร่วมด้านการดำเนินกิจกรรมอนุรักษ์และด้านการติดตามและประเมินผลต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (F=4.648, p-value=0.011 และ F=5.878, p-value=0.003 ตามลำดับ) ผู้ที่มีรายได้ครัวเรือน 100,001-200,000 บาท/ปี มีระดับการมีส่วนร่วมด้านการติดตามและประเมินผลสูงกว่าผู้มีรายได้น้อยกว่า 100,000 บาท/ปี อย่างมีนัยสำคัญ ($\overline{X}$=2.89 และ 2.38 ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่าประชาชนที่มีรายได้สูงมีระดับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารสูงกว่าผู้ที่มีรายได้น้อย เนื่องมาจากผู้ที่มีรายได้น้อย มักให้ความสำคัญกับการทำงานเพื่อหารายได้เลี้ยงครอบครัวเป็นหลัก สอดคล้องกับการศึกษาของเพชร และคณะ (2557) ที่พบว่า รายได้สุทธิของครัวเรือนมีผลต่อการมีส่วนร่วมของราษฎรในการควบคุมไฟป่าในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านโนนชาด ตำบลดงเค็ง อำเภอหนองสองห้อง จังหวัดขอนแก่น

1.6 การมีที่ดินทำกินมีผลทำให้ระดับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารต่างกัน (t=2.351, p-value=0.026) โดยการมีส่วนร่วมด้านการดำเนินกิจกรรมอนุรักษ์ และด้านการติดตามและประเมินผลต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t=2.727, p-value=0.007 และ t=2.887, p-value=0.004 ตามลำดับ) โดยผู้ที่มีที่ดินทำกินมีส่วนร่วมด้านการดำเนินกิจกรรมอนุรักษ์และด้านการติดตามและประเมินผล ($\overline{X}$=3.36 และ 2.72 ตามลำดับ) สูงกว่าผู้ที่ไม่มีที่ดินทำกิน ($\overline{X}$=2.78 และ 2.07 ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่า ผู้ที่มีที่ดินทำกินมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์

พลับพลึงธารมากกว่าผู้ที่ไม่มีที่ดินทำกิน เนื่องมาจากการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับพลับพลึงธาร ทำให้ประชาชนที่เป็นเจ้าของที่ดินเกิดความตระหนักว่าการดำเนินกิจกรรมต่างๆในที่ดินของตน มีผลกระทบต่อลำคลอง พลับพลึงธาร และสภาพสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงต้องการเข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร เช่น การปลูกพืชผสมผสาน การปลูกป่าริมคลองในที่ดินของตนเอง เป็นต้น ในทางตรงกันข้ามผู้ที่ไม่มีที่ดินทำกิน อาจคิดว่าตัวเองไม่ได้มีส่วนร่วมในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อพลับพลึงธารและลำคลอง จึงไม่จำเป็นต้องมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ สอดคล้องกับการศึกษาของประสิทธิ์ (2552) ที่พบว่า การถือครองที่ดินมีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน ในท้องที่ตำบลม่วงกลวง อำเภอกะเปอร์ จังหวัดระนอง

1.7 การถือครองที่ดินติดครองต่างกันมีผลทำให้ระดับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารไม่แตกต่างกัน (t=1.136, p-value=0.257) เนื่องมาจากประชาชนส่วนใหญ่ได้รับข้อมูลข่าวสาร เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลับพลึงธาร จึงทำให้ประชาชนทั้งที่มีที่ดินติดคลองและไม่ติดคลองมีความตระหนักในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร และเข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารไม่แตกต่างกัน

1.8 การมีบทบาทในสังคมมีผลทำให้ระดับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารในทุกด้านต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (t=6.280, p-value=0.000) โดยครัวเรือนที่มีบทบาทในสังคม มีระดับการมี ส่วนร่วมสูงกว่าครัวเรือนที่ไม่มีบทบาทในสังคม ($\bar{X}$=3.30 และ 2.65 ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่าผู้ที่มีบทบาทในสังคมเป็นกลุ่มบุคคลที่มีความสำคัญในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร โดยการขับเคลื่อนกิจกรรมต่างๆ ด้านการอนุรักษ์ สนับสนุนหรือจูงใจให้ประชาชนตระหนักถึงความสำคัญและเข้าร่วมกิจกรรมการอนุรักษ์พลับพลึงธาร ดังนั้นการส่งเสริมให้ประชาชนทุกคนในชุมชนเข้ามามีบทบาทในด้านต่างๆ ของสังคม จะช่วยยกระดับการมีส่วนร่วมได้ สอดคล้องกับการศึกษาของจิตรลดา และคณะ (2556) ที่พบว่าสถานภาพทางสังคมและการเป็นสมาชิกกลุ่มทางสังคมเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ จังหวัดกาญจนบุรี

1.9 การได้รับข้อมูลข่าวสารต่างกันต่างกันมีผลทำให้ระดับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารไม่แตกต่างกัน (t=0.577, p-value=0.565) เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ได้รับข้อมูลข่าวสารต่างๆ ในการอนุรักษ์พลับพลึงธารมาก และส่วนใหญ่เข้าร่วมเป็นสมาชิกกลุ่มอนุรักษ์พลับพลึงธารถึงร้อยละ 63.5 จึงมีความรู้ความเข้าใจ และเข้าไปมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารเช่นเดียวกัน

2. ปัจจัยด้านความคิดเห็นที่มีต่อการอนุรักษ์พลับพลึงธาร

จากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความคิดเห็นที่มีต่อการอนุรักษ์พลับพลึงธารกับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร พบว่า ความคิดเห็นที่มีต่อแนวทางในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร และความคาดหวังที่จะได้รับประโยชน์จากการดำเนินการตามแนวทางการอนุรักษ์พลับพลึงธาร มีความสัมพันธ์ อยู่ในระดับปานกลางและต่ำ (r=0.586, p-value=0.000 และ r=0.491, p-value=0.000 ตามลำดับ) (Table 2)

Table 2 The hypothesis testing between opinions of people and participations in water onion conservation.

The opinion in water onion conservation	r	p-value	level
1. The opinion in water onion conservation guidelines	0.586	0.000*	moderate
2. The expectation to benefit from implementation in water onion conservation guidelines	0.491	0.000*	low

Remark: * Statistical significance level at 0.05 ($p < 0.05$)

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความคิดเห็นแต่ละด้านกับการมีส่วนร่วม พบว่า

2.1 ความคิดเห็นที่มีต่อแนวทางในการอนุรักษ์พลับพลึงธารมีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น ด้านการเข้าถึงและใช้ประโยชน์ ที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างความคิดเห็นที่มีต่อแนวทางในการอนุรักษ์กับการมีส่วนร่วมทางด้านการเข้าถึงและใช้ประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก (r=0.116) เนื่องจาก ประชาชนส่วนใหญ่ได้รับประโยชน์โดยตรงจากพลับพลึงธารน้อย โดยมีรายได้จากการท่องเที่ยวชมพลับพลึงธาร และรายได้จากการจำหน่ายหัวหรือเมล็ดพลับพลึงธารน้อยมาก ($\overline{X}$=1.49 และ 1.38 ตามลำดับ) และรายได้จากการจับสัตว์น้ำจากแหล่งที่พบพลับพลึงธารน้อย ($\overline{X}$=2.02)

2.2 ความคาดหวังที่จะได้รับประโยชน์จากการดำเนินการตามแนวทางการอนุรักษ์พลับพลึงธารมีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น การมีส่วนร่วมด้านการเข้าถึงและใช้ประโยชน์ มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำมาก (r=0.086) เมื่อวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้ความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำ พบว่า ประชาชนส่วนใหญ่คาดหวังว่าจะได้รับประโยชน์ในด้านต่างๆ อยู่ในระดับมาก โดยคาดหวังเป็นอย่างมากว่าพลับพลึงธารจะเป็นแหล่งสร้างรายได้ให้กับชุมชน ($\overline{X}$=3.67) แต่ในทางตรงกันข้าม ประชาชนส่วนใหญ่ ได้รับประโยชน์โดยทางตรงจากพลับพลึงธารน้อย จึงมีผลทำให้ประชาชนส่วนใหญ่ให้ความสนใจในการอนุรักษ์พลับพลึงธารในระดับต่ำ

สรุป

การศึกษาการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารของประชาชน บริเวณตำบลนาคา อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง ใน 2 หมู่บ้าน ประชากรตัวอย่างจำนวน 170 ครัวเรือน พบว่า สภาพภูมิประเทศของตำบลนาคาส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูงชันและป่าไม้ ลักษณะเป็นพื้นที่ราบเชิงเขาลงสู่ทะเล มีคลองนาคาเป็นคลองสายหลักของตำบล ประชาชนส่วนใหญ่ในพื้นที่มีการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา ย้ายถิ่นฐานมาจากที่อื่นและตั้งถิ่นฐานที่นี่เป็นเวลาเฉลี่ย 26 ปี ประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลัก ส่วนใหญ่มีรายได้เพียงพอกับรายจ่าย มีที่ดินทำกินเป็นของตนเอง ส่วนใหญ่มีการปลูกพืชเชิงเดี่ยว ประชาชนส่วนใหญ่ไม่มีบทบาทในสังคมด้านการอนุรักษ์พลับพลึงธาร ส่วนใหญ่ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลับพลึงธาร

ความคิดเห็นของประชาชนที่มีต่อการอนุรักษ์พลับพลึงธาร อยู่ในระดับมาก มีคะแนนเฉลี่ย 3.78 โดยความคิดเห็นที่มีต่อแนวทางในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร มีคะแนนเฉลี่ย 3.76 และความคาดหวังที่จะได้รับประโยชน์จากการดำเนินการตามแนวทางการอนุรักษ์พลับพลึงธารมีคะแนนเฉลี่ย 3.81 ซึ่งอยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารของประชากรตัวอย่าง มีคะแนนเฉลี่ย 2.84 อยู่ในระดับปานกลาง

ปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร ได้แก่ ระดับการศึกษา ระยะเวลาการตั้งถิ่นฐาน รายได้ต่อปีของครัวเรือน การมีที่ดินทำกิน และการมีบทบาทในสังคม ส่วนปัจจัยส่วนบุคคลที่ไม่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร ได้แก่ อายุ อาชีพ การถือครองบ้านหรือที่ดินติดคลอง และการได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการอนุรักษ์พลับพลึงธาร สำหรับปัจจัยด้านความคิดเห็นที่มีต่อการอนุรักษ์พลับพลึงธารนั้น พบว่า ความคิดเห็นที่มีต่อแนวทางการอนุรักษ์พลับพลึงธาร และความคาดหวังที่จะได้รับประโยชน์จากการดำเนินการตามแนวทางการอนุรักษ์พลับพลึงธารเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการอนุรักษ์พลับพลึงธารของประชาชน

เนื่องจากการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลับพลึงธารของประชากรตัวอย่าง บริเวณตำบลนาคา อำเภอ

สุขสำราญ จังหวัดระนอง อยู่ในระดับปานกลาง ดังนั้น การยกระดับการมีส่วนร่วมของประชาชน จึงควรดำเนินการดังนี้

1. ควรเริ่มจากกลุ่มที่มีส่วนร่วมอยู่แล้วให้มีโอกาสมากขึ้น ซึ่งกลุ่มที่น่าสนใจ ได้แก่ กลุ่มประชาชนที่มีระดับการศึกษาประถมศึกษาถึงมัธยมศึกษา มีระยะเวลาการตั้งถิ่นฐานมากกว่า 20 ปี รายได้ของครัวเรือน 100,001-200,000 บาท/ปี มีที่ดินทำกิน และมีบทบาทในสังคม สร้างโอกาสให้กลุ่มเหล่านี้ได้เข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมอนุรักษ์พลับพลึงธารและทรัพยากรป่าไม้บ่อยขึ้น เพื่อให้ได้ซึมซับและเข้าใจการอนุรักษ์พลับพลึงธารและทรัพยากรธรรมชาติมากขึ้น สามารถนำไปบอกเล่าถ่ายทอดให้ประชาชนที่ไม่ได้มีโอกาสมีส่วนร่วมได้ โดยวางแผนการประชาสัมพันธ์ฝึกอบรม ในช่วงเวลาที่เหมาะสมที่ประชาชนจะมาเข้าร่วมกิจกรรมได้ เช่น หลังจากช่วงเสร็จสิ้นกิจกรรมทางการเกษตร เป็นต้น

2. ส่งเสริมผู้นำชุมชนและองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น ให้เป็นผู้สนับสนุนและสร้างแรงจูงใจให้กับประชาชนในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร เช่น จัดประกวดหมู่บ้านหรือชุมชนที่มีการอนุรักษ์พลับพลึงธารดีเด่น จัดตั้งคณะกรรมการชุมชน การมอบเกียรติบัตรหรือรางวัลแก่บุคคลที่มีความสำคัญในการอนุรักษ์พลับพลึงธาร และสร้างรายได้เพิ่มเติมจากกิจกรรมการอนุรักษ์ให้ชุมชน เช่น การเพาะขยายพันธุ์พลับพลึงธารเพื่อจำหน่ายและปลูกฟื้นฟูในลำคลอง การท่องเที่ยวเชิงนิเวศ การท่องเที่ยวเชิงเกษตร และการจำหน่ายของที่ระลึก เป็นต้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2555. **สถิติสำหรับงานวิจัย**. ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

จิตรลดา ศรีภา, ปิยพงษ์ ทองดีนอก และสิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์. 2556. ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ จังหวัดกาญจนบุรี. **วารสารวนศาสตร์** 32 (2): 80-88.

นิรันดร์รัตน์ ป้อมอิ่ม. 2559. การแพร่กระจายและสถานภาพการอนุรักษ์พลับพลึงธาร (*Crinum thaianum* J. Schulze) ในประเทศไทย. **วารสารวนศาสตร์** 35 (2): 11-20.

ประสิทธิ์ เลิศพิทยานนท์. 2552. **การมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ป่าชายเลนในท้องที่ตำบลม่วงกลวง อำเภอกะเปอร์ จังหวัดระนอง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เพชร นาราษฎร์, สันต์ เกตุปราณีต และไกรสร วิริยะ. 2557. การมีส่วนร่วมของราษฎรในการควบคุมไฟป่าในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านโนนชาด ตำบลดงเค็ง อำเภอหนองสองห้อง จังหวัดขอนแก่น. **วารสารวนศาสตร์** 33 (1): 66-75.

สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน. 2557. **แผนแม่บทงานวิจัยเพื่อการพัฒนาระบบนิเวศอำเภอสุขสำราญ-กะเปอร์ จังหวัดระนอง.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ สุนทรนวภัทร. 2554. **พลับพลึงธาร: พืชหนึ่งเดียวในโลกที่ใกล้จะสูญพันธุ์.** องค์การระหว่างประเทศเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติ (IUCN) สำนักงานคุระบุรี, พังงา.

สันติ สุขสอาด และรัชดา ศรีศักดิ์บางเตย. 2558. การมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ป่าชายเลนของชุมชนตำบลเขาถ่าน อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี. **วารสารวนศาสตร์** 34 (1): 101-111.

สายสุดใจ ชุนเชาวฤทธิ์ และมานพ ผู้พัฒน์. 2553. **สภาพปัญหาและการอนุรักษ์พลับพลึงธาร.** กองคุ้มครองพันธุ์สัตว์ป่าและพืชป่าตามอนุสัญญา กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

สิน พันธุ์พินิจ. 2554. **เทคนิคการวิจัยทางสังคมศาสตร์.** วิทยพัฒน์, กรุงเทพฯ.

สำรวย สุดเฉลียว, สันต์ เกตุปราณีต และปัสสี ประสมสินธ์. 2557. การมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้บริเวณพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงระแนง อำเภอยางตลาด และอำเภอห้วยเม็ก จังหวัดกาฬสินธุ์. **วารสารวนศาสตร์** 33 (1): 47-56.

Hinkle, D.E., W. Willium and G.J. Stephen. 1998. **Applied Statistics for the Behavior Sciences.** 4th ed. Houghton Mifflin, New York.

Hiscock, P. 2003. **Encyclopedia of Aquarium Plant.** Available Source: http://www.en.wikipedia.org/wiki/Crinum_thaianum, July 5, 2015.

Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introductory Analysis.** 3rded. Haper International Edition, Tokyo.

นิพนธ์ต้นฉบับ

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษไม้พาเลท

Briquette Fuel from Waste Wood Pallet

เบญจมาภรณ์ วงษ์คำจันทร์
ฐิติมา รุ่งรัตนาอุบล*

Benchamaphon Wongkhamchan
Thitima Rungratanaubon*

คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Environment, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding Author, E-mail: thitima.r@ku.th

รับต้นฉบับ 6 ธันวาคม 2560 รับลงพิมพ์ 27 ธันวาคม 2560

ABSTRACT

The research aimed to study the production of a renewable energy from the briquette fuel made of waste wood pallets. The process was conducted by adding cassava glue under controlled different ratios and analyzed the economical of briquette fuel production. The results revealed that the optimum briquette ratio of charcoal to binder was 1: 0.25 by weight providing the highest heating value 7,269.28 cal/g and ash content was 2.02%. The economic analysis showed that the production of briquette fuel from pallet charcoal at ratio 1: 0.25 has the total cost per kilogram 7.23 Baht and payback period 0.67 years at the price 18 baht / kilogram.

Keywords: Briquette, Pallets, Waste wood

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำเศษไม้พาเลทมาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทดแทน โดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ทำการวิเคราะห์หาอัตราส่วนที่เหมาะสม ต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนถ่าน : แป้งเปียก ที่เหมาะสมคือ 1 : 0.25 ซึ่งให้ค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุด 7,269.28 cal/g และปริมาณเถ้า 2.02 % การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 1 : 0.25 มีต้นทุนการผลิต 7.23 บาทต่อกิโลกรัม และระยะเวลาคืนทุน 0.67 เดือน ถ้าขายที่ราคา 18 บาท/กิโลกรัม

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงอัดแท่ง พาเลท เศษไม้

คำนำ

การขยายตัวของอุตสาหกรรมโลกที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้อุตสาหกรรมการผลิตแท่นรองสินค้า (Pallet) ขยายตัวเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากมีความจำเป็นต้องใช้ในการจัดเก็บและขนส่งสินค้า แท่นรองสินค้าได้รับการออกแบบให้สามารถวางสินค้าซ้อนกันได้และสามารถเคลื่อนย้ายโดยรถยกจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งภายในคลังสินค้าหรือเข้าออกจากรถบรรทุก หรือเรือ อำนวยความสะดวกในการขนย้าย ตรวจนับและป้องกันแรงกระแทกในขั้นตอนการขนส่ง แท่นรองสินค้าที่ผลิตจากไม้ (Wood pallet) เป็นแท่นรองพื้นฐานที่มีการใช้มากที่สุดประมาณ 90 – 95% ของแท่นรองสินค้าที่ผลิตทั่วโลกทำจากไม้ ส่วนที่เหลือผลิตจากพลาสติก โลหะและกระดาษลูกฟูก (Arkansas Department of Environmental Quality, 2014) Parker (2005) ได้ศึกษาศักยภาพของการผลิตภาชนะบรรจุและแท่นวางสินค้าจากไม้ ทั่วโลก พบว่า ภูมิภาคอเมริกามีศักยภาพการผลิต 33.9% เอเชีย 31.8% ยุโรป 25.1% ตะวันออกกลาง 4% แอฟริกา 3.9% โอเชียเนีย 1.2% และมูลค่าการผลิตภาชนะบรรจุและแท่นวางสินค้าจากไม้ปี 2005 ประเทศจีน ญี่ปุ่น อินเดีย เกาหลีใต้ ไทย มาเลเซีย มีมูลค่าการผลิต 33.73%, 22.86%, 16.33%, 5.76%, 3.04% และ 1.68 % ของภูมิภาคเอเชีย ตามลำดับ ยิ่งมีการผลิตแท่นไม้รองสินค้าเพิ่มขึ้นก็ยิ่งต้องใช้ปริมาณไม้ในการผลิตเพิ่มขึ้นด้วย ในแต่ละปีมีการผลิตแท่นรองสินค้าใหม่ทั้งหมดประมาณ 900 ล้านอันทั่วโลก ประเทศสหรัฐอเมริกามียอดการผลิตแท่นรองสินค้า 400 ล้านอันต่อปี ไม้เนื้อแข็งเป็นวัสดุแหล่งสำคัญของการผลิตแท่นรองสินค้า 40% การผลิตไม้เนื้อแข็งในสหรัฐอเมริกาจะใช้เพื่อการผลิตแท่นรองสินค้าในแต่ละปี (Corr, 2000) ชนิดไม้ที่นิยมนำมาผลิตแท่นรองสินค้าประเทศไทย แบ่งตามประเภทของไม้ได้ 2 ประเภท คือ ไม้เนื้ออ่อน ได้แก่ ไม้สน ไม้จามจุรี และไม้เนื้อแข็ง ได้แก่ ไม้แดง ไม้ยางพารา ไม้สะเดา เป็นต้น (สำนักโลจิสติกส์, 2555)

จากปริมาณการใช้ไม้เป็นแท่นรองสินค้าที่เพิ่มมากขึ้น ย่อมทำให้มีเศษเหลือของไม้จากการชำรุดและแตกหักซึ่งต้องกำจัดทิ้ง หรือขายเป็นเศษไม้ในราคาประกอบกับความต้องการในการหาแหล่งพลังงานทดแทนในปัจจุบันที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิดแนวความคิดที่จะนำเศษเหลือจากไม้นี้มาใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทดแทนโดยนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล การใช้เชื้อเพลิงจากชีวมวลมีข้อดีหลายอย่างแต่ที่สำคัญที่สุด คือเป็นวัตถุดิบพลังงานทดแทนที่ยั่งยืน สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนสุทธิได้มากเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิล จัดเป็นกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism - CDM) ที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases -GHG)

การศึกษาในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเศษวัสดุเหลือใช้จากแท่นรองสินค้าไม้มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นพลังงานทดแทน โดยผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อช่วยลดการใช้พลังงานจากถ่านไม้ธรรมชาติ

อุปกรณ์ และวิธีการ

การจัดเตรียมวัตถุดิบ

เศษไม้พาเลท และขี้เลื่อยไม้พาเลท ที่ใช้ในการศึกษามาจากบริษัท ล้อโลหะ เบสท์เวสท์ จำกัด จังหวัดระยอง นำเศษไม้พาเลทมาเผาในเตาเผาถ่านแบบถัง 200 ลิตร แนวนอน นำถ่านที่ได้มาบดย่อยด้วยเครื่องบดแบบแฮมเมอร์ (Hammer mill) จนเป็นผงถ่าน

การวิเคราะห์คุณสมบัติของเศษวัสดุ

นำขี้เลื่อย และถ่านจากไม้พาเลทมาวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิงพื้นฐานโดยวิเคราะห์ ปริมาณความชื้น (Moisture content) ปริมาณเถ้า (Ash content) ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile matters) และคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ตามมาตรฐาน ASTM D7582-15 (ASTM, 2015) วิเคราะห์ค่าความร้อน (Calorific value) ตามมาตรฐาน ASTM E 711-87 (ASTM, 1987) และองค์ประกอบของธาตุ C H N

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เตรียมแป้งเปียกที่ใช้เป็นตัวประสานโดยเตรียมแป้งมันสำปะหลังและน้ำในอัตราส่วน 0.15:1 โดยน้ำหนัก (ธารินี, 2548) จากนั้นนำวัตถุดิบมาผสมกันด้วยอัตราส่วนต่างๆ ดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 อัตราส่วนขี้เลื่อย : แป้งเปียก 1 : 0.5

ตัวอย่างที่ 2 อัตราส่วนถ่าน : แป้งเปียก 1 : 0.25

ตัวอย่างที่ 3 อัตราส่วนถ่าน : แป้งเปียก 1 : 0.5

ตัวอย่างที่ 4 อัตราส่วนถ่าน : แป้งเปียก 1 : 1

ผสมวัตถุดิบในเครื่องผสม (Mixer) ใส่น้ำเล็กน้อย เมื่อวัตถุดิบเกาะตัวกันและสามารถปั้นด้วยมือได้ นำไปขึ้นรูปเป็นแท่งถ่านด้วยเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบเกลียว (Screw extrusion) ตัดแท่งเชื้อเพลิงออกเป็นท่อนๆ ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร จากนั้นนำไปตากให้แห้ง

การวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิงอัดแท่ง

นำตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งมาวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ดังนี้ ปริมาณความชื้น (Moisture content) ปริมาณเถ้า (Ash content) ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile matters) และคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ตามมาตรฐาน ASTM D7582-15 และวิเคราะห์ค่าความร้อน (Calorific value) ด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ตามมาตรฐาน ASTM E 711-87

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

นำอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดมาวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต จุดคุ้มทุนในการผลิต อัตราผลตอบแทนการลงทุน ระยะเวลาคืนทุน (สุริยา, 2544) เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำไปผลิตจริงเชิงพาณิชย์

ผลและวิจารณ์

การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของเศษวัสดุใน Table 1 อยู่ในเกณฑ์ที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมแนะนำ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) คือมีค่าความร้อนสูง ปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้าต่ำ มีความเหมาะสมในการนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงได้ ขี้เลื่อยไม้พาเลทมีค่าความร้อน 4,775.34 cal/g ถ่านไม้พาเลทมีค่าความร้อน 7,135.92 cal/g การปรับปรุงคุณภาพวัตถุดิบจากไม้เป็นถ่านทำให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างมาก

Table 1 Proximate Analysis, Ultimate Analysis and Calorific Value of Sawdust and Charcoal from Waste Pallet.

Parameter	Sawdust from Pallet	Charcoal from Pallet
Proximate Analysis		
Moisture Content (%)	12.73	6.93
Volatile Matter (%)	68.57	20.34
Ash (%)	0.36	1.93
Fixed Carbon (%)	18.34	70.80
Ultimate Analysis		
C (%)	46.99	77.20
H (%)	5.88	2.62
N (%)	0.06	0.31
Calorific Value (cal/g)	4,775.34	7,135.92

เมื่อนำตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งดังแสดงใน Figure 1 มาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากการผลิต ผลแสดงใน Figure 2 พบว่าปริมาณความชื้น (Moisture content) ของแท่งเชื้อเพลิง คือปริมาณน้ำที่คงเหลืออยู่หลังจากการตากแห้งของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เลื่อยไม้พาเลท มีปริมาณความชื้นมากที่สุด 9.9 % ส่วนเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาเลท ปริมาณความชื้นอยู่ระหว่าง 8.71-8.43 % ความชื้นในแท่งเชื้อเพลิงก่อนนำมาใช้งาน ไม่ควรมีความชื้นสูงเพราะจะทำให้การจุดติดไฟและการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไม่ดี ส่วนปริมาณสารอนินทรีย์ที่เผาไหม้ไม่ได้จะอยู่ในรูปของปริมาณเถ้า (Ash content) ซึ่งประกอบด้วย ซิลิกา แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ หากมีเถ้าปริมาณมากจะเป็นปัญหาในการเผาไหม้และการจัดการเถ้า (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) เชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เลื่อยไม้พาเลท อัตราส่วนขี้เลื่อย : แป้งเปียก 1 : 0.5 มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุดคือ 0.4 % และเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาเลท อัตราส่วนถ่าน : แป้งเปียก 1 : 1 มีปริมาณเถ้ามากที่สุดคือ 2.31 %



a. Pallet sawdust briquette



b. Pallet charcoal briquette

Figure 1 Sample (a. Pallet Sawdust Briquette b. Pallet Charcoal Briquette).

เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้จะเกิดความร้อนขึ้น ค่าความร้อน (Calorific value) คือปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งถ้ามีค่าสูงจะแสดงถึงความเป็นเชื้อเพลิงที่ดี จาก Figure 2 จะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาเลททั้ง 3 ตัวอย่าง มีค่าความร้อนสูงกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เลื่อยไม้พาเลท เนื่องจากปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านจากไม้พาเลทมีมากกว่าขี้เลื่อย (Table 1) จาก Table 2 จะพบว่าถ่านอัดแท่งที่มีค่าความร้อนสูงที่สุดคือ 7,269.28 cal/g เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาเลทอัตราส่วนถ่าน : แป้งเปียก 1 : 0.25

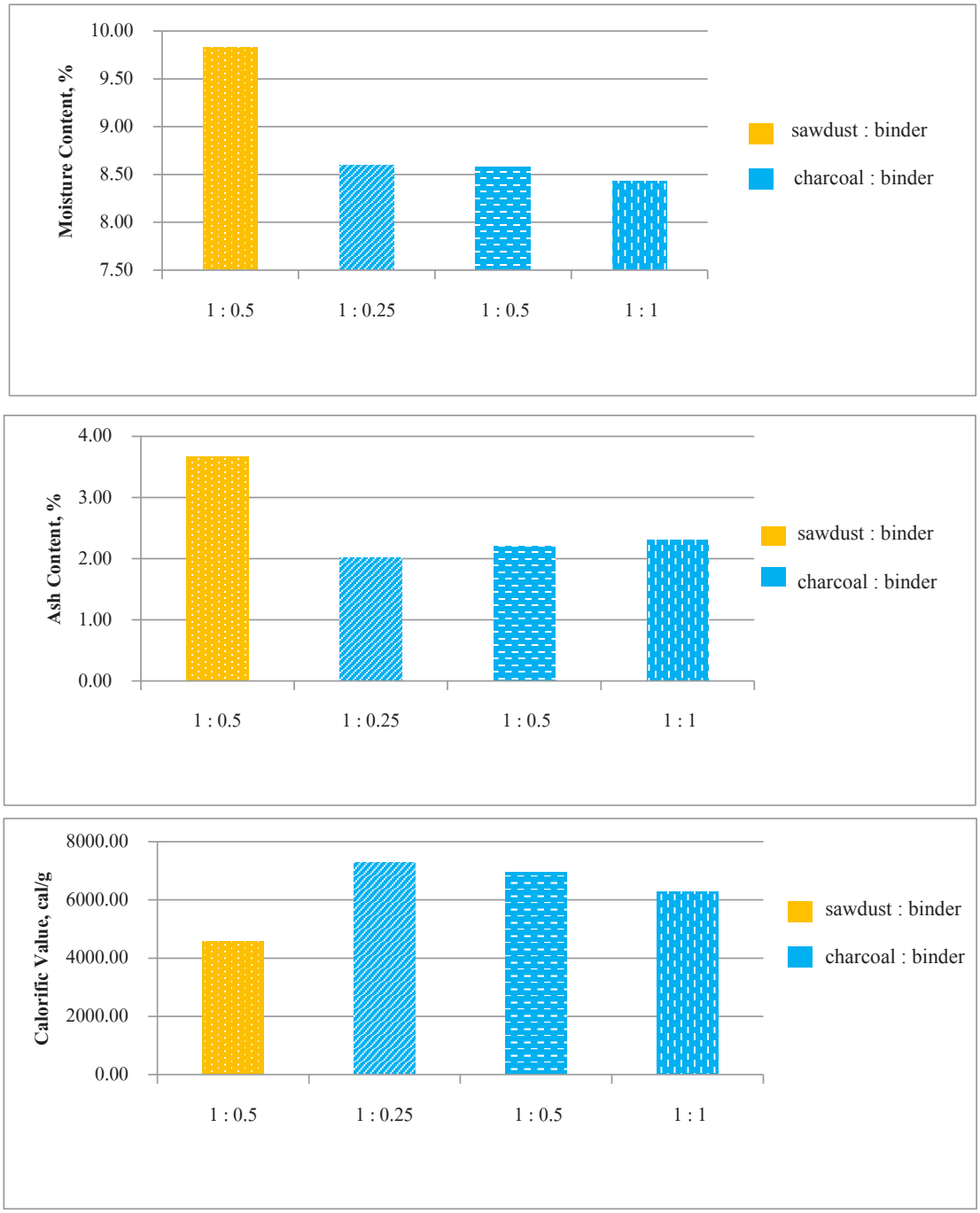


Figure 2 Fuel Properties of Fuel Samples Collected from Wood Pallets.

Table 2 Comparison of fuel properties in briquettes fuel and charcoal.

	MC* (wt%)	AC* (wt%)	VM* (wt%)	FC* (wt%)	Calorific value (cal/g)
pallet sawdust : binder 1 : 0.5	9.9	0.4	75.4	14.30	4,561.54
pallet charcoal : binder 1 : 0.25	8.60	2.02	21.36	68.02	7,269.28
pallet charcoal : binder 1 : 0.5	8.58	2.20	23.68	65.41	6,956.50
pallet charcoal : binder 1 : 1	8.43	2.31	26.46	60.85	6,287.00
Charcoal briquette from Scrapped coconut and sawdust (Torsakul *et al.*, 2555)	5.9	5.4	-	-	5,750.00
Compressed corncob coconut shell Composite charcoal (Luksmeevanich *et al*., 2554)	6.65	2.3	-	-	6,680.00
Rhizophora spp. charcoal (Panunumpa, 2010)	-	-	-	-	7,197.00
Thai Community Product Standard of Charcoal Bar (238/2547) (Thai Industrial Standards Institute, 2004)	≤ 8.00	-	-	-	≥ 5,000.00

Remarks: * MC = Moisture content; AC = Ash content; VM = Volatile matter; FC = Fixed carbon

จาก Table 2 เมื่อเปรียบเทียบเชื้อเพลิงอัดแท่งของผู้วิจัยกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาเลทจากงานวิจัยนี้มีค่าสูงกว่ามาตรฐานกำหนด แต่ปริมาณความชื้นมีค่าเกินเล็กน้อย เนื่องจากใช้วิธีการตากบนพื้นไม่ได้มีการอบเชื้อเพลิงเพื่อไล่ความชื้น ซึ่งแก้ไขได้โดยการนำเชื้อเพลิงอัดแท่งออกตากเฉพาะช่วงเวลาที่มีแดดจัด และใช้เวลาตากให้นานขึ้น จากนั้นเก็บใส่ถุงมัดให้แน่นเพื่อป้องกันความชื้นเข้าไป จากผลการวิเคราะห์สมบัติด้านเชื้อเพลิง อัตราส่วนผสมที่มีเหมาะสมที่สุดในการนำมาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง คือ อัตราส่วนถ่าน : แป้งเปียก 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก เนื่องจากมีค่าความร้อนสูงที่สุด และปริมาณเถ้าต่ำ อีกทั้งใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานน้อยที่สุดทำให้ลดต้นทุนในการผลิต เชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาเลทที่ผลิตได้นั้นให้ค่าความร้อนสูงกว่าถ่านไม้โกงกาง ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวและถ่านขี้เลื่อย และถ่านอัดแท่งซังข้าวโพดและกะลามะพร้าว

ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. อาคารโรงงานขนาด 40 ตารางเมตร โรงเรือนโปร่งไม่มีผนังด้านข้าง

2. เครื่องอัดแท่งแบบสกรู มอเตอร์ 3 แรงม้า กำลังผลิต 100 กิโลกรัม/ชั่วโมง

3. เครื่องบดแบบแฮมเมอร์ มอเตอร์ 3 แรงม้า กำลังผลิต 100 กิโลกรัม/ชั่วโมง

4. เครื่องผสม มอเตอร์ 3 แรงม้า กำลังผลิต 100 กิโลกรัม/ชั่วโมง

5. เตาเผาถ่านอิฐก่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร 2 เตา กำลังการผลิต 600 กิโลกรัม/สัปดาห์

6. จำนวนวันผลิต 96 วัน/ปี

7. กำลังการผลิตถ่านอัดแท่ง 300 กิโลกรัมต่อวัน หรือ 28,800 กิโลกรัม/ปี

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต จุดคุ้มทุนในการผลิต อัตราผลตอบแทนการลงทุน ระยะเวลาคืนทุน แสดงใน Table 3 - Table 6

Table 3 Construction and Machinery Cost.

Asset	Price (Baht)	Useful life (Year)	Depreciation Expense (Baht/year)
Construction	65,000	20	3,250
Screw extruder	53,000	10	5,300
Hammer mill	41,000	10	4,100
Mixer	36,000	10	3,600
Brick kiln, Diameter 1 m.	22,000 (11,000 x 2)	3	7,333
Total	217,000		23,583

Table 4 Fixed Cost.

Account	Value (Baht/year)	Note
Annual Depreciation Expense of Construction and Machines	23,583	- Screw extruder, Hammer mill and Mixer
Interest 7% /year	15,190	
Maintenance cost (10%)	6,500	
Total	45,273	

Table 5 Variable Cost.

Descriptions		
Demand of briquette fuel per day	300	Kilogram/Day
Charcoal from scrap wood pallet	300	Kilogram
Charcoal yield	30	%
Scrap Wood Pallet	1000	Kilogram
Scrap Wood Pallet price (0.6 Baht/Kilogram)	600	Baht/Day
Cassava flour (at ratio charcoal to binder, 1 : 0.25)	11.25	Kilogram/Year
Cassava flour (13 Baht/Kilogram)	146.25	Baht/Year
Work day (2 Days/week)	96	Day/Year
Material Cost (746.25 Baht/Kilogram)	71,640	Baht/Year
Labor 2 people (600 Baht/day)	57,600	Baht/Year
Electricity (Machine 3 EA, Working 3 hours/day)	12,980.52	Baht/Year
Water (0.0043 Baht/Kilogram)	123.84	Baht/Year
Maintenances 10% of Machine (195,000 Baht)	19,500	Baht/Year
Others	1,000	Baht/Year
Total	162,844.36	Baht/Year

Table 6 Payback Period.

Descriptions		
Total cost = Fixed cost + **Variable cost**	208,117.36	Baht
Total cost per Kilogram = (208,117.36)/28,800	7.23	Baht
Variable cost per Kilogram = (162,844.36)/28,800	5.65	Baht
Break even point		
= (Fixed cost)/(Price – Variable cost)		
Assumption		
Sale price 12 Baht/Kilogram	7,129.61	Kilogram
Sale price 14 Baht/Kilogram	5,421.92	Kilogram
Sale price 16 Baht/Kilogram	4,374.20	Kilogram
Sale price 18 Baht/Kilogram	3,665.83	Kilogram
Payback Period		
= (Investment cost)/Average net return per year		
Assumption		
Sale price 12 Baht/Kilogram	1.51	Year
Sale price 14 Baht/Kilogram	1.07	Year
Sale price 16 Baht/Kilogram	0.82	Year
Sale price 18 Baht/Kilogram	0.67	Year
Return On Investment		
= (Average net return x100)/Investment cost		
Assumption		
Sale price 12 Baht/Kilogram	66.01	%
Sale price 14 Baht/Kilogram	93.69	%
Sale price 16 Baht/Kilogram	121.36	%
Sale price 18 Baht/Kilogram	149.04	%

จากการสำรวจราคาตลาดถ่านอัดแท่ง เดือนพฤศจิกายน 2560 ถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าว 100% บริษัทพีค โปรดักส์ จำกัด ขายส่งน้ำหนัก 100 กิโลกรัม ราคา 22 บาท น้ำหนัก 200 กิโลกรัม ราคา 20 บาท ขายปลีก 1 กิโลกรัม 30 บาท (โรงงานพีคถ่านอัดแท่ง, ม.ป.ป.) ถ่านอัดแท่งยี่ห้อจิรภาส-ชาโคล 1 ถุง น้ำหนักประมาณ 2.1 กิโลกรัม ราคาร้านขายปลีก 35 บาท (16.67 บาท/กิโลกรัม) ปริมาณความชื้น 4.56% ค่าความร้อนโดยประมาณ 5,500 cal/g ถ่านกะลาอัดแท่ง (ไม่มียี่ห้อ) ขายปลีก 1 กิโลกรัม ราคา 25 บาท ราคาขายส่ง 1 กิโลกรัม 18 บาท ปริมาณความชื้น 6.98 % ค่าความร้อน 5,567 cal/g

สรุป

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษไม้พาเลท ต้องใช้ตัวประสานเพื่อให้เชื้อเพลิงเกาะตัวกันเป็นก้อนไม่ร่วนเปราะ การศึกษานี้ได้ใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน เนื่องจากหาได้ง่ายในท้องตลาด โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมมากที่สุด คือ ถ่าน : แป้งเปียก 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก ให้ค่าความร้อน 7,269.28 cal/g. ความชื้น 8.60% และเถ้า 2.02% ปริมาณความชื้นที่เกินมาตรฐานมาเล็กน้อย เนื่องมาจากการใช้วิธีการตากบนพื้นตามสภาพอากาศ ไม่ได้มีการอบเชื้อเพลิงเพื่อไล่ความชื้น ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการนำเชื้อเพลิงออกตากเฉพาะช่วงเวลาที่มีแดดจัด และใช้เวลาตากให้นานขึ้น จากนั้นเก็บใส่

ถุงมัดให้แน่นเพื่อป้องกันความชื้น เชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาเลทที่ผลิตได้เมื่อนำไปใช้กับเตาหุงต้มจะไม่เกิดการแตกประทุ หรือเกิดเปลวไฟสูง แต่จะให้ความร้อนออกมาช้าๆและค่อนข้างสม่ำเสมอ จึงเหมาะกับการนำไปใช้กับอาหารประเภทปิ้งย่าง

เมื่อศึกษาถึงต้นทุนการผลิต พบว่า ราคาค่าก่อตั้งอาคารโรงงานเครื่องจักร และเตาเผาถ่าน รวมเป็นเงิน 217,000 บาท ที่กำลังการผลิต 28,880 กิโลกรัม/ปี ราคาต้นทุนการผลิตคงที่และราคาต้นทุนผันแปรรวม 208,117.36 บาท ต้นทุนการผลิตรวม 7.23 บาท/กิโลกรัม ถ้าขายเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาเลทในราคา 12, 14, 16 หรือ 18 บาท/กิโลกรัม ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1.51, 1.07, 0.82 และ 0.67 ปี ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบด้านคุณภาพและราคาของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาเลทจากงานวิจัยนี้กับถ่านอัดแท่งในท้องตลาดแล้ว ควรตั้งราคาขายเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาเลทที่ 18 บาท/กิโลกรัม มีระยะเวลาคืนทุน 0.67 ปี

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2555. **คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อคประสาน**. กรุงเทพฯ.

โรงงานพีคถ่านอัดแท่ง. ม.ป.ป. **สินค้าแนะนำ**. แหล่งที่มา: https://www.peakcharcoal.com/, 1 พฤศจิกายน 2560.

ธารินี มหายศนันท์. 2548. **การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งสำหรับการผลิตในระดับครัวเรือน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุริยา ชัยเดชทยากูล. 2544. **การทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากส่วนผสมกากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียและเศษชิ้นไม้สับของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.

สำนักโลจิสติกส์. 2555. **คู่มือแนะนำมาตรฐานด้านโลจิสติกส์ในประเทศไทย.** กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

Arkansas Department of Environmental Quality. 2014. **Pallet Management and Waste Reduction**. Available Source: https://www.adeq.state.ar.us/downloads/communications/brochures_online/06_solid%20waste/pallet%20management%20fact%20sheet.pdf, December 1, 2017

ASTM. 1987. **Standard Test Method for Gross Calorific Value of Refuse-Derived Fuel by the Bomb Calorimeter.** American Society for Testing and Materials, U.S.A.

_____. 2015. **Standard Test Method for Proximate Analysis of Coal and Coke by Macro Thermogravimetric Analysis.** American Society for Testing and Materials, U. S. A.

Corr, D.T. 2000. **The Status of Wood Pallet Disposal and Recovery at United States Landfills.** M.S. Thesis, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.

Luksmeevanich, V., K. Sirikulrat and N. Boontung. 2011. **Acceptance Behaviour on Compressed Corncob and Coconut Shell Charcoal of People in Tombon Chang Khoeng Amphoe Mae Chaem, Chiang Mai**. Chiang Mai Rajabhat University.

Parker, P.M. 2005. **The 2005-2010 World Outlook for Wood Container and Pallet Manufacturing**. Available Source: https://www.icongrouponline.com, December 1, 2017.

Panunumpa, N. 2010. **Calorific Value of Wood and Charcoal.** Forest Research and Development Bureau Forest Department 1st ed. P Press Company Limited, Bankok.

Thai Industrial Standards Institute. 2004. **Thai Community Product Standard of Charcoal Bar (238/2547)**.

Torsakul, S., K. Tongsri and J. Suparatsirichai. 2012. **Development of Compressed Charcoal from Scrapped Coconut for Alternative Energy**. Facculty of Engineer Rajamangala University of Technology Thanyaburi.

Thai J. For. 37 (1) : 153-163 (2018) วารสารวนศาสตร์ 37 (1) : 153-163 (2561)

Short communications

โปรแกรมสื่อความหมายธรรมชาติในพื้นที่สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา

Nature Interpretation Program at Wang Nam Khiao Forestry Research and Student Training Station, Nakhon Ratchasima Province

แสงสรรค์ ภูมิสถาน[1]
วารุณี กันทากาศ[1*]
นันทชัย พงษ์พัฒนานุรักษ์[1]
ชาคริต ณ ตะกั่วทุ่ง[1]
สุคิด เรืองเรื่อ[2]

Sangsan Phumsathan[1]
Warunee Kuntakat[1*]
Nantachai Pongpattananurak[1]
Chakrit Na Takuathung[1]
Sukid Rueangruea[2]

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[2]สำนักงานหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
The Forest Herbarium, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Chatuchak, Bangkok, 10900
*Corresponding Author, E-mail: warunee.k@ku.th

รับต้นฉบับ 25 ตุลาคม 2560 รับลงพิมพ์ 4 ธันวาคม 2560

ABSTRACT

This study aimed to 1) assess recreation resource potential for designing nature interpretation program and 2) design a nature interpretation program of Kundong nature trail, located at Wang Nam Khiao Forestry Research and Student Training Station, Nakhon Ratchasima Province. This trail was approximately 1.9 kilometers long and the average slope was less than < 5º. The process of study comprised of two main parts. The first part, a nature interpretation program was designed based on physical characteristics and recreational resource potential. The second part, the effectiveness of nature interpretation program was designed as pretest – posttest experimental study conducting by questionnaire survey of 220 samples.

Based on the set of indicators and standards for tourism potential, the results showed that the Kundong nature trail was ranked in high potential for developing nature interpretative trail. Based on the forest resources, nature interpretation was created under the theme “dynamics of dry evergreen forest in the northeastern region of Thailand” with 10 interpretive stations. According to the behavior of visitors, video has been applied for nature interpretation media. On the part of the effectiveness of nature interpretation program in increasing the knowledge on natural resources and ecosystem, the study indicated that the interpretation program contributed significantly to

respondents' knowledge. The average posttest score ($\bar{X}$= 9.49, SD = 1.718) was significantly higher than pretest score ($\bar{x}$ = 6.69, SD = 1.697) (t = 18.049, P-value = 0.000) (the maximum score of 12). For recommendation, in order to achieve the objectives of interpretation, group size should be controlled for good quality of viewing experience. Additionally, new ecology-based nature education program should be developed to promote nature education in the future.

Keywords: Nature Interpretation, Wang Nam Khiao Forestry Research and Student Training Station

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบโปรแกรมสื่อความหมายธรรมชาติบนพื้นฐานของทรัพยากรป่าไม้ที่มีอยู่บริเวณเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติขุนดง ในพื้นที่สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา โดยมีระยะทางรวมประมาณ 1.9 กิโลเมตร ความลาดชันเฉลี่ยตลอดเส้นทางน้อยกว่า 5 องศา การศึกษาครั้งนี้มีขั้นตอนในการศึกษาทั้งหมด 2 ส่วนหลัก คือ 1) การออกแบบโปรแกรมสื่อความหมายธรรมชาติ โดยพิจารณาจากลักษณะทั่วไปของเส้นทาง และศักยภาพของทรัพยากรนันทนาการ เพื่อให้การออกแบบโปรแกรมสื่อความหมายสอดคล้องกับทรัพยากรทางธรรมชาติในพื้นที่ และ 2) การทดสอบประสิทธิผลของโปรแกรมสื่อความหมายธรรมชาติ โดยใช้แบบประเมินที่ออกแบบขึ้นมาทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 220 คน ผลการศึกษาพบว่า เส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติขุนดงมีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติ มีลักษณะเป็นเส้นทางเดินวนเป็นวงรอบ สำหรับการออกแบบโปรแกรมสื่อความหมายธรรมชาติ เมื่อพิจารณาจากฐานทรัพยากรที่โดดเด่นในพื้นที่สามารถกำหนดเค้าโครงเรื่องหลัก คือ พลวัตของป่าดิบแล้งภูมิภาคอีสาน ซึ่งมีทั้งหมด 10 จุดสื่อความหมาย โดยใช้รูปแบบสื่อความหมายเป็นวีดิทัศน์บรรยายข้อมูล เพื่อให้เหมาะกับพฤติกรรมของผู้มาเยือนในปัจจุบัน ในส่วนของผลการทดสอบประสิทธิผลในด้านการให้ความรู้เกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติและระบบนิเวศ พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้หลังการฟังวีดิทัศน์บรรยายข้อมูล ($\bar{x}$ = 9.49, SD = 1.718) มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนฟังวีดิทัศน์บรรยายข้อมูล ($\bar{x}$ = 6.69, SD = 1.697) (จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = 18.049, P-value = 0.000) แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมสื่อความหมายธรรมชาติในเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติขุนดงที่จัดทำขึ้นเกิดประสิทธิผล โดยสามารถสร้างความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติและระบบนิเวศแก่ผู้มาเยือนได้มากขึ้น ในส่วนของข้อเสนอแนะควรมีการจำกัดจำนวนคนที่เข้าไปใช้เส้นทาง เนื่องจากการนำเสนอการสื่อความหมายในรูปแบบวีดิทัศน์บรรยายข้อมูลจำเป็นต้องนำเสนอในพื้นที่ที่มีความเงียบ และควรมีการพัฒนาโปรแกรมสื่อความหมายอื่นๆ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ทางด้านนิเวศมากขึ้น

คำสำคัญ: การสื่อความหมายธรรมชาติ สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว

คำนำ

สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว ตั้งอยู่ในท้องที่ตำบลอุดมทรัพย์ อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมาเป็นพื้นที่ตอนปลายต่อเนื่องจากอุทยานแห่งชาติทับลาน และอยู่ตรงข้ามกับพื้นที่สงวนชีวมณฑลในเขตสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช แต่เดิมพื้นที่แห่งนี้เป็นส่วนหนึ่งในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าภูหลวง - วังน้ำเขียว ต่อมาคณะวนศาสตร์ได้รับอนุญาตจากกรมป่าไม้ให้ใช้ประโยชน์พื้นที่สำหรับใช้ในการฝึกงานภาคสนามของนิสิตวนศาสตร์ โดยมีเนื้อที่ประมาณ 4,476 ไร่ (คณะ

วนศาสตร์, 2555) สภาพภูมิอากาศของพื้นที่สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว มีฤดูร้อนตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ - เมษายน ฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤษภาคม - ตุลาคม และฤดูหนาวตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน - มกราคม จากการวิเคราะห์สภาพอากาศในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2528 – 2557) พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 26.4 องศาเซลเซียส ช่วงอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดในรอบ 30 ปี คือ 4.2 และ 42.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนรวมตลอดปี 999.5 มิลลิเมตร (นันทชัย และคณะ, 2558) อีกทั้งสถานีฯ แห่งนี้ยังเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพป่าไม้สูงและมีผืนป่าธรรมชาติที่มีความสมบูรณ์ มีทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 เป็นแนวเขตด้านหน้าสถานีฯ ซึ่งในปัจจุบันถนนสายนี้ถือเป็นเส้นทางการท่องเที่ยวหลักของอำเภอวังน้ำเขียว เนื่องจากเป็นเส้นทางที่ใช้สำหรับการเดินทางไปยังแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่ได้รับความนิยม เช่น อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ อุทยานแห่งชาติทับลาน เขตห้ามล่าสัตว์ป่าเขาแผงม้า เป็นต้น จึงทำให้พื้นที่แห่งนี้มีโอกาสพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติอีกแห่งหนึ่งได้ในอนาคต (แสงสรรค์ และคณะ, 2559) อีกทั้งในพื้นที่มีสวนรวมพันธุกรรมไม้ป่าเฉลิมพระเกียรติ ร.9 ที่ได้มีการรวบรวมตัวอย่างพันธุ์ไม้ป่าชนิดที่สำคัญจากทุกภูมิภาคของประเทศไทยมาปลูกรวมกันอย่างเป็นหมวดหมู่ และมีการจัดสร้างเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติสำหรับให้ความรู้แก่เยาวชนหรือบุคคลทั่วไปที่เข้ามาเยี่ยมชมในพื้นที่ แต่ยังขาดการพัฒนาโปรแกรมสื่อความหมายธรรมชาติในเส้นทาง ซึ่งหากพิจารณาถึงศักยภาพในการสื่อความหมาย พื้นที่แห่งนี้สามารถเอื้อประโยชน์แก่การศึกษาทางด้านวิชาการป่าไม้ในเรื่องของการศึกษาลักษณะของสังคมพืชที่พบในพื้นที่ ส่วนใหญ่สังคมพืชที่พบในบริเวณนี้เป็นสังคมป่าดิบแล้งที่มีชนิดพันธุ์ไม้ต้นขนาดใหญ่ขึ้นเป็นกลุ่ม เช่น เคี่ยมคะนอง (*Shorea henryana* Pierre) และพันธุ์ไม้เด่นที่พบ คือ ตะเคียนทอง (*Hopea odorata* Roxb.) ตะเคียนหิน (*Hopea ferrea* Laness.) ซึ่งเป็นลักษณะของสังคมพืชที่พบได้น้อยแห่งในประเทศไทย จึงทำให้สามารถนำมาพัฒนาเป็นการสื่อความหมายที่สอดคล้องกับศักยภาพของทรัพยากรนันทนาการในพื้นที่ได้

การสื่อความหมายธรรมชาตินั้นเป็นการแปลความหรืออธิบายเรื่องราว ซึ่งจะช่วยให้ผู้มาเยือนที่สนใจเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติเกิดความเข้าใจ รับรู้ถึงความสำคัญ และเกิดความตระหนักต่อการดูแลทรัพยากรเหล่านั้น (National Park Service, U.S. Department of the Interior, 2007A) อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือในการให้การศึกษาเกี่ยวกับสภาพธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่ในพื้นที่นั้นๆ โดยอาศัยสภาพธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่จริงเป็นตัวกลางในการถ่ายทอด หรือใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมเพื่อทำให้ผู้มาเยือนเกิดความรู้ โดยรูปแบบของการสื่อความหมายมี 2 รูปแบบ ซึ่งจำแนกตามลักษณะตัวกลางที่ใช้ในการสื่อความหมาย คือ 1) การสื่อความหมายโดยใช้บุคคล เช่น การให้บริการข้อมูลข่าวสารทั่วไป การพูดสื่อความหมาย ซึ่งเหมาะกับพื้นที่ที่ค่อนข้างจำกัดด้วยเงื่อนไขของเวลา อาจจำกัดเป็นรอบๆ ในแต่ละวัน เช่น เส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติ เส้นทางเดินป่าระยะไกล และ 2) การสื่อความหมายโดยไม่ใช้คน เช่น แผ่นป้ายสื่อความหมาย สิ่งพิมพ์สื่อความหมาย เป็นต้น ซึ่งเหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการการอธิบายรายละเอียดที่เป็นข้อมูลเชิงลึกเนื่องจากสามารถนำเสนอข้อมูลได้หลากหลาย เช่น เส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติด้วยตนเอง เป็นต้น (สำนักอุทยานแห่งชาติ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2555; Tilden, 1957; Ham, 1992)

ในกระบวนการพัฒนาโปรแกรมสื่อความหมายจำเป็นต้องมีการวางแผนการดำเนินงานอย่างเป็นขั้นตอน โดยจะต้องให้ความสำคัญกับองค์ประกอบแต่ละส่วนทั้งลักษณะทางธรรมชาติและวัฒนธรรมในพื้นที่ เค้าโครงเรื่องสำคัญของการนำเสนอ การถ่ายทอดเนื้อหา และผู้รับสาร ซึ่งกระบวนการดำเนินการมีขั้นตอนทั้งหมด 7 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) การเลือกสถานที่หรือทรัพยากรที่ต้องการสื่อความหมาย 2) การกำหนดทรัพยากรใน

การสื่อความหมาย 3) การกำหนดแนวคิดหลักในการสื่อความหมาย 4) การกำหนดกลุ่มเป้าหมายในการสื่อความหมาย 5) การกำหนดเค้าโครงเรื่องในการสื่อความหมาย 6) การใช้เทคนิคการสื่อความหมายในการเชื่อมโยงถึงลักษณะทางธรรมชาติในพื้นที่ และ 7) การกำหนดรูปแบบของโปรแกรมสื่อความหมาย (National Park Service, U.S. Department of the Interior, 2007B)

การศึกษาครั้งนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาโปรแกรมสื่อความหมายธรรมชาติที่มีส่งเสริมการเรียนรู้เกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติที่สอดคล้องกับศักยภาพของทรัพยากรนันทนาการในพื้นที่ โดยในกระบวนการพัฒนาโปรแกรมสื่อความหมายในครั้งนี้พิจารณาจากข้อมูลเกี่ยวกับประวัติความเป็นมาของพื้นที่ สภาพแวดล้อมในเส้นทาง ประเภทของเส้นทาง ระยะทาง ความลาดชันของเส้นทาง สิ่งอำนวยความสะดวกในเส้นทาง ความหลากหลายของสังคมพืช และโครงสร้างของสังคมพืชที่พบในเส้นทาง เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการประเมินศักยภาพของเส้นทาง และจำแนกช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการ โดยนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดเป็นเค้าโครงในการสื่อความหมาย รวมถึงวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายที่ต้องการสื่อสาร เพื่อกำหนดรูปแบบของสื่อที่เหมาะสม โดยมุ่งเน้นรูปแบบสื่อที่แตกต่างไปจากรูปแบบเดิมที่พบเห็นทั่วไปในปัจจุบัน เพื่อสร้างความน่าสนใจให้กับการสื่อความหมายในพื้นที่

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมินศักยภาพของทรัพยากรนันทนาการเพื่อการสื่อความหมายในเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติขุนดง สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว และ 2) ออกแบบโปรแกรมสื่อความหมายในเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติขุนดง สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว

อุปกรณ์ และวิธีการ

การออกแบบโปรแกรมสื่อความหมายธรรมชาติในพื้นที่สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมาครั้งนี้ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ดังนี้

1. การประเมินศักยภาพของทรัพยากรนันทนาการเพื่อการสื่อความหมาย

1.1 การศึกษาลักษณะทั่วไปของเส้นทาง

การศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดให้เส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติขุนดงเป็นพื้นที่ศึกษาหลัก โดยให้สวนรวมพันธุกรรมไม้ป่าเฉลิมพระเกียรติ ร.9 เป็นจุดเริ่มต้นของเส้นทาง (trail head) และทำการรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับประเภทของเส้นทาง ระยะทาง ความกว้างของเส้นทาง สิ่งอำนวยความสะดวก สภาพการใช้ที่ดินสองข้างทาง เพื่อเป็นข้อมูลทางกายภาพสำหรับนำมากำหนดกรอบแนวคิดในการพัฒนาโปรแกรมสื่อความหมาย (สินชัย และคณะ, 2557) ตลอดการสำรวจทำการบันทึกเส้นทาง และความสูงจากระดับทะเลปานกลางโดยใช้เครื่องรับสัญญาณ GPS พร้อมใช้กล้องถ่ายภาพและจดบันทึกลักษณะเด่นในพื้นที่ ซึ่งข้อมูลที่ได้นำมาจัดทำกราฟภาพตัดขวางความลาดชันของเส้นทาง

1.2 การประเมินศักยภาพของทรัพยากรนันทนาการ

การประเมินศักยภาพทรัพยากรนันทนาการทางธรรมชาติ ในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดตัวชี้วัดในการประเมินทั้งหมด 13 ตัวชี้วัด ประกอบด้วย 1) ความโดดเด่นเฉพาะตัวของระบบนิเวศในแหล่งธรรมชาติ 2) ความเป็นแหล่งรวมพืชหรือสัตว์ที่มีลักษณะโดดเด่น หายาก ใกล้สูญพันธุ์ หรือมีจำนวนมาก 3) สภาพความสวยงามทางกายภาพและสภาพภูมิทัศน์ของแหล่งธรรมชาติ 4) ความเป็นเอกลักษณ์และโดดเด่นเฉพาะตัวทางกายภาพของพื้นที่ 5) ความดึงดูดใจของแหล่งท่องเที่ยว 6) คุณค่าต่อวิถีชีวิตความเป็นอยู่ของชุมชนท้องถิ่น 7) ศักยภาพด้านการสื่อความหมาย 8) อุณหภูมิของอากาศที่เหมาะสมต่อการท่องเที่ยว 9) ปริมาณน้ำฝน 10) ความเสี่ยงต่อการถูกทำลายโดยมนุษย์ 11) ความเสี่ยงต่อการถูกทำลายจากภัยธรรมชาติ 12) โอกาสในการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน 13) ความคงทนของสภาพแวดล้อมในการรองรับการใช้ประโยชน์ (เอกชัย,

2557; แสงสรรค์ และคณะ, 2559) โดยกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก (W_i) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสำคัญของแต่ละตัวชี้วัดเป็น 3 ระดับ ได้แก่ มีความสำคัญมาก มีความสำคัญปานกลาง และมีความสำคัญน้อย และกำหนดค่าคะแนนของแต่ละตัวชี้วัดเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ศักยภาพสูง ศักยภาพปานกลาง และศักยภาพต่ำ

1.2.1 วิธีการประเมินศักยภาพ

จากการประเมินระดับศักยภาพทรัพยากรนันทนาการในแต่ละตัวชี้วัด สามารถนำมาวิเคราะห์ระดับศักยภาพของเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติโดยใช้สมการถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (Weighting Score Equation) ในการประเมินดังนี้

$$NTP = \frac{W_1R_1 + W_2R_2 + W_3R_3 + ...W_nR_n}{W_1 + W_2 + W_3 + ... W_n}$$

โดย NTP = ระดับศักยภาพของเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติ (Nature Trails Potential)

R_{1-n} = ค่าคะแนนศักยภาพของตัวชี้วัดที่ 1 ถึง n

W_{1-n} = ค่าถ่วงน้ำหนักของตัวชี้วัดที่ 1 ถึง n

นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดโดยแบ่งเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1.0-1.7 คือ ศักยภาพต่ำในการพัฒนาเป็นเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติ (low potential)

1.8-2.4 คือ ศักยภาพปานกลางในการพัฒนาเป็นเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติ (moderate potential)

2.5-3.0 คือ ศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติ (high potential)

1.2.2 ช่วงเวลาในการประเมินศักยภาพ

การประเมินศักยภาพทรัพยากรนันทนาการในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการประเมินโดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ตามฤดูกาล คือช่วงฤดูหนาว (เดือนพฤศจิกายน – มกราคม) ช่วงฤดูร้อน (เดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน) และช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม – ตุลาคม) เนื่องจากในแต่ละช่วงเวลามีสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้ลักษณะของปัจจัยชี้วัดที่ปรากฏแตกต่างกัน

2. ออกแบบโปรแกรมสื่อความหมายในเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติขุนดง

2.1 การออกแบบโปรแกรมสื่อความหมายธรรมชาติ

2.1.1 การกำหนดกลุ่มเป้าหมายในการสื่อความหมาย

กำหนดกลุ่มเป้าหมายของเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติขุนดงเป็นกลุ่มนักเรียน นิสิต นักศึกษาที่มีความสนใจในการเรียนรู้เกี่ยวกับระบบนิเวศป่าไม้

2.1.2 การกำหนดเค้าโครงเรื่องในการสื่อความหมาย

นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจลักษณะทั่วไปของเส้นทางและการประเมินศักยภาพทรัพยากรของพื้นที่ ซึ่งพิจารณาจากความโดดเด่น ความหลากหลาย และความน่าสนใจของทรัพยากรในแหล่งท่องเที่ยวทั้งในด้านความสวยงาม ด้านคุณค่าที่มีต่อการดำรงชีวิต และความสำคัญต่อระบบนิเวศ มากำหนดเป็นเค้าโครงเรื่องในการสื่อความหมายที่เชื่อมโยงให้ผู้มาเยือนรู้สึกถึงคุณค่าของทรัพยากรในพื้นที่ ซึ่งเนื้อหาสำหรับใช้ในการบรรยายได้รับการตรวจสอบเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ 4 ท่าน โดยมีการลำดับเนื้อหาหรือประเด็นสำคัญที่ต้องการนำเสนอ และกำหนดรูปแบบของการสื่อความหมายเป็นการสื่อความหมายโดยไม่ใช้คน ซึ่งคำนึงถึงการใช้เทคนิค การบรรยายประกอบฉาก และการยกตัวอย่างเรื่องราวหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้ฟังหรือผู้มาเยือนมีส่วนร่วมในเรื่องราวนั้นๆ และสร้างแรงบันดาลใจหรือก่อให้เกิดความรู้สึกต่อเรื่องราวที่ได้รับรู้

2.2 การทดสอบประสิทธิผลของโปรแกรมสื่อความหมายธรรมชาติ

2.2.1 การออกแบบเครื่องมือ

ในการทดสอบประสิทธิผลของโปรแกรมสื่อความหมายธรรมชาติด้านการเรียนรู้ ได้ทำการออกแบบแบบวัดความรู้เพื่อเป็นเครื่องมือหลักในการทดสอบประสิทธิผล โดยแบบวัดความรู้ก่อนและหลังการรับชมวีดิทัศน์บรรยายข้อมูล กำหนดเนื้อหาที่ต้องการทดสอบให้ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดที่มีอยู่ในวีดิทัศน์บรรยายข้อมูล และเลือกรูปแบบการทดสอบเป็นแบบปรนัย โดยมีคำตอบไว้ให้ผู้ทดสอบเลือกตอบคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งเป็นแบบวัดความรู้ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงคุณภาพแล้ว มีค่าความยากโดยรวมของแบบวัดความรู้ของผู้ใช้ประโยชน์อยู่ในระดับค่อนข้างง่าย (0.53)

2.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

กำหนดผู้เข้าใช้ประโยชน์ในพื้นที่สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียวในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 (ซึ่งเป็นช่วงตัวแทนของฤดูฝน) จำนวน 220 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา

2.2.3 การทดสอบประสิทธิผลของโปรแกรมสื่อความหมายธรรมชาติและการวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการทดสอบประสิทธิผลของโปรแกรมสื่อความหมายธรรมชาติ โดยวิธีการศึกษาแบบทดลอง (experimental design) โดยให้ผู้มาเยือนทำแบบทดสอบก่อนและหลังการใช้โปรแกรมสื่อความหมายธรรมชาติที่ได้พัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะการทดสอบก่อนและหลังการวางเงื่อนไข (pretest – posttest control group design) และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลังการรับชมวีดิทัศน์บรรยายข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลแบบคู่ (paired sample T-test) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้งสองค่าที่วัดมาจากข้อมูลสองกลุ่มที่สัมพันธ์กัน โดยวัดมาจากกลุ่มตัวอย่างเดียวกันสองครั้ง

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาการออกแบบโปรแกรมการสื่อความหมายธรรมชาติ ในพื้นที่สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ได้ผลการศึกษาในแต่ละส่วน ดังนี้

1. การประเมินศักยภาพของทรัพยากรนันทนาการเพื่อการสื่อความหมาย

1.1 ลักษณะทั่วไปของเส้นทาง

เส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติขุนดง เป็นเส้นทางเดินวนเป็นวงรอบ (loop trail) มีระยะทางรวมประมาณ 1.9 กิโลเมตร ความสูงจากระดับน้ำทะเล 248-283 เมตร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเส้นทางที่ค่อนข้างราบ มีความลาดชันตลอดเส้นทางโดยเฉลี่ยน้อยกว่า 5 องศา ใช้ระยะเวลาในการเดินประมาณ 1-2 ชั่วโมง พบสังคมป่าดิบแล้ง และป่าเบญจพรรณ สลับกันไปตลอดเส้นทาง โดยส่วนใหญ่จะเป็นสังคมป่าดิบแล้ง ซึ่งแต่ละช่วงของเส้นทางจะพบสังคมป่าดิบแล้งที่แตกต่างกันไป ทั้งป่าดิบแล้งริมห้วย และป่าดิบแล้งพื้นที่ลาดชัน ตลอดเส้นทางมีการปรับปรุงเส้นทางและสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อป้องกันอันตรายสำหรับนักท่องเที่ยวเป็นบางจุด เช่นการสร้างสะพานไม้เพื่อใช้สำหรับการเดินข้ามลำธาร

1.2 การประเมินศักยภาพของทรัพยากรนันทนาการ

ผลการประเมินศักยภาพทรัพยากรนันทนาการทางธรรมชาติในเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติขุนดง โดยพิจารณาจากคุณค่าทางด้านต่างๆ ประกอบด้วยตัวชี้วัดทั้งหมด 13 ตัวชี้วัด พบว่ามีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นเส้นทางศึกษาธรรมชาติ โดยเฉพาะศักยภาพในด้านความโดดเด่นเฉพาะตัวของระบบนิเวศในแหล่งธรรมชาติ ความเป็นแหล่งรวมพืชหรือสัตว์ที่มีลักษณะโดดเด่น หายาก ใกล้สูญพันธุ์ หรือมีจำนวนมาก ความดึงดูดใจของแหล่งท่องเที่ยว และศักยภาพด้านการสื่อความหมาย (Table 1)

Table 1 The potential of recreation resources agreement.

Indicators	Weight (W_i)	Score (R_i)	$W_i x R_i$
1. Uniqueness of recreation resources	3	3	9
2. Distinctiveness of plant and wildlife community	2	3	6
3. Landscape scenic quality	3	2	6
4. Uniqueness of physical setting	3	2	6
5. Attractiveness of site destination	3	3	9
6. Relationship between tourism destination and local people	1	2	2
7. Significance of nature interpretation	3	3	9
8. Climate condition	2	2	4
9. Rainfall	1	3	3
10. The risk of destruction by human	1	3	3
11. The risk of destruction by nature	2	3	6
12. Soil erosion potential	1	3	3
13. Site resistance	2	2	4
∑Wi	27		
∑(WixRi)			70
$\sum(W_i x R_i)/ \sum W_i$			2.6
Potential Level			High

Remarks: Weight (W_i) = the significance each indicator: 3: very important, 2: important, 1: less important Score (R_i) = level of potential 3: high potential, 2: moderate potential, 1: low potential

2. ออกแบบโปรแกรมสื่อความหมายในเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติขุนดง

2.1 การออกแบบโปรแกรมสื่อความหมาย

เมื่อพิจารณาจากการประเมินศักยภาพและการสำรวจทรัพยากรสื่อความหมายในเส้นทาง และนำมากำหนดเป็นเค้าโครงเรื่องในการสื่อความหมายธรรมชาติ คือ พลวัตป่าดิบแล้งภูมิภาคอีสาน โดยมีจุดสื่อความหมายทั้งหมด 10 จุดสื่อความหมาย แต่ละจุดห่างกัน 150 - 250 เมตร โดยประมาณ สำหรับสื่อที่ใช้ได้มีการพัฒนาโดยใช้วีดิทัศน์บรรยายข้อมูล ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการใช้วีดิทัศน์บรรยายข้อมูลในการสื่อความหมายสามารถก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาการสื่อความหมายได้เป็นอย่างดี เนื่องจากการใช้วีดิทัศน์บรรยายข้อมูลพร้อมภาพประกอบจากในพื้นที่สามารถทำให้ผู้ฟังหรือผู้มาเยือนมองเห็นลักษณะของทรัพยากรที่ต้องการสื่อความหมายได้ชัดเจนมากขึ้น



Figure 1 Nature Interpretation Program at Khundong.

2.2 การทดสอบประสิทธิผลของโปรแกรมสื่อความหมายธรรมชาติ

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาเป็นผู้เข้าใช้ประโยชน์ในพื้นที่สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียวในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 จำนวน 220 คน กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 64.50) มากกว่าเพศชาย (ร้อยละ 35.50) อายุอยู่ในช่วง 18 - 23 ปี กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี โดยเป็นผู้ที่มีความสนใจในการเรียนรู้เกี่ยวกับระบบนิเวศอยู่ในระดับมากและมีความเห็นตรงกันว่าการพัฒนาโปรแกรมสื่อความหมายโดยใช้วีดิทัศน์บรรยายข้อมูลพร้อมภาพประกอบ สามารถเพิ่มความสนใจในการเรียนรู้เรื่องราวต่างๆ ในพื้นที่ และจากผลการทดสอบประสิทธิผลของโปรแกรมสื่อความหมาย โดยพิจารณาจากค่าคะแนนก่อนและหลังการรับชมวีดิทัศน์บรรยายข้อมูล พบว่าจากคะแนนเต็ม 12 คะแนน กลุ่มตัวอย่าง มีค่าคะแนนหลังการทดสอบ ($\bar{x}$ = 6.69) มากกว่าค่าคะแนนก่อนการทดสอบ ($\bar{x}$ = 9.49) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = 940.81, P-value = 0.000) แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมสื่อความหมายธรรมชาติเกิดประสิทธิผลในด้านการให้ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติและระบบนิเวศแก่กลุ่มตัวอย่างได้มากขึ้น (Table 2)

Table 2 The effectiveness of nature interpretation program.

Test	Samples	()	SD	t	P-value
Pre - test	220	6.69	1.697		
Post - test	220	9.49	1.718		
				18.049	0.000

Remark: the maximum score of 12

สรุป

การออกแบบโปรแกรมการสื่อความหมายธรรมชาติ ในพื้นที่สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมสื่อความหมายธรรมชาติที่ส่งเสริมการเรียนรู้เกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติและสอดคล้องกับศักยภาพของทรัพยากรนันทนาการในพื้นที่ โดยกระบวนการพัฒนาโปรแกรมสื่อความหมายในครั้งนี้ประกอบด้วย 1) การประเมินศักยภาพของทรัพยากรนันทนาการในการสื่อความหมายซึ่งนำมาเป็นพื้นฐานในการกำหนดเค้าโครงเรื่องสื่อความหมายและพัฒนาเป็นโปรแกรมสื่อความหมายในพื้นที่ และ 2) การออกแบบโปรแกรมสื่อความหมายในเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติขุนดง โดยสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. จากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและลักษณะทั่วไปของเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติขุนดงเพื่อประเมินศักยภาพทรัพยากรนันทนาการในเส้นทาง พบว่าเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติขุนดงมีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติ โดยเฉพาะศักยภาพด้านการสื่อความหมาย เนื่องจากผลที่ได้จากการศึกษาลักษณะเด่นของทรัพยากรและสังคมพืชในพื้นที่ พบว่าสังคมพืชที่พบในบริเวณนี้มีความอุดมสมบูรณ์และเป็นสังคมพืชที่มีความหลากหลาย นอกจากนี้ยังเป็นพื้นที่ของคณะวนศาสตร์ที่ใช้สำหรับการศึกษาวิจัยและฝึกสอนนิสิตภาคสนามจึงเป็นแหล่งเรียนรู้เกี่ยวกับทรัพยากรและระบบนิเวศป่าไม้ได้เป็นอย่างดี จึงสามารถนำมาออกแบบโปรแกรมสื่อความหมายที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับการทำวิจัยเพื่อการจัดการป่าไม้ การศึกษาโครงสร้างของสังคมพืชที่พบเห็นในเส้นทาง และนิเวศวิทยาของพันธุ์ไม้ที่พบในเส้นทาง ซึ่งทำให้เส้นทางเดินศึกษาธรรมชาตินี้สามารถส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงนิเวศได้ในอนาคต โดยเฉพาะในมิติของการเรียนรู้สภาพแวดล้อมและ

ระบบนิเวศในพื้นที่ อีกทั้งยังมีปัจจัยเสริมในด้านที่ตั้งของพื้นที่ที่อยู่ใกล้ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 ซึ่งเป็นเส้นทางการท่องเที่ยวหลักของอำเภอวังน้ำเขียว จึงเป็นการเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงให้กับกลุ่มผู้มาเยือนที่หลากหลายมากขึ้น หากในอนาคตมีการพัฒนาการท่องเที่ยวขึ้นควรมีการประเมินการจัดการด้านต่างๆ เพิ่มเติม ทั้งในด้านของศักยภาพในการส่งเสริมการท่องเที่ยว รวมถึงศักยภาพในการบริหารจัดการพื้นที่เพื่อส่งเสริมให้เกิดการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนต่อไป และสำหรับในบริเวณเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติขุนดง ควรมีการจัดการในเรื่องของการดูแลสภาพเส้นทาง เนื่องจากบางช่วงของเส้นทางไม่ชัดเจนจึงอาจส่งผลให้ผู้มาเยือนเดินออกนอกเส้นทางได้ โดยหน่วยงานผู้ดูแลควรปรับปรุงเส้นทางให้มีความชัดเจนมากขึ้น และช่วงฤดูฝนมีบางช่วงของเส้นทางที่ถูกน้ำท่วมขัง เนื่องจากเส้นทางบางส่วนมีการเดินข้ามลำน้ำ จึงควรมีการแนะนำให้ผู้มาเยือนหลีกเลี่ยงการเข้าใช้ในช่วงฤดูฝน เพื่อความปลอดภัยของผู้มาเยือน

2. โปรแกรมสื่อความหมายในเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติขุนดง มีเค้าโครงเรื่องหลักในการสื่อความหมายธรรมชาติ คือ พลวัตป่าดิบแล้งภูมิภาคอีสาน โดยมีทั้งหมด 10 จุดสื่อความหมาย สื่อที่ใช้สำหรับการนำเสนอ คือ วีดิทัศน์บรรยายข้อมูล ซึ่งเป็นการนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาเป็นสื่อกลางในการนำเสนอ อาจมีความเหมาะสมกับกลุ่มผู้มาเยือนบางกลุ่ม โดยเฉพาะกลุ่มที่อยู่ในช่วงวัยรุ่น (อายุ 12 - 25 ปี) จึงถือเป็นข้อจำกัดของรูปแบบการสื่อความหมายที่ไม่สามารถใช้ได้กับผู้มาเยือนทุกกลุ่ม โดยเฉพาะกลุ่มผู้สูงอายุ ในอนาคตจึงควรมีการพัฒนาสื่อรูปแบบอื่นเพื่อตอบสนองต่อกลุ่มผู้มาเยือนทุกกลุ่มวัย เช่น แผ่นพับ หนังสือเล่มเล็ก หรือเจ้าหน้าที่สื่อความหมาย เป็นต้น อีกทั้งการนำเสนอการสื่อความหมายในรูปแบบวีดิทัศน์บรรยายข้อมูลจำเป็นต้องนำเสนอในพื้นที่ที่มีความเงียบพอสมควร จึงต้องมีการจำกัดจำนวนคนที่เข้าสู่เส้นทางในแต่ละรอบ ซึ่งอาจกำหนดเป็นกลุ่ม กลุ่มละประมาณ 5 – 10 คน เพื่อให้การสื่อความหมายที่จัดทำขึ้นมีประสิทธิภาพมากขึ้น และในส่วนของเนื้อหาการสื่อความหมายที่จัดทำขึ้นสะท้อนให้เห็นถึงลักษณะเด่นในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อนเป็นส่วนใหญ่ จึงควรมีการพัฒนาการสื่อความหมายที่ครอบคลุมลักษณะเด่นของทรัพยากรทุกช่วงฤดูกาล เพื่อเป็นการเสริมสร้างประสบการณ์นันทนาการที่ดีให้แก่ผู้มาเยือน ในส่วนของการทดสอบประสิทธิผลของโปรแกรมสื่อความหมายธรรมชาติเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติขุนดง พบว่าโปรแกรมสื่อความหมายที่จัดทำขึ้นเกิดประสิทธิผลในการให้ความรู้เกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติและระบบนิเวศกับผู้มาเยือน ซึ่งเห็นได้จากค่าคะแนนหลังการรับชมวีดิทัศน์บรรยายข้อมูล ($\bar{x}$ = 9.49, SD = 1.718) มีค่ามากกว่าค่าคะแนนก่อนการรับชมวีดิทัศน์บรรยายข้อมูล ($\bar{x}$ = 6.69, SD = 1.697) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = 940.81, P-value = 0.000) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้เป็นกลุ่มผู้ใช้ประโยชน์ที่มีความสนใจการเรียนรู้เกี่ยวกับระบบนิเวศป่าไม้ และมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบนิเวศป่าไม้และการจัดการป่าไม้ในระดับหนึ่ง จึงอาจทำให้ค่าคะแนนที่ได้จากการวัดผลความรู้มีค่าที่สูง ซึ่งหากเป็นนักท่องเที่ยวทั่วไปที่ไม่มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบนิเวศป่าไม้หรือการจัดการป่าไม้ อาจไม่เข้าใจในการสื่อความหมายได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ เนื่องด้วยเนื้อหาในการบรรยายมีคำศัพท์ทางวิชาการป่าไม้และมีรายละเอียดของเนื้อหาค่อนข้างมาก ซึ่งอาจเป็นปัจจัยในการจำกัดกลุ่มผู้มาเยือนให้อยู่ในกลุ่มที่มีความสนใจเฉพาะ

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่างานวิจัยนี้จะช่วยส่งเสริมโอกาสการเรียนรู้ระบบนิเวศและทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ และเพื่อให้เกิดการส่งเสริมการเรียนรู้ที่กว้างขึ้นในอนาคตควรมีการพัฒนาโปรแกรมที่มีเนื้อหาที่เข้าใจง่ายขึ้น เพื่อช่วยให้สามารถเข้าใจในเนื้อหาได้ดีขึ้น และตอบสนองกลุ่มผู้ใช้ประโยชน์ได้หลากหลายมากขึ้น รวมถึงการปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันและมีความน่าสนใจตลอดเวลา นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงเป้าหมายสำคัญของการสื่อความหมายที่มุ่งหวังถึงการ

เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของผู้ที่ได้รับการสื่อความหมาย ในอนาคตจึงควรมีการศึกษาต่อเนื่องถึงการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมต่อไป เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการสื่อความหมายอย่างแท้จริง

คำนิยม

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ปี พ.ศ. 2558 ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำการวิจัยภายใต้แผนงานวิจัย “การพัฒนาต้นแบบการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าวังน้ำเขียว – ป่าเขาภูหลวง จังหวัดนครราชสีมา”

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

คณะวนศาสตร์. 2555. **สถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา.** แหล่งที่มา: http://www.forest.ku.ac.th/camp/campw.pdf, 17 กรกฎาคม 2558.

นันทชัย พงศ์พัฒนานุรักษ์, วสันต์ จันทร์แดง, แสงสรรค์ ภูมิสถาน, สราวุธ สังข์แก้ว, รุ่งเรือง พูลศิริ, พิชิต ลำไย, ปิยวัตน์ ดิลกสัมพันธ์, นรินธร จำวงษ์, พยัตติพล ฉรงคะชวนะ, ยุทธพงษ์ คีรีมังคละ และนพพร จันทร์เกิด. 2558. **แผนพัฒนาป่าสาธิตวังน้ำเขียว อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา (พ.ศ. 2559-2463).** คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สินชัย หอมจันทร์, ดรรชนี เอมพันธุ์ และสันต์ เกตุปราณีต. 2557 การพัฒนาโปรแกรมสื่อความหมายในเส้นทางจักรยานพื้นที่บางกะเจ้า อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ. **วารสารวนศาสตร์** 33 (1): 97-107.

สำนักอุทยานแห่งชาติ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. 2555. **การสื่อความหมายธรรมชาติ.** พิมพ์ครั้งที่ 1. ส่วนนันทนาการและสื่อความหมาย, กรุงเทพฯ.

แสงสรรค์ ภูมิสถาน, นันทชัย พงศ์พัฒนานุรักษ์, ภูริวัจน์ เดชอุ่ม, สมหมาย อุดมวิทิต, ฐิติวุฒิ ชัยสวัสดิ์อารี, วรานันต์ ตันติเวทย์ และสุคิด เรืองเรื่อ. 2559. **การพัฒนาต้นแบบการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา.** สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ.

เอกชัย พรหมแสง. 2557. การออกแบบโปรแกรมการสื่อความหมายธรรมชาติบริเวณเส้นทางเดินป่าระยะไกล ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง. **วารสารวนศาสตร์** 33 (2): 77-87.

Ham, S.H. 1992. **Environmental interpretation: A practical guide for people with big ideas and small budgets.** North American Press, Colorado.

National Park Service, U.S. Department of the Interior. 2007A. **Foundations of Interpretation Curriculum Content Narrative.** Available Source: http://www.nps.gov/idp/interp/101/FoundationsCurriculum.pdf, November 2, 2015.

National Park Service, U.S. Department of the Interior. 2007B. **Interpretive Themes**. Available Source: https://www.nps.gov/idp/interp/101/themes.pdf, November 2, 2015.

Tilden, F. 1957. **Interpreting our heritage.** Chapel Hill, North Carolina: University of North Carolina Press.

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 และส่งต่อไปยังผู้ประพันธ์เพื่อดำเนินการเปลี่ยนแปลงบทความตามคำแนะนำดังกล่าว และส่งผลงานที่ปรับแก้ไขแล้วมายังกองบรรณาธิการเพื่อตัดสินใจขั้นสุดท้ายสำหรับการยอบรับ (accept) หรือ (reject) บทความ ปกติการพิจารณาทบทวนบทความใช้เวลาประมาณ 3 เดือน นับจากวันที่ส่งบทความ หากเกินกว่ากำหนดนี้ ผู้ประพันธ์สามารถสอบถามมายังกองบรรณาธิการเพื่อทราบความเหตุผลได้

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

ใบสมัคร

สมาชิกวารสารวนศาสตร์

วารสารวนศาสตร์ เป็นเอกสารทางวิชาการของคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีกำหนดออกปีละ 2 ครั้ง ในเดือนมิถุนายน และเดือนธันวาคม ค่าสมัครเป็นสมาชิกปีละ 200 บาท (รวมค่าส่งภายใน ประเทศ)

✂.....

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

(.....)

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