

การสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ ๑๐
10th Silvicultural Seminar

“ป่าปลูก...นำไทยสู่เศรษฐกิจเชิงนิเวศ”
“Plantation towards Thailand's Eco-Economy”

๑-๔ พฤษภาคม ๒๕๕๙
คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



การสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 10

เรื่อง

“ปาปลูก...นำไทยสู่เศรษฐกิจเชิงนิเวศ”

วันที่ 1-4 พฤษภาคม พ.ศ. 2559

ณ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 10

เอกสารประกอบการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา

ป่าปลูก...นำไทยสู่เศรษฐกิจเชิงนิเวศ

วันที่ 1-4 พฤษภาคม พ.ศ. 2559

ณ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เจ้าของ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์

พิมพ์ครั้งที่ 1 ธันวาคม 2559

จำนวนพิมพ์ 600 เล่ม

พิมพ์ที่ บริษัท ไอดี ออล ดิจิตอล พรินท์ จำกัด
52 ซอยเอกชัย 69 ถนนเอกชัย แขวงบางบอน
เขตบางบอน กทม. 10150

คำนำ

ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับกรมป่าไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง และองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ได้จัดการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 10 ภายใต้กรอบแนวคิด “ป่าปลูก...นำไทยสู่เศรษฐกิจเชิงนิเวศ Plantation towards Thailand's Eco-Economy” ขึ้นระหว่างวันที่ 1-4 พฤษภาคม 2559 ณ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริม และเผยแพร่ผลงานวิจัยทางวนวัฒนวิทยา รวบรวมผลงานวิจัยทางด้านการปลูกสร้างสวนป่า การฟื้นฟูป่าไม้ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อไว้เป็นข้อมูลในการส่งเสริม และพัฒนาการปลูกสร้างสวนป่าของประเทศ ตลอดจนเพื่อเปิดโอกาสให้นักวิจัยได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาแนวทางในการดำเนินงานวิจัยในอนาคต

รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 10 ประกอบด้วย ผลงานวิจัย ภาคบรรยาย จำนวน 24 เรื่อง และภาคโปสเตอร์ จำนวน 8 เรื่อง รวมผลงานวิจัยทั้งหมด 32 เรื่อง โดยได้รับความร่วมมือจากนิสิต นักศึกษา คณาจารย์ ผู้ทรงคุณวุฒิในหลายสาขาวิชา และหลายหน่วยงานทั้งภาครัฐ และเอกชน

ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ กรมป่าไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง และองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ภายใต้กรอบแนวคิดในครั้งนี้ ป่าปลูกจะนำไทยสู่เศรษฐกิจเชิงนิเวศได้หรือไม่นั้น จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากหลายๆ ภาคส่วนทั้งภาคประชาชน ภาคเอกชน รวมทั้งภาครัฐ ที่ช่วยในการกำหนดทิศทางของสวนป่าปลูก เพื่อพัฒนาให้เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยมั่นคง และยั่งยืนสืบไป



(นางสาวพิศ ดิลกสัมพันธ์)

หัวหน้าภาควิชาวนวัฒนวิทยา
คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(นายบพิตร เกียรติวุฒินนท์)

ผู้อำนวยการกลุ่มงานวนวัฒนวิจัย
สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

คำกล่าวรายงานของประธานคณะกรรมการการสัมมนาวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 10

ในพิธีเปิดการสัมมนาทางววัฒนวิทยา ครั้งที่ 10

วันอังคารที่ 3 พฤษภาคม 2559 เวลา 9.00 น.

ณ ห้องประชุม จรุงภิธานนท์ ตึกวนศาสตร์ 72 ปี คณะวนศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรียน ท่านรักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ท่านรักษาการแทนคณบดีคณะวนศาสตร์ และท่านผู้มีเกียรติทุกท่าน

กระผมในนามของคณะกรรมการการจัดสัมมนาวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 10 และผู้ร่วมสัมมนาทุกท่าน ขอขอบพระคุณ ท่านรักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นอย่างยิ่ง ที่ให้เกียรติมาเป็นประธานในพิธีเปิดการสัมมนาทางววัฒนวิทยา

ในโอกาสนี้ กระผมใคร่ขอกราบเรียนถึงประวัติความเป็นมาของการสัมมนาวนวัฒนวิทยาเพื่อโปรดทราบ ดังนี้

การสัมมนาวนวัฒนวิทยา ได้เคยจัดมาแล้ว 9 ครั้ง โดยความร่วมมือระหว่างคณะวนศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และกรมป่าไม้ ดังนี้

ครั้งที่ 1 จัดขึ้นระหว่างวันที่ 20 – 22 ธันวาคม 2510 ณ ศูนย์วิจัยอารักขาข้าว กรุงเทพฯ โดยมี ดร.สง่า สรรพศรี เป็นผู้ริเริ่มในการจัดสัมมนา

ครั้งที่ 2 จัดขึ้นระหว่างวันที่ 9 – 11 มกราคม 2522 ณ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ครั้งที่ 3 จัดขึ้นระหว่างวันที่ 24 – 25 กุมภาพันธ์ 2526 ณ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO)

ครั้งที่ 4 จัดขึ้นระหว่างวันที่ 18 -22 มกราคม 2531 ณ โรงแรมริเจนท์ มารีน่า เมืองพัทยา อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลญี่ปุ่น (JICA)

ครั้งที่ 5 จัดขึ้นระหว่างวันที่ 27 – 29 มีนาคม 2534 ณ กรมป่าไม้ โดยได้นับการสนับสนุนจากรัฐบาลญี่ปุ่น (JICA) เช่นเดียวกัน

ครั้งที่ 6 จัดขึ้นระหว่างวันที่ 21 – 24 พฤษภาคม 2539 ณ โรงแรมเจริญโฮเต็ล จังหวัดอุดรธานี

ครั้งที่ 7 จัดขึ้นระหว่างวันที่ 12-14 ธันวาคม 2544 ณ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ครั้งที่ 8 จัดขึ้นระหว่างวันที่ 6-8 มิถุนายน 2550 ณ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ครั้งที่ 9 จัดขึ้นระหว่างวันที่ 21-22 มิถุนายน 2555 ณ ห้องประชุมชั้น 7 อาคารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับการจัดสัมมนาวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 10 จัดขึ้นโดยความร่วมมือระหว่างกรมป่าไม้ และ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์อีกครั้งในรอบ 5 ปี โดยมีวัตถุประสงค์ในการจัดสัมมนา ดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่ผลงานวิจัยทางด้านวนวัฒนวิทยา
2. เพื่อรวบรวมผลงานวิจัยทางการปลูกสร้างสวนป่า การฟื้นฟูป่าไม้ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ไว้เป็นข้อมูลในการส่งเสริม และพัฒนาการปลูกสร้างสวนป่าของประเทศ
3. เพื่อเปิดโอกาสให้นักวิจัยได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาแนวทางในการดำเนินงานวิจัยในอนาคต
4. เพื่อให้ผู้เข้าร่วมสัมมนาได้นำเอาความรู้และประสบการณ์ไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงาน เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์แก่ตนเอง องค์กร และประเทศชาติ

ท่านผู้เข้าร่วมสัมมนาทุกท่าน ในการสัมมนาครั้งนี้ ได้เปิดโอกาสให้นักวิจัยทั้งหน่วยงานกรมป่าไม้ คณะวนศาสตร์ และหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้ส่งผลงานวิจัยเข้าร่วมในการสัมมนา ซึ่งผลงานที่ได้รับการคัดเลือกเข้ามาเสนอ ส่วนใหญ่จะเน้นไปในการปลูกป่าเศรษฐกิจ การฟื้นฟูป่าไม้ และป่าปลูกกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ งานวิจัยเหล่านี้กำลังเป็นที่สนใจ และมีบทบาทที่สำคัญในการช่วยส่งเสริมป่าปลูกของไทยสู่เศรษฐกิจเชิงนิเวศ

การสัมมนาวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 10 จะเริ่มตั้งแต่วันที่ 2 พฤษภาคม 2559 จนถึงวันนี้ การสัมมนาจะประกอบไปด้วยการเสวนาในหัวข้อ “ป่าปลูก...นำไทยสู่เศรษฐกิจเชิงนิเวศได้จริงหรือ ?” การเสนอผลงานการวิจัยทั้งภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ จำนวน 33 เรื่อง โดยได้รับความร่วมมือจากวิทยากรผู้ทรงคุณวุฒิในหลายสาขา และหลายหน่วยงาน เข้าร่วมในการสัมมนาอย่างยิ่ง ในส่วนของผู้เข้าร่วมสัมมนาครั้งนี้ประกอบไปด้วยข้าราชการ และพนักงานจากกรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ตลอดจนภาคเอกชน และนักเรียน นิสิต นักศึกษา ตลอดจนผู้สนใจเข้าร่วมทั้งสิ้นประมาณ 300 คน

จากการกราบเรียนมานี้ กระผมเชื่อว่า การสัมมนาครั้งนี้จะประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ทุกประการ เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิจัยด้านวนวัฒนวิทยา การฟื้นฟูป่าไม้และนำป่าปลูกของไทยสู่เศรษฐกิจเชิงนิเวศได้อย่างแน่นอน

บัดนี้ ได้เวลาอันสมควรแล้ว กระผมขอกราบเรียนเชิญ ท่านรักษาการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้โปรดกล่าวเปิดการสัมมนาวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 10 ต่อไป ด้วยขอขอบพระคุณ

คำกล่าวปราศรัยของท่านรักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ในพิธีเปิดการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 10
วันอังคารที่ 3 พฤษภาคม 2559 เวลา 9.15 น.
ณ ห้องประชุม จรุงรักปรีชานนท์ ตึกวนศาสตร์ 72 ปี คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ท่านรักษาการแทนคณบดีคณะวนศาสตร์ ประธานคณะกรรมการการสัมมนาววนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 10
ท่านผู้มีเกียรติ และผู้เข้าร่วมสัมมนาทุกท่าน

ปัจจุบันความต้องการใช้ไม้เพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่างๆ มีปริมาณสูงขึ้น อาทิ อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ ไม้ท่อนและไม้แปรรูป และไม้เพื่อการก่อสร้าง เป็นต้น การปลูกสร้างสวนป่าจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ตอบสนองความต้องการใช้ไม้ภายในประเทศ และลดการนำเข้าไม้จากต่างประเทศ ทำให้ภาครัฐ เอกชน และเกษตรกรรายย่อย มีความสนใจในการปลูกป่าเพื่อประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจและเพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ เพิ่มมากขึ้น เช่น เพื่อเพิ่มผลผลิตป่าไม้ เพื่อการใช้สอยในครัวเรือน และเพื่อฟื้นฟูป่าระบบนิเวศ นอกจากนี้ การปลูกป่ายังมีบทบาทสำคัญในการบรรเทาปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก โดยการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุที่สำคัญของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ในปัจจุบันจึงมีกลไกที่สำคัญมากมายที่ช่วยผลักดันให้การปลูกป่าในเชิงเศรษฐกิจให้มีบทบาทในเชิงนิเวศมากยิ่งขึ้น ทั้งกลไกการจ่ายค่าตอบแทนการให้บริการของระบบนิเวศ (payment for ecosystem services, PES) กลไกการลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อสร้างแรงจูงใจในการปลูกป่าจากการซื้อขายคาร์บอนเครดิต ตลอดจนการปลูกป่าในบริบทของการดำเนินงานเพื่อแสดงความรับผิดชอบต่อสังคมส่วนรวม (Corporate Social Responsibility) หรือ กิจกรรม CSR ต่างๆ ของภาคเอกชน และที่สำคัญยังมีบริบทของการจัดการสวนป่าอย่างยั่งยืน ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยกลไกการรับรองทางด้านป่าไม้ (forest certification) ซึ่งเป็นอีกกลไกหนึ่งที่ทั้งภาครัฐ และเอกชนเล็งเห็นถึงความสำคัญในการนำธุรกิจป่าไม้ไทยไปสู่สากล

ดังนั้น ผมขอแสดงความชื่นชมและยินดีต่อกรมป่าไม้ และคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของป่าปลูก ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการอนุรักษ์ และฟื้นฟูป่าไม้ ตลอดจนช่วยบรรเทาปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก มาแนะนำเสนอตามหลักวิชาการ โดยเน้นองค์ความรู้ด้านวนวัฒนวิทยา และได้ใช้เวลาให้กับการจัดงานสัมมนาในครั้งนี้ พร้อมกันนี้ ผมขอขอบคุณคณะกรรมการจัดสัมมนา วิทยากร และผู้เข้าร่วมสัมมนาทุกท่าน ตลอดจนองค์กรต่างๆ ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ที่มีส่วนร่วมในการจัดสัมมนาในครั้งนี้ ด้วย

ผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลจากการสัมมนาในครั้งนี้ จะก่อให้เกิดประโยชน์โดยตรงต่อกิจกรรมการปลูกป่าเพื่อเศรษฐกิจ การฟื้นฟูป่า ตลอดจนการปลูกป่ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังนั้น ปลูกป่า...จะนำไทยสู่เศรษฐกิจเชิงนิเวศได้หรือไม่นั้น จึงจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากหลายๆ ภาคส่วนทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และที่สำคัญคือภาคประชาชน ในการกำหนดทิศทางของการพัฒนาการปลูกป่าเชิงเศรษฐกิจโดยอาศัยฐานนิเวศวิทยา เพื่อพัฒนาให้เกิดความยั่งยืนทั้งทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยสืบไป

ผมขออาราธนาคุณพระศรีรัตนตรัยและสิ่งศักดิ์ทั้งหลาย อันเป็นที่เคารพสักการะของท่าน จงดลบันดาลให้ทุกท่านประสบแต่ความสุขความสำเร็จ มีพลานามัยสมบูรณ์ คิดสิ่งใดในทางที่ชอบ ที่ควรขอให้สมความปรารถนาทุกประการ และขออวยพรให้การสัมมนาในครั้งนี้จึงประสบผลสำเร็จ และบรรลุตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

บัดนี้ ได้เวลาอันเป็นมงคลแล้ว ผมขอเปิดงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 10 ณ บัดนี้

สารบัญ	หน้า
ภาคบรรยาย	
การแปรผันทางลักษณะสัณฐานวิทยาและการเติบโตของกล้าไม้ยูคาลิปตัสโรฟิลลา ณ สวนป่าลาดกระบัง จังหวัดฉะเชิงเทรา โดย ปัทมา ทรัพย์วิไล ลดาวัลย์ พวงจิตร และ สาทิศ ดิลกสัมพันธ์	1
ความแปรผันของการเติบโตและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของยูคาลิปตัส เพลลิต้า โดย นรินทร์ เทศสร และ วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง	13
ประเมินผลการทดสอบปลูกหลานไม้สักแบบปิดที่อายุ 7 ปี โดย สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล ประสิทธิ์ เพียรอนุรักษ์ จ्ञำนรรจ เพียรอนุรักษ์ วิโรจน์ ครองกิจศิริ และ จรัส ช้วนนะ	22
การประมาณแก่นไม้พะยุงในป่าปลูกของกรมป่าไม้ โดย อธิ วิสารรัตน์ อังสุมา พิณฑทอง และ ชุตติกานต์ หุตะแสงชัย	33
ผลของระยะปลูกต่อการเติบโตและการทำลายของแมลงของพะยุง อายุ 2 ปี ณ สถานีวนวัฒนวิจัยราชบุรี อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี โดย พรหทัย แสนกำแพง สมพร แม่ลิ้ม และ วาทีนี สอนผกา	51
ผลของระยะปลูกต่อการเติบโตและมวลชีวภาพของประดู่ป่า อายุ 22 ปี ณ สถานีวนวัฒนวิจัยราชบุรี อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี โดย ราตรี บุญรอด วาทีนี สอนผกา สมพร แม่ลิ้ม	60
การเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 3 ชนิด ที่มีระยะปลูกแตกต่างกัน ในท้องที่อำเภอมือง จังหวัดสตูล โดย ประพนอม ชุมเรียง จุติพร ขาเดร์ และ อรปราง สุทธเกียรติ	72
การร่วนหล่นและปริมาณสารอาหารของซากพืชป่าชายเลนคลองกำพวน จังหวัดระนอง โดย เตชา ดวงนามล วสันต์ จันทรแดง และ เจษฎา วงศ์พรหม	84
ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนในดินของสวนป่าไม้โตเร็วต่างกัน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ โดย สุรเดช อีร์สุวรรณ รุ่งเรือง พูลศิริ และ สาทิศ ดิลกสัมพันธ์	92

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
สมบัติบางประการของดินภายหลังการฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ร้าง ณ สถานีวิจัยวนศาสตร์พังงา โดย วงศธร คงชุม รุ่งเรือง พูลศิริ สันต์ เกตุปราณีต และ เจษฎา วงศ์พรหม	102
การสะสมไนโตรเจนในระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีไฟป่าและไม่มีไฟป่า บริเวณสถานีวนวัฒนวิจัยอินทิล จังหวัดเชียงใหม่ โดย อำไพ พรสิแสงสุวรรณ สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล และ สมชาย นองเนื่อง	112
การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหมูไผ่ผสม ภายหลังการปลูก 10 ปี ณ พื้นที่เขากะโลง จังหวัดตราด โดย ธนิภัทร ริมฝาย มณฑล จำเริญพุกฤษ และ ลดาวัลย์ พวงจิตร	122
การเติบโตของพรรณไม้ที่ใช้ฟื้นฟูในป่าเต็งรังบริเวณพื้นที่อนุรักษ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ โดย ธนากร ลัทธิดีระสุวรรณ ปฐมธรรม ปุตินันท์ และ วรณา มังกิตะ	137
ลักษณะสังคมพืช และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าเต็งรัง ในป่าชุมชนบ้านโค้งตาบง จังหวัดเพชรบุรี โดย กุ๊พงษ์ ทองพระพักตร์ สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ และ นิตยา เมี้ยนมิตร	148
การรอดตายและการเติบโตของไม้ที่ปลูกผสม เพื่อฟื้นฟูระบบนิเวศป่าดิบแล้ง อุทยานแห่งชาติปางสีดา จังหวัดสระแก้ว โดย สิริินทร์ ตียนานท์	160
การเติบโตและลักษณะสังคมพืชที่ได้จากการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าไม้ในพื้นที่ผ่านการทำ เหมืองแร่หินปูนเขาวง จังหวัดสระบุรี โดย สкар ทีจันทิก รัชณุ เกิดเชิดชู และ โชติรส พงษ์ปราโมทย์	169
พลวัตและสมดุลคาร์บอนในป่าดิบแล้งสะแกราชและป่าผสมผลัดใบแม่กลอง โดย จตุพล สวนสวรรค์ สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ และ ทิพา พาโคกหม	177
มวลชีวภาพเหนือดินและการกักเก็บคาร์บอนของไผ่หวานอ่างช้างที่ปลูกในระดับความสูง แตกต่างกัน ในจังหวัดเชียงใหม่ โดย ปวีณธิดา นัยเย็น ลดาวัลย์ พวงจิตร และ รุ่งเรือง พูลศิริ	190
การประมาณมวลชีวภาพและปริมาณการเก็บกักคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้กระถินณรงค์ อายุ 6 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานี โดย อติศร คงคิด และ วรัญญ ราชภักดิ์เจริญ	203

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การกักเก็บคาร์บอนของป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดย สาทิศ ดิลกสัมพันธ์ พรเทพ เหมือนพงษ์ กอบศักดิ์ วันธงไชย จงรัก วัชรินทร์รัตน์ และ มนัสวี เกื้อวงศ์	215
พฤติกรรมไฟในป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดย สุทธิพงษ์ ไชยรักษ์ กอบศักดิ์ วันธงไชย และ พลากร คูหา	230
อิทธิพลของไฟต่อการเติบโตและการเจริญทดแทนตามธรรมชาติของไม้เสม็ดขาว ณ ป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดย ทศพล แพทย์ชัยโย กอบศักดิ์ วันธงไชย และ วาทีณี สวนผกา	242
สมบัติแหล่งเชื้อเพลิงและพฤติกรรมไฟ ในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว จังหวัดหนองคาย โดย ไกรสร วิริยะ อภิศักดิ์ ชาวชน และ สันต์ เกตุปราณีต	254
การประเมินความเสี่ยงภัยต่อการเกิดไฟป่าด้วยเทคนิคการรับรู้ระยะไกลร่วมกับระบบ สารสนเทศภูมิศาสตร์ บริเวณสถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา โดย ภาณุพงศ์ โปรายสุรินทร์ กอบศักดิ์ วันธงไชย นันทชัย พงศ์พัฒนานุรักษ์	264
ภาคโปสเตอร์	
การประมาณปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของสวนป่าไม้สัก อายุ 6 ปี จังหวัดเชียงใหม่ โดย สมชาย นองเนื่อง อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์ สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล พงษ์ศักดิ์ ฉัตรเดชะ และ วรพจน์ คำใบ	275
การประมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 6 ปี โดย บพิตร เกียรติวุฒินนท์ ประพาย แก่นนาค และ อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์	286
การเติบโตของกล้าไม้ทำมิ่งในระบบวนเกษตร จังหวัดตราด โดย จันทรวีภา บุญอินทร์ ณัฐวัฒน์ คลังทรัพย์ เดชา ดวงนามล และ มณฑล จำเริญพฤกษ์	297
ความเป็นไปได้ของการปลูกสักแทรกเป็นแถบในแปลงปลูกมันสำปะหลัง โดย วรพรรณ หิมพานต์ ทศพร วัชรางกูร ประพาย แก่นนาค และ วิโรจน์ ครองกิจศิริ	307

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การเติบโตและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ 8 ชนิด ในแปลงทดสอบชนิดพันธุ์ไม้ เหมาะสมสำหรับการปลูกในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดย วาทีนี สวนผกา และ สมบูรณ์ บุญยืน	320
การศึกษาเบื้องต้นของการเชื่อมต่อท่อลำเลียงน้ำและอาหารในต้นสักถูกกาน โดย สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล	327
การศึกษาวิธีการควบคุมความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการตัดชำไม้เคี่ยมและไม้ยางนา โดย อติศร คงคิด และ วรัญญ ราษฎร์เจริญ	333
ลักษณะโครงสร้างของป่าทดแทนตามธรรมชาติ และป่าปลูก ภายหลังจากการถูกบุกรุกแผ้ว ถางป่า ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาเขียว – เขาชมภู จังหวัดชลบุรี โดย ดวงหทัย วงศ์เงิน จงรัก วัชรินทร์รัตน์ และ พรเทพ เหมือนพงษ์	341

การแปรผันทางลักษณะพื้นฐานวิทยาและการเติบโตของกล้าไม้ยูคาลิปตัสยุโรปิลลา
ณ สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา

Variation of Morphological Characteristics and Growth of
Eucalyptus urophylla S.T. Blake Seedlings in Lad Krating Plantation,
Chachoengsao Province

ปัทมา ทรัพย์วิไล^{1*} ลดาวัลย์ พวงจิตร์¹ และ สาทิศ ดิลกสัมพันธ์¹
Patthama Subwilai^{1*} Ladawan Puangchit¹ and Sapit Diloksumpun¹

¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: pseudonymous29@gmail.com

ABSTRACT

The study was carried out in a nursery at the age of three months and field trial at the age of one year in the Lad Krating plantation using a randomized complete block design. The objectives were to compare the variation of morphological characteristics between families and to determine the morphological characteristics which could be used to show the specific characteristics of *Eucalyptus urophylla*. The results showed that the morphological characteristics commonly found in all families of *E. urophylla* at the age of three months were: hair absent on young leaves, dull surface on ventral mature leaves, and a different color on the dorsal and ventral leaf surfaces. The morphological characteristics which can be used to identify families were: stem form, leaf margin, and distinction of a marginal vein. The results on growth performance at the age of one year revealed that the girth at ground level (G_0), diameter at breast height (DBH) and survival percentage among the 45 families were not significantly different, in contrast to the height. The average G_0 of trees was 11.14 cm, the average DBH was 2.28 cm, and the average height was 3.08 m. Family 78/8 had the best height of 4.29 m. Family 60/1 showed the smallest height of 1.97 m. The highest survival percentage of *E. urophylla* was found in families 24/1, 71/1, 60/3, 50/4, 78/8, 12/9, and 37/11 with a survival of 97.92%. The lowest survival was found in family 66/8 with an average of 54.17%. Based on scoring at the age of one year, the best ranked field growth was for family 78/8.

Keywords: *Eucalyptus urophylla*, growth, morphological characteristics

บทคัดย่อ

การศึกษาการแปรผันทางลักษณะสัณฐานวิทยาในระยะกล้าไม้ที่อายุ 3 เดือน และการเติบโตเมื่ออายุ 1 ปี ณ สวนป่าลาดกระทิง ของไม้ *E. urophylla* เพื่อศึกษาลักษณะที่ใช้จำแนกสายพันธุ์ และลักษณะเฉพาะทางสัณฐานวิทยาของ *E. urophylla* โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) พบว่า ลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่ปรากฏในระยะกล้าไม้ที่อายุ 3 เดือน ของทุกสายพันธุ์ ได้แก่ ไม้มีขนบนใบอ่อน หลังใบ แก่ลักษณะไม่เป็นมัน สีของหลังใบและท้องใบแตกต่างกัน ลักษณะที่สามารถใช้จำแนกสายพันธุ์บางสายพันธุ์ ได้แก่ รูปทรงลำต้น ลักษณะขอบใบ และความชัดเจนของเส้นขอบใบ ในส่วนของการเติบโตเมื่ออายุ 1 ปี พบว่า ความโตที่ระดับซิดดิน (G_0) เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และอัตราการรอดตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดย G_0 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.14 เซนติเมตร DBH มีค่าเฉลี่ย 2.28 เซนติเมตร และความสูงมีค่าเฉลี่ย 3.08 เมตร สายพันธุ์ 78/8 มีการเติบโตทางด้านความสูงมากที่สุด คือ 4.29 เมตร ในขณะที่สายพันธุ์ 60/11 มีความสูงน้อยที่สุด คือ 1.97 เมตร อัตราการรอดตายของกล้าไม้ พบว่า สายพันธุ์ที่มีอัตราการรอดตายสูงที่สุด คือ 24/1, 71/1, 60/3, 50/4, 78/8, 12/9 และ 37/11 โดยทั้ง 7 สายพันธุ์มีอัตราการรอดตายเท่ากัน คือ ร้อยละ 97.92 ในขณะที่สายพันธุ์ที่มีอัตราการรอดตายต่ำที่สุด คือ 66/8 มีอัตราการรอดตายร้อยละ 54.17 จากการนำข้อมูลการเติบโตและอัตราการรอดตายมาวิเคราะห์ และจัดอันดับ สายพันธุ์ที่มีการเติบโตเมื่ออายุ 1 ปีที่ดีที่สุด คือ สายพันธุ์ 78/8

คำสำคัญ: ยูคาลิปตัสโรฟิลลา การเติบโต ลักษณะสัณฐานวิทยา

คำนำ

การปลูกสร้างสวนป่าไม้เศรษฐกิจเป็นหนึ่งทางเลือกในการสร้างรายได้จากการปลูกไม้ยืนต้น แต่การจะประสบความสำเร็จในการปลูกสร้างสวนป่าไม้เศรษฐกิจนั้น การคัดเลือกพันธุ์ที่จะนำมาปลูกในพื้นที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง การปลูกสร้างสวนป่าที่ไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควรส่วนหนึ่งเกิดมาจากการขาดการคัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมมาปลูก สายพันธุ์ที่ต่างกัน จะส่งผลให้การเติบโต รูปร่าง ลักษณะ ความทนทาน ตลอดจนคุณภาพไม้แตกต่างกัน เพื่อให้ได้สวนป่าที่ประกอบด้วยชนิดไม้ หนึ่งไม้ คุณภาพดีมีการเติบโตและคุณลักษณะที่เหมาะสมตามที่ต้องการควรมีการคัดเลือกพันธุ์ที่จะนำมาปลูก การเติบโตและลักษณะที่ปรากฏของพืชนอกจากขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมภายนอกอันได้แก่ น้ำ อากาศ สารอาหาร แสงสว่าง ฮอโมนต่างๆ แล้วนั้น พันธุกรรมของพืชก็มีอิทธิพลด้วย ภายใต้สภาวะแวดล้อมเดียวกันหากต้นไม้มีการแสดงออกที่แตกต่างกันย่อมเป็นผลมาจากปัจจัยภายในที่ควบคุมการเติบโตและลักษณะของพืชที่ปรากฏ ทำให้เกิดลักษณะที่แตกต่างไปจากสายพันธุ์เดิม และหากความแตกต่างนี้เป็นเอกลักษณ์เฉพาะทำให้เกิดเป็นพันธุ์ใหม่ขึ้น ด้วยเหตุนี้เพื่อเป็นการคุ้มครองสิทธิของผู้ปรับปรุงพันธุ์และเป็นการส่งเสริมให้มีการพัฒนาพันธุ์ให้แพร่หลายจึงได้มีการรับรองและจดทะเบียนพันธุ์พืชขึ้น ยูคาลิปตัสก็เป็นหนึ่งในชนิดไม้ที่สามารถนำมาขอขึ้นทะเบียนได้ เนื่องจากเป็นหนึ่งในไม้เศรษฐกิจที่สำคัญ

การศึกษาและเข้าใจถึงการแปรผันทางลักษณะสัณฐานวิทยาของ *E. urophylla* สายพันธุ์ต่างๆ ในสวนป่าลาดกระทิงโดยอาศัยรายละเอียดในการตรวจสอบลักษณะของพันธุ์พืชที่ขอจดทะเบียนเป็นพันธุ์พืชใหม่ของกองคุ้มครองพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร ทำให้ทราบถึงการแปรผันของลักษณะทางสัณฐานวิทยาในระยะกล้าไม้ของ *E. urophylla* รวมถึงลักษณะทางสัณฐานวิทยาใดที่เป็นลักษณะประจำพันธุ์ และการศึกษาการ

เติบโตสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาปลูก และเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสายพันธุ์ เพื่อจะได้ส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัสสายพันธุ์ที่มีคุณภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาการแปรผันลักษณะสัณฐานวิทยาในระยะกล้าไม้ *E. urophylla* (อายุ 3 เดือน)

เพาะเมล็ด *E. urophylla* ที่นำมาจากสวนผลิตเมล็ดพันธุ์รุ่นที่หนึ่งซึ่งมีการถ่ายเรณูตามธรรมชาติ (open pollination) ของสวนป่าลาดกระทิง องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ จำนวน 45 สายพันธุ์ โดยมีแม่ไม้มาจาก 15 ถิ่นกำเนิด (Table 1) หลังจากเพาะแล้วย้ายเพื่อเลี้ยงกล้าในกระบะเพาะ โดยแยกหลุมละ 1 กล้า เมื่อกล้าไม้ที่เพาะมีอายุครบ 3 เดือน ทำการสุ่มตัวอย่างกล้าไม้แต่ละสายพันธุ์ สายพันธุ์ละ 48 กล้า แบ่งออกเป็น 3 ซ้ำๆ ละ 16 กล้า ทำการเก็บข้อมูลลักษณะสัณฐานวิทยาตามรายละเอียดในการตรวจสอบลักษณะพันธุ์พืชที่ขอจดทะเบียนเป็นพันธุ์พืชตามชนิดพืชที่ได้ประกาศให้เป็นพันธุ์พืชใหม่ที่จะได้รับการคุ้มครองตามมาตรา 14 แห่ง พ.ร.บ. คุ้มครองพันธุ์พืช พ.ศ. 2542 ชนิดพืชยูคาลิปตัส โดยเก็บข้อมูลลักษณะภายนอกในระยะกล้า ดังนี้ ลักษณะของใบอ่อน คือ ใบคู่แรกจากยอดที่คลี่เต็มที่ และเก็บข้อมูล สีของใบอ่อนโดยใช้พัดเทียบสี พิจารณาการมีขนบนใบอ่อน พิจารณาลักษณะของใบแก่ โดยดูจากใบที่อยู่กึ่งกลางของลำต้น และเป็นใบที่มีลักษณะที่สมบูรณ์ ไม่ถูกทำลายจากโรคและแมลง เก็บข้อมูลการหุ้มลำต้นของใบ มุมของก้านใบที่ทำกับลำต้น ความยาวของใบและก้านใบ ความกว้างของใบ รูปร่างของใบ การมีขนบริเวณหลังใบ ลักษณะขอบใบ มุมของเส้นใบที่ทำกับเส้นกลางใบ ลักษณะการรวมกันของเส้นขอบในเส้นใบกับขอบใบ ความชัดเจนของเส้นขอบในเส้นใบ ความมันวาว และสีของใบ ความแตกต่างของสีบริเวณหลังใบกับท้องใบ สีของเส้นกลางใบ ลักษณะและสีของก้านใบ โดยการเก็บข้อมูลสีจะใช้พัดเทียบสีในการจำแนก และพิจารณาลักษณะอื่นๆ ของกล้าไม้ ได้แก่ รูปทรงของลำต้น และการเรียงตัวของใบ

Table 1 Origin of the 45 *E. urophylla* seed trees at Lad Krating Plantation, Chachoengsao province.

Number	Families	Code of seed trees	Origin
1	18/1	TK0114Eu0049	Mt. Lewotobi, Flores
2	24/1	TK0114Eu0056	Mt. Lewotobi, Flores
3	40/1	TK0114Eu0093	Mt. Sirung, Pantar
4	55/1	TK0114Eu0119	Mt. Wokoh, Flores
5	60/1	TK0114Eu0129	Mt. Mandiri, Flores
6	71/1	TK0114Eu0151	Ermera, Timor
7	9/2	TK0114Eu0021	Mt. Egon, Flores
8	11/2	TK0114Eu0024	Mt. Sirung, Pantar
9	23/2	TK0114Eu0055	Mt. Wasbilla, Pantar
10	26/2	TK0114Eu0062	Mt. Egon, Flores
11	58/2	TK0114Eu0127	Mt. Kerbau, Lomblem
12	8/3	TK0114Eu0020	Ermera, Timor
13	10/3	TK0114Eu0023	Mt. Egon, Flores

Table 1 (Continued)

Number	Families	Code of seed trees	Origin
14	60/3	TK0114Eu0129	Mt. Mandiri, Flores
15	74/3	TK0114Eu0163	Mt. Egon, Flores
16	8/4	TK0114Eu0020	Ermera, Timor
17	10/4	TK0114Eu0023	Mt. Egon, Flores
18	29/4	TK0114Eu0067	Mt. Egon, Flores
19	50/4	TK0114Eu0111	Hatuloi, Wetar
20	60/4	TK0114Eu0129	Mt. Mandiri, Flores
21	21/5	TK0114Eu0072	Ermera, Timor
22	39/7	TK0114Eu0086	Remexio, Timor
23	75/7	TK0114Eu0167	Mt. Egon, Flores
24	2/8	TK0114Eu0004	Ampui, Alor
25	14/8	TK0114Eu0030	Mt. Wasbilla, Pantar
26	31/8	TK0114Eu0072	Ermera, Timor
27	66/8	TK0114Eu0140	Lelogama, Timor
28	78/8	TK0114Eu0175	Kalabahi, Alor
29	2/8	TK0114Eu0004	Ampui, Alor
30	12/9	TK0114Eu0026	Mt. Sirung, Pantar
31	16/9	TK0114Eu0041	Kalabahi, Alor
32	23/9	TK0114Eu0055	Mt. Wasbilla, Pantar
33	32/9	TK0114Eu0074	Ermera, Timor
34	33/9	TK0114Eu0075	Mt. Wokoh, Flores
35	3/10	TK0114Eu0005	Ampui, Alor
36	18/10	TK0114Eu0049	Mt. Lewotobi, Flores
37	75/10	TK0114Eu0167	Mt. Egon, Flores
38	6/11	TK0114Eu0014	Mt. Lewerok, Flores
39	11/11	TK0114Eu0024	Mt. Sirung, Pantar
40	24/11	TK0114Eu0056	Mt. Lewotobi, Flores
41	29/11	TK0114Eu0067	Mt. Egon, Flores
42	37/11	TK0114Eu0083	Mt. Wulogai, Flores
43	43/11	TK0114Eu0097	Mt. Lewotobi, Flores
44	49/11	TK0114Eu0110	Mt. Wulogai, Flores
45	28/12	TK0114Eu0066	Mt. Kerbau, Lomblem

2. การศึกษาการเติบโตของของ *E. urophylla* อายุ 1 ปี

เตรียมแปลงทดลองขนาด 35x38 เมตร จำนวน 3 แปลง โดยมีระยะห่างระหว่างแปลง 6 เมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) โดยในแต่ละแปลงแบ่งออกเป็น 45 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยปลูกกล้าไม้ *E. urophylla* จากสายพันธุ์เดียวกัน จำนวน 16 ต้น โดยมีระยะปลูก 1x2 เมตร เมื่อกล้าไม้มีอายุได้ 1 ปี ดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อหาอัตราการรอดตาย (survival rate) เส้นรอบวงที่ระดับชิดดิน (girth at ground level; G_0) เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height; DBH) และความสูง (height) ทั้งหมดของต้นไม้ นำข้อมูลที่ได้จากการวัดมาคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีการเติบโตและอัตราการรอดตายดีที่สุดในระยะกล้าไม้อายุ 1 ปี โดยพิจารณาจัดอันดับให้คะแนนจากการเติบโต และอัตราการรอดตาย สายพันธุ์ที่มีคะแนนสูงที่สุดจะเป็นสายพันธุ์ที่มีการเติบโตดีที่สุด

ผลและวิจารณ์

1. การแปรผันลักษณะสัณฐานวิทยาในระยะกล้าไม้

ในการเตรียมกล้าไม้ที่ใช้ในการศึกษา พบว่า ทุกสายพันธุ์มีการงอก ยกเว้น สายพันธุ์ 8/3 (Emera, Timor) ทั้งนี้คาดว่าน่าจะมาจากหลายสาเหตุ เช่น เมล็ดไม้ที่นำมาเพาะไม่สมบูรณ์ หรือเกิดการงันของเมล็ด จึงส่งผลให้มีร้อยละการงอกเท่ากับ 0 ทั้งนี้ สุริย์ (2522) กล่าวว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการงอกของเมล็ดมีทั้งปัจจัยภายใน ได้แก่ ความแก่ของเมล็ด อายุของแม่ไม้ ขนาดของเมล็ดไม้ อายุการเก็บรักษาของเมล็ดไม้ ความแข็งแรงของแม่ไม้ การงันของเมล็ด และปัจจัยภายนอก ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิที่เหมาะสม ความชื้น และแสงสว่าง แต่เนื่องด้วยการศึกษาได้ทำการเพาะกล้าไม้ในสภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน การที่กล้าไม้ *E. urophylla* สายพันธุ์ 8/3 ไม่งอกน่าจะเกิดจากปัจจัยภายในของเมล็ด หรือเกิดการงัน จวงจันท์ (2523) กล่าวว่า หากเมล็ดที่มีชีวิตเมื่อได้รับปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ดในขณะที่ชนิดพันธุ์เดียวกันสามารถงอกได้ แสดงให้เห็นว่า ได้เกิดการงันของเมล็ด Koller *et al.* (1962) กล่าวว่า การงันสามารถเกิดขึ้นในช่วงเวลาหลังจากที่เมล็ดแก่ตัวหรือช่วงเวลาเก็บเกี่ยวเมล็ด (primary dormancy) หรือเป็นการงันที่เกิดขึ้นเมื่อเมล็ดได้รับภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการงอก (secondary dormancy) และเมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ *E. urophylla* สามารถแบ่งกลุ่มได้ดังนี้

1.1 ลักษณะสัณฐานวิทยาที่ปรากฏเป็นลักษณะส่วนใหญ่ในทุกสายพันธุ์ ซึ่งจะนับเอาเฉพาะลักษณะที่พบมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 ในแต่ละสายพันธุ์ ลักษณะที่ปรากฏ ร้อยละ 100 ในแต่ละสายพันธุ์ ได้แก่ ใบอ่อนและหลังใบแก่ไม่มีขน ใบแก่ไม่เป็นมัน สีของท้องใบและหลังใบแตกต่างกัน ในส่วนของลักษณะที่ปรากฏมากกว่าร้อยละ 80 ได้แก่ ใบแก่ไม่หุ้มลำต้น มีก้านใบ เส้นขอบใบกับเส้นใบไม่รวมตัวกัน ลักษณะเหล่านี้เป็นลักษณะประจำสายพันธุ์ของ *E. urophylla*

1.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่สามารถแยก *E. urophylla* บางสายพันธุ์ออกจากสายพันธุ์อื่นๆ ได้ เป็นลักษณะที่สายพันธุ์ส่วนใหญ่แสดงออกไปในทิศทางเดียวกัน แต่มีบางสายพันธุ์ที่แสดงลักษณะที่แตกต่างจากสายพันธุ์อื่นๆ ได้แก่ รูปทรงลำต้น โดยสายพันธุ์อื่นๆ จะมีรูปทรงลำต้นเหลี่ยม แต่สายพันธุ์ 75/10 (Mt. Egon, Flores) และ 18/10 (Mt. Lewotobi, Flores) มีลำต้นกลม ลักษณะของขอบใบ กล่าวคือ สายพันธุ์อื่นๆ จะมีขอบใบที่เป็นคลื่น ยกเว้น สายพันธุ์ 75/10 (Mt. Egon, Flores), 55/1 (Mt. Wokoh, Flores) และ 2/8 (Ampui, Alor) ที่ขอบใบมีลักษณะเรียบ ส่วนใหญ่ *E. urophylla* ที่ศึกษาจะมีเส้นใบที่ไม่ชัดเจน ยกเว้น สายพันธุ์ 18/10 (Mt. Lewotobi, Flores) ที่เห็นเส้นใบชัดเจน สาเหตุที่ทำให้บางสายพันธุ์มีลักษณะทางสัณฐาน

วิทยาบางประการแตกต่างกันไป อาจเนื่องมาจากกล้าไม้ที่ทำการศึกษากลับมาไม่ได้มาจากการเพาะเมล็ดแบบเปิด (open pollination) จึงทำให้มีผลต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่ปรากฏ ซึ่งแตกต่างไปจากสายพันธุ์อื่นๆ

1.3 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่มีการแปรผันภายในสายพันธุ์และระหว่างสายพันธุ์สูง ไม่สามารถบอกได้ว่าแต่ละสายพันธุ์มีการแสดงออกแบบใดอย่างจำเพาะเจาะจง ได้แก่ สีของยอดอ่อน การเรียงตัวของใบ รูปร่างของใบ มุมของก้านใบที่ทำกับลำต้น มุมเส้นใบกับเส้นกลางใบ สีของใบแก่ สีของก้านใบและเส้นกลางใบ ลักษณะดังกล่าวนี้ไม่สามารถนำมาใช้ระบุลักษณะเฉพาะของ *E. urophylla* ได้ เนื่องจากมีการแปรผันภายในสายพันธุ์มาก โดยเฉพาะสีที่ปรากฏในส่วนต่างๆ ของกล้าไม้ และรูปร่างลักษณะของใบ

2. การเติบโตของกล้าไม้ (อายุ 1 ปี)

การศึกษากการเติบโตของ *E. urophylla* ได้นำกล้าไม้ที่ได้ทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยานำมาศึกษากการเติบโตเมื่ออายุ 1 ปี แต่เนื่องจากสายพันธุ์ 8/3 ไม่มีกล้าไม้ตัวอย่าง ดังนั้นในการวิเคราะห์ทางสถิติจึงไม่นำสายพันธุ์ 8/3 มาใช้ในการคำนวณ

อัตราการรอดตายของกล้าไม้ที่นำไปปลูกเมื่ออายุครบ 1 ปี แต่ละสายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ ความแตกต่างทางสายพันธุ์ไม่ส่งผลต่ออัตราการรอดตายของกล้าไม้เมื่อมีอายุ 1 ปี โดยมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยร้อยละ 87.55 สายพันธุ์ที่มีอัตราการรอดตายสูงที่สุด ได้แก่ 24/1 (Mt. Lewotobi, Flores), 71/1 (Ermera, Timor), 60/3 (Mt. Mandiri, Flores), 50/4 (Hatuloi, Wetar), 78/8 (Kalabahi, Alor), 12/9 (Mt. Sirung, Pantar) และ 37/11 (Mt. Wulogai, Flores) โดยมีอัตราการรอดตายต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 97.92 ในขณะที่สายพันธุ์ 66/8 (Lelogama, Timor) ที่มีอัตราการรอดตายต่ำที่สุด ร้อยละ 54.17 (Table 2) การศึกษากการเติบโตทางด้านความโตระดับขีดดินของแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความโตระดับขีดดินเฉลี่ยเท่ากับ 11.14 เซนติเมตร และเมื่อพิจารณาในแต่ละสายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ที่มีความโตระดับขีดดินสูงที่สุด คือ 78/8 (Kalabahi, Alor) มีความโต 14.36 เซนติเมตร ในขณะที่สายพันธุ์ 66/8 (Lelogama, Timor) มีความโตระดับขีดดินน้อยที่สุด คือ 6.41 เซนติเมตร (Table 2) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของยูคาลิปตัสยูโรปลาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.28 เซนติเมตร เมื่อพิจารณารายละเอียดในแต่ละสายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกสูงสุด คือ 78/8 (Kalabahi, Alor) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเท่ากับ 3.09 เซนติเมตร ในขณะที่สายพันธุ์ 60/1 (Mt. Mandiri, Flores) มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกน้อยที่สุด คือ 1.42 เซนติเมตร (Table 2) มะลิวัลย์ และคณะ (2553) ได้ศึกษาศักยภาพของไม้ 4 ชนิด ในการปลูกเป็นพืชพลังงาน จังหวัดปราจีนบุรี ในการศึกษาดังกล่าวได้เก็บข้อมูลการเติบโตของกล้าไม้ในอายุต่างๆ โดยที่อายุ 1 ปี พบว่า ไม้ยูคาลิปตัสคามาลูเลนซิสมีอัตราการรอดตายร้อยละ 99.28 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 3.2 เซนติเมตร และมีความสูง 5 เมตร เมื่อเปรียบเทียบการเติบโตกับกล้าไม้ยูคาลิปตัสยูโรปลาที่ทำการศึกษา พบว่า ที่ศึกษาที่จังหวัดปราจีนมีการเติบโตและอัตราการรอดตายเมื่ออายุ 1 ปีที่ดีกว่า การเติบโตทางด้านความสูงของยูคาลิปตัสยูโรปลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสายพันธุ์ ($p < 0.05$) โดยมีความสูงเฉลี่ย 3.08 เมตร สายพันธุ์ 78/8 (Kalabahi, Alor) สูงที่สุด คือ 4.29 เมตร และสายพันธุ์ 60/1 (Mt. Mandiri, Flores) มีความสูงน้อยที่สุด คือ 1.97 เมตร (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Hendraswari (2008) ที่ได้ศึกษากการเติบโตของ *E. urophylla* อายุ 20 ปี ที่ปลูก ณ สวนป่าลาดกระทิง พบว่า ความสูงของต้นไม้อันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมีค่าเฉลี่ยความสูง 26.73 เมตร สายพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดจาก Kalabahi สูงที่สุด คือ 30.17 เมตร นฤทธิ และ สุชาติ (2543) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการเติบโตทางความสูงของ *E. urophylla* ที่อายุ 4 เดือน ที่ศูนย์วนวัฒนวิจัยที่ 3 จังหวัด ผลปรากฏว่ากล้าไม้จากแม่ไม้ 9 สายพันธุ์ พบว่า ความสูงของกล้าไม้แต่ละสายพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) แสดงว่าสายพันธุ์ของแม่ไม้มีอิทธิพลต่อการเติบโตทางความสูงของกล้าไม้อายุ 4 เดือน ดังนั้นในการคัดเลือกแม่ไม้มิใช่คัดจากขนาดและรูปร่างของไม้เพียงอย่างเดียวแต่ต้องคำนึงถึงการเติบโตที่ดีในระยะกล้าไม้ด้วย

Table 2 One-year-old growth and survival percentage of 44 *E. urophylla* families planted at Lad Krating Plantation, Chachoengsao province.

Families	Girth at ground level (cm)	Diameter at breast height (cm)	Height (m)	Survival percentage (%)
18/1	12.17±0.41	2.68±0.33	3.73±0.43	91.67±3.61
24/1	12.47±1.71	2.42±0.50	3.60±0.52	97.92±3.61
40/1	9.39±8.18	2.05±1.80	2.51±2.23	66.67±57.74
55/1	12.51±1.16	2.53±0.30	3.26±0.68	93.75±6.25
60/1	7.20±6.40	1.42±1.26	1.97±1.71	58.33±50.52
71/1	10.79±0.69	2.28±0.28	3.24±0.40	97.92±3.61
9/2	10.54±1.73	2.09±0.56	2.74±0.66	91.67±14.43
11/2	8.35±7.30	1.54±1.56	2.25±1.98	64.58±56.02
23/2	9.20±1.68	2.30±0.50	2.67±0.26	77.08±7.22
26/2	13.09±3.17	2.51±0.93	3.67±0.38	93.75±10.83
58/2	11.86±0.74	1.99±0.85	3.61±0.13	93.75±0.00
10/3	8.60±0.78	1.69±0.31	2.80±0.76	93.75±6.25
60/3	13.14±1.15	2.93±0.28	3.86±0.45	97.92±3.61
74/3	10.46±0.50	2.11±0.12	3.13±0.23	89.58±7.22
8/4	11.73±0.28	2.31±0.12	3.31±0.10	93.75±6.25
10/4	12.70±1.67	2.69±0.46	3.52±0.23	93.75±6.25
29/4	12.35±0.88	2.56±0.14	3.55±0.47	93.75±0.00
50/4	13.63±0.61	2.87±0.29	3.75±0.30	97.92±3.61
60/4	11.26±1.43	2.14±0.24	2.80±0.18	95.83±3.61
31/5	8.57±2.54	1.64±0.61	2.12±0.81	70.83±15.73
39/7	11.37±0.40	2.43±0.14	3.23±0.44	89.58±7.22
75/7	11.81±3.40	2.53±0.81	3.37±1.03	83.33±13.01
2/8	12.28±3.94	2.57±0.95	4.06±0.26	85.42±20.09
14/8	12.28±1.47	2.71±0.50	3.13±0.23	93.75±6.25
31/8	12.55±1.14	2.67±0.22	3.70±0.47	91.67±7.22
66/8	6.41±5.64	1.48±1.34	3.62±0.37	54.17±46.91
78/8	14.36±1.85	3.09±0.38	4.29±0.32	97.92±3.61
2/9	11.88±2.66	2.10±0.65	3.48±0.61	93.75±6.25
12/9	13.30±1.62	2.95±0.26	3.89±0.01	97.92±3.61
16/9	13.87±2.05	2.97±0.57	3.77±0.86	95.83±3.61
23/9	10.87±2.05	2.20±0.34	2.91±0.18	85.42±9.55
32/9	10.65±2.17	2.21±0.55	3.03±0.67	95.83±3.61

Table 2 (Continued)

Families	Girth at ground level (cm)	Diameter at breast height (cm)	Height (m)	Survival percentage (%)
33/9	9.98±2.03	1.98±0.47	2.45±0.17	89.58±13.01
3/10	11.23±3.75	2.01±0.67	2.86±0.63	87.50±6.25
18/10	10.80±2.71	2.11±0.59	2.85±0.73	81.25±10.83
75/10	8.06±1.67	1.59±0.34	2.74±0.80	83.33±7.22
6/10	9.03±2.14	1.86±0.28	2.82±0.48	77.08±9.55
11/11	11.65±3.52	2.42±0.83	3.15±1.12	91.67±14.43
24/11	8.74±2.62	1.66±0.46	2.25±0.81	68.75±18.75
29/11	11.42±0.96	2.32±0.10	3.02±0.14	89.58±9.55
37/11	13.27±1.72	2.85±0.35	3.90±0.24	97.92±3.61
43/11	10.92±1.30	2.41±0.31	3.14±0.41	85.42±13.01
49/11	13.01±0.17	2.69±0.30	3.54±0.07	93.75±0.00
28/12	10.22±1.42	1.80±0.36	2.66±0.70	87.50±6.25
F-value	1.316 ^{ns}	1.383 ^{ns}	0.049 [*]	0.308 ^{ns}

* significant differences at 95% confident limit (p<0.05) ^{ns} not significant differences

Agpapo and Zamora (1976) กล่าวว่า การเปรียบเทียบการเติบโตโดยใช้ความสูง ซึ่งเป็นลักษณะทางสัณฐานวิทยาอย่างหนึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายและสะดวกต่อการวัด และเป็นวิธีที่ใช้ได้ดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่เขตร้อน จากผลการศึกษาจะเห็นว่ากล้าไม้แต่ละสายพันธุ์มีการเติบโตทางด้านความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติถึงแม้ว่าจะปลูกในพื้นที่เดียวกัน Maelim (2000) ได้ทดสอบถิ่นกำเนิด *E. urophylla* จำนวน 19 ถิ่นกำเนิดจากประเทศอินโดนีเซีย พบว่า การเติบโต และอัตราการรอดตายของกล้าไม้ที่มีถิ่นกำเนิดต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง นั้นแสดงให้เห็นว่าปัจจัยภายในหรือปัจจัยทางพันธุกรรมมีอิทธิพลต่อการเติบโตของกล้าไม้ที่ศึกษา ในส่วนของอัตราการรอดตาย ความโตที่ระดับขีดดิน และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของกล้าไม้ที่ศึกษาไม่มีความแตกต่างทางสถิตินั้น ทั้งนี้จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าภายในสายพันธุ์เดียวกันอัตราการรอดตาย ความโตที่ระดับขีดดินและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยแวดล้อม และความแปรผันภายในสายพันธุ์ เพราะกล้าไม้ที่นำมาศึกษาเป็นกล้าไม้ที่ได้จากการผสมพันธุ์แบบเปิด ประกอบกับในระยะแรกกล้าไม้ยังมีการตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกแตกต่างกันจึงทำให้ข้อมูลมีความแปรปรวนสูง

เมื่อพิจารณาจากผลการศึกษาการเติบโต และอัตราการรอดตายมาหาคะแนน ได้แก่ ความโตระดับขีดดิน เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูง และอัตราการรอดตาย ช่วงคะแนนอยู่ระหว่าง 1-100 คะแนน ให้คะแนนลดหลั่นกันไปตามลำดับ สายพันธุ์ที่ดีที่สุดให้คะแนนเท่ากับ 100 คะแนน สายพันธุ์แย่ที่สุดจะมีคะแนนเท่ากับ 1 จากการให้คะแนนและจัดอันดับ ผลปรากฏว่าสายพันธุ์ 78/8 (Kalabahi, Alor) มีการเติบโตที่ดีที่สุดคือ มีคะแนนรวมมากที่สุดเท่ากับ 400 คะแนน จากคะแนนเต็ม 400 รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ 12/9

(Mt. Sirung, Pantar) มีคะแนนรวม 360 คะแนน ในขณะที่สายพันธุ์ที่มีคะแนนรวมน้อยที่สุด ได้แก่ สายพันธุ์ 66/8 (Lelogama, Timor) โดยมีคะแนนรวม 8 คะแนน ดังที่แสดงใน Table 3 ซึ่งการเติบโตและอัตราการรอดตายของกล้าไม้ในระยะปีแรกย่อมส่งผลต่อการเติบโตและคุณภาพของไม้ในระยะยาว และหากพิจารณาในด้านการจัดการสวนป่าเพื่อเศรษฐกิจ กล้าไม้ที่เติบโตได้ดีในช่วงปีแรกจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการสวนป่าเศรษฐกิจได้ในอนาคตเนื่องจากง่ายต่อการดูแลและกำจัดวัชพืช สายพันธุ์ที่มีอัตราการรอดตายสูงก็จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการปลูกซ่อม นอกจากนี้ถิ่นกำเนิดของแม่ไม้ที่มาจากต่างที่กัน กล้าไม้ที่นำมาศึกษาเป็นกล้าไม้ที่ได้จากการผสมแบบเปิด ไม่สามารถระบุได้ว่าแม่ไม้ได้รับละอองเรณูมาจากที่ใด ทำให้พันธุกรรมของไม้มีการแปรผัน จึงส่งผลต่อการเติบโต และลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่ปรากฏ Maid and Bhumibhamon (2007) ได้ทดสอบสายพันธุ์ *E. urophylla* ที่อายุ 4 ปี ที่สวนป่าลาดกระทิง พบว่า สายพันธุ์ที่ต้นแม่ไม่มีถิ่นกำเนิดจาก Emera มีการเติบโตดีที่สุด ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาที่ปรากฏว่าสายพันธุ์ที่ต้นแม่ไม่มีถิ่นกำเนิดจาก Kalabahi มีการเติบโตดีที่สุด

Table 3 Scoring and ranking of 44 *E. urophylla* families by growth and survival percentage.

No.	Families	Criteria of evaluation				
		Girth at ground level	Diameter at breast height	Height	Survival percentage	Total score
1	78/8	100	100	100	100	400
2	12/9	87	91	82	100	360
3	16/9	94	92	78	95	359
4	60/3	85	90	81	100	356
5	50/4	91	86	78	100	355
6	37/11	86	85	83	100	354
7	14/8	74	77	74	90	315
8	26/2	84	65	73	90	312
9	49/11	83	76	63	90	312
10	10/4	79	76	66	90	311
11	18/1	73	75	75	86	309
12	31/8	77	74	71	86	308
13	24/1	76	60	70	100	306
14	2/8	74	69	90	71	304
15	29/4	75	68	68	90	301
16	55/1	77	66	55	90	288
17	8/4	67	53	58	90	268
18	2/9	69	41	65	90	265
19	11/11	66	60	50	86	262
20	75/7	68	66	60	67	261
21	71/1	55	51	54	100	260

Table 3 (Continued)

No.	Families	Criteria of evaluation				
		Girth at ground level	Diameter at breast height	Height	Survival percentage	Total score
22	39/7	50	60	54	81	245
23	29/11	63	54	45	81	243
24	58/2	69	34	48	90	241
25	32/9	53	47	46	95	241
26	43/11	57	59	50	71	237
27	74/3	51	41	50	81	223
28	60/4	48	43	36	95	222
29	23/9	56	47	41	71	215
30	9/2	52	40	33	86	211
31	3/10	48	35	37	76	196
32	18/10	55	41	38	62	196
33	33/9	45	33	34	81	193
34	28/12	48	23	29	76	176
35	23/2	36	52	30	52	170
36	10/3	28	16	35	90	169
37	6/10	33	26	36	52	147
38	75/10	21	10	33	67	131
39	40/1	37	38	23	24	122
40	24/11	29	14	12	33	88
41	31/5	27	13	7	38	85
42	11/2	24	7	12	23	66
43	60/1	10	1	1	9	21
44	66/8	1	4	2	1	8

สรุปและข้อเสนอแนะ

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกล้าไม้ยูคาลิปตัสยูโรฟิลลา (*E. urophylla*) อายุ 3 เดือน ทุกสายพันธุ์มีการแสดงออกไปในทางเดียวกัน ได้แก่ ใบอ่อนไม่มีขน ใบไม่หุ้มลำต้น หลังใบแก่ไม่มีขน เส้นขอบใบ เส้นใบไม่รวมเป็นเส้นเดียวกับขอบใบ ใบแก่ไม่เป็นมัน สีของหลังใบกับท้องใบต่างกัน และมีก้านใบ ส่วนลักษณะที่ใช้ในการแยกบางสายพันธุ์ออกจากยูคาลิปตัสยูโรฟิลลา ได้แก่ ลักษณะรูปทรงของลำต้น ซึ่งส่วนใหญ่ปรากฏว่ามีลักษณะเหลี่ยม และพบว่า สายพันธุ์ 18/10 และ 75/10 มีร้อยละของลำต้นกลมมีมากกว่าลำต้นเหลี่ยม ลักษณะขอบใบที่เป็นคลื่นเป็นส่วนใหญ่ แต่สายพันธุ์ 2/8 และ 75/10 ที่พบว่าร้อยละของขอบใบเรียบมีมากกว่าขอบใบคลื่น ความชัดเจนของเส้นใบสายพันธุ์ส่วนใหญ่เส้นใบไม่ชัดเจน ในขณะที่สายพันธุ์

18/10 พบว่า มีลักษณะเส้นใบที่ชัดเจน ส่วนลักษณะทางสัณฐานวิทยาอื่นๆ เช่น สีของยอดอ่อน สีของใบแก่ การเรียงตัวของใบ รูปร่างของใบ ไม่สามารถนำมาใช้เป็นลักษณะประจำพันธุ์หรือจำแนกสายพันธุ์ได้เนื่องจากมีการแปรผันทั้งภายในและระหว่างสายพันธุ์สูง

การเติบโตทางด้านความโตที่ระดับชนิดดิน เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และอัตราการรอดตายของยูคาลิปตัสยูโรปลาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีเพียงความสูงที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) *E. urophylla* สายพันธุ์ที่ 78/8 (Kalabahi, Alor) มีการเติบโตทางด้านความโตและความสูงมากที่สุดในระยะกล้าไม้ (อายุ 1 ปี) คือ ความโตระดับชนิดดิน (G_0) เท่ากับ 14.36 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) 3.09 เซนติเมตร และความสูง (H) 4.29 เมตร ในขณะที่สายพันธุ์ที่มีเส้นรอบวงชนิดดินน้อยที่สุด คือ สายพันธุ์ที่ 66/8 มี (Lelogama, Timor) มีการเติบโตชนิดดินเท่ากับ 6.41 เซนติเมตร ในส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงนั้น สายพันธุ์ที่ 60/1 (Mt.Mandiri, Flores) มีการเติบโตน้อยที่สุด คือ มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 1.42 เซนติเมตร และความสูง 1.97 เมตร และจากการให้คะแนนการเติบโต สายพันธุ์ที่มีการเติบโตในระยะกล้าไม้ (อายุ 1 ปี) ดีที่สุด คือ สายพันธุ์ 78/8 ในขณะที่สายพันธุ์ 60/1 มีการเติบโตต่ำที่สุด

ด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยาในระยะกล้าไม้ค่อนข้างมีการแปรผันและแตกต่างกันแม้จะมาจากสายพันธุ์เดียวกันก็ตาม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการแปรผันทางพันธุกรรมมาจากจากต้นพ่อแม่ เนื่องจากกล้าไม้ที่นำมาเพาะเป็นกล้าไม้ที่ได้มาจากการผสมแบบเปิด ประกอบกับโดยทั่วไปแล้วลักษณะในระยะกล้ามีความแปรผันสูง ยังไม่มีการแสดงออกของลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แน่ชัด จึงควรมีการศึกษาอย่างต่อเนื่องเป็นระยะๆ ไปจนถึงต้นไมโตเต็มที การควบคุมการผสมพันธุ์โดยให้เป็นแบบปิดสามารถลดการแปรผันลงได้และทำให้ทราบถึงศักยภาพของเมล็ดที่ได้จากสายพันธุ์นั้น

ในส่วนของการศึกษาการเติบโตเป็นการศึกษาในปีแรกเท่านั้นซึ่งในช่วงปีแรกการเติบโตจะมีการแปรผันมาก เพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่มีความเหมาะสมเห็นควรทำการศึกษาในระยะยาว เพื่อสามารถบอกได้ว่าสายพันธุ์ใดมีการเติบโตดีที่สุด รวมถึงทำการศึกษาในพื้นที่อื่นๆ ด้วย เพื่อให้สามารถทราบลักษณะที่ถูกควบคุมโดยพันธุกรรมหรือสิ่งแวดล้อมได้อย่างแน่ชัด และสายพันธุ์ใดมีความเหมาะสมที่จะส่งเสริมให้มีการปลูกมากที่สุด เมื่อถึงรอบตัดฟันสายพันธุ์ใดมีการเติบโตที่ดีที่สุด เพื่อที่จะได้นำมาปรับปรุงพัฒนาสายพันธุ์ให้ดียิ่งขึ้น และส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่ปลูกไม้ยูคาลิปตัสที่มีคุณภาพต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจากองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ที่ได้โปรดกรุณาให้ความอนุเคราะห์ให้สถานที่ในการศึกษาทดลอง และเงินทุนในการศึกษาวิจัย คุณมงคล ศรีอนันต์ หัวหน้างานสวนป่าลาดกระบัง ที่กรุณาให้การช่วยเหลือในการจัดเตรียมเมล็ดไม้ สถานที่ การวางแผนทดลอง รวมถึงอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2523. **สรีรวิทยาของเมล็ด**. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- นฤทธิ์ ตันสุวรรณ และ สุชาติ นิยมพิลา. 2543. การเปรียบเทียบการเติบโตของกล้าไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา จำนวน 9 แม่ไม้. **วารสารวิชาการป่าไม้** 2 (2) : 90-93.
- มะลิวัลย์ หุทัยธนาสันต์, เกษม หุทัยธนาสันต์, ศักดา ธนะวัติ, ศักดา พรหมเลิศ และ เอกชัย บ่ายแสงจันทร์. 2553. ศักยภาพของกระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินเทพณรงค์ในการปลูกเป็นสวนป่า พืชพลังงาน, น. 579-589. ใน **เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 สาขาพืช**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุริย์ ภูมิภมร. 2522. **เมล็ดพันธุ์ไม้ป่าเขตร้อน**. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Agpapo, A.C. and R.A. Zamora. 1976. Agriform slow release tablet fertilizer effects on the growth and survival of Benguet Pine (*Pinus kesiya*), Yemane (*Gmelia arborea*) and Kalantas (*Toona calantas*) seedlings. **Sylvatrop** 1(2): 135-137.
- Hendraswari, I. 2008. **Growth Assessment of Timor Mountain Gum (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake.) Provenance and Progenies and Genetic Diversity Assessment by Microsatellite Markers**. M.S Thesis, Mae Fahluang University.
- Koller, D., A.M. Mayer, A. Poljakoff-Mayber and S. Klein. 1962. Seed Germination. **Ann. Rev. Plant Physiol.** 13: 437-464.
- Maelim, S. 2000. **Provenance Variation on Certain Morphological Characteristics of Indonesian *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake at Lad Krating Plantation, Chachoengsao**. M.S. Thesis, Kasetsart University.
- Maid, M. and S. Bhumibhamon. 2007. Improvement of Timor Mountain Gum (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake) for Commercial Plantation in Eastern Thailand, pp. 8. In **Improvement and Culture of Eucalypts. Proceeding of IUFRO Working Group 2.08.03. Eucalypts and Diversity: Balancing Productivity and Sustainability**. 22-26 Octobetr 2007. Durban, South Africa.

ความแปรผันของการเติบโตและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของยูคาลิปตัส เพลลิต้า

Variation in Growth and Morphological Characteristics of *Eucalyptus pellita*

นรินทร์ เทตสร^{1*} และ วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง¹
Narin Tedsorn^{1*} and Vitoon Luangviriyaseng¹

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: narin67@gmail.com

ABSTRACT

Eucalyptus pellita has become an important plantation hardwood species in Southern and Southeastern Asia. It is regarded as a potential choice for both small-scale growers for use in mixed species woodlots targeting low-volume, high-value sawn timber, and also for industrial plantation companies who grow eucalypts using integrated pulp and sawn timber regimes. A progeny trial of *E. pellita* with 66 families based on individual seed from the China Eucalypt Research Center was planted using a Latin square row-column design of six replicates in Western Thailand on a site with an annual rainfall of 1,000 mm and a low nutrient soil. The families comprised 11 original provenances from Queensland, Australia (8 seedlots), Papua New Guinea (2 seedlots) and Indonesia (1 seedlot).

The results at age 5 years showed great variation in the growth traits of height and diameter at breast height (DBH). Estimates of mean height and DBH ranged between 9 and 15 m and 6–13 cm, respectively. The estimate of heritability for all traits ranged from moderate (0.19) to high (0.59).

Keywords: *Eucalyptus pellita*, genetics variation, progeny test

บทคัดย่อ

ยูคาลิปตัส เพลลิต้า ได้กลายเป็นไม้เนื้อแข็งชนิดที่สำคัญในภาคใต้และตะวันออกเฉียงใต้ของเอเชีย ซึ่งถือว่าเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพในการปลูกสร้างสวนป่าปลูกสำหรับเกษตรกรเพื่อใช้ในแปลงปลูกสวนป่าผสมผสาน หรือสำหรับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีเป้าหมายเพื่อเป็นวัตถุดิบไม้แปรรูปหรือเยื่อกระดาษ การทดสอบสายพันธุ์ยูคาลิปตัส เพลลิต้า จำนวน 66 สายพันธุ์ ซึ่งได้รับจากศูนย์วิจัยยูคาลิปตัสของจีน และวางแผนการทดลองแบบละตินไนซ์ โร คอลัมน์ มี 6 ซ้ำ ปลูก 3 ต้นต่อแปลงย่อย ระยะปลูก 2x3 เมตร ปลูกทางภาคตะวันตกของไทย ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 1,000 มิลลิเมตรต่อปี ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยสายพันธุ์ทั้งหมดมาจาก 11 ถิ่นกำเนิด จากออสเตรเลีย ปาปัวนิวกินี และอินโดนีเซีย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่อายุ 5 ปี พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในลักษณะของการเติบโต โดยมีค่าเฉลี่ยของความสูงระหว่าง 9-15 เมตร ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกระหว่าง 6-13 เซนติเมตร และ

คะแนนเฉลี่ยของลักษณะรูปทรงลำต้น และการแตกกิ่งอยู่ในเกณฑ์ดี และสำหรับค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของทุกลักษณะอยู่ระหว่าง 0.19-0.59

คำสำคัญ: ยูคาลิปตัส เฟลลิต้า ความแปรผันทางพันธุกรรม การทดสอบแม่ไม้

คำนำ

การปลูกสร้างสวนป่าไม้เศรษฐกิจในประเทศไทยในปัจจุบันนั้น จะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่เป็นไม้โตเร็วที่ให้ผลผลิตได้ภายใน 3-5 ปี เนื่องจากความต้องการใช้ประโยชน์ในกลุ่มอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง เยื่อกระดาษ และพลังงานทดแทน สำหรับไม้โตเร็วที่นิยมปลูกในประเทศไทย ได้แก่ ยูคาลิปตัส ซึ่งเป็นไม้โตเร็วรอบตัดฟันสั้น และสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย โดยชนิดที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นยูคาลิปตัสคามาลดูลินซิส (*Eucalyptus camaldulensis*) ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลล่า (*E. urophylla*) และลูกผสมยูคาลิปตัสแต่ละชนิด มีคุณสมบัติเด่นที่แตกต่างกันไป เช่น บางชนิดสามารถเติบโตได้ดีในพื้นที่ดินมีอุดมสมบูรณ์ต่ำ น้ำน้อย ทนแล้งได้ดี บางชนิดมีจุดเด่นด้านทนทานต่อโรคแมลง บางชนิดมีคุณสมบัติลำต้นตรง ความสูงดี หรือบางชนิดมีคุณสมบัติเนื้อไม้ดี มีสารเคมีในเนื้อไม้ที่เหมาะสมกับที่โรงงานผลิตเยื่อกระดาษต้องการ แต่ปัจจุบันการปลูกไม้ยูคาลิปตัส ต้องประสบกับปัญหาโรคและแมลงศัตรู ทำให้ต้องพัฒนาสายพันธุ์ใหม่ๆ โดยคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อให้สามารถทนทานโรคและแมลงศัตรู ซึ่งสายพันธุ์ดั้งเดิมที่ปลูกในปัจจุบัน อาจมีไม่มากพอที่จะคัดเลือก เนื่องจากถูกนำเข้ามาปลูกเป็นระยะเวลานาน ฐานพันธุกรรมค่อนข้างจำกัด ดังนั้นเพื่อเป็นการขยายพันธุกรรมไม้ในสกุลยูคาลิปตัสให้เพิ่มมากยิ่งขึ้น สมควรที่จะนำชนิดใหม่เข้ามาปลูกทดสอบ และคัดเลือกชนิดและสายพันธุ์ที่เหมาะสมกับประเทศไทย และนำไปขยายพันธุ์ปลูกสร้างสวนป่าเศรษฐกิจ หรือปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้

ยูคาลิปตัส เฟลลิต้า (*E. pellita*) ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้พื้นเมืองของออสเตรเลีย และถูกนำไปปลูกเป็นไม้ต่างถิ่นในหลายประเทศ ได้แก่ บราซิล อินเดีย เคนยา อินโดนีเซีย เป็นต้น (Orwa et al., 2009) เป็นชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพเหมาะสม เนื่องจากเติบโตเร็ว ความหนาแน่นเนื้อไม้สูง และมีความทนทานต่อโรค แมลงศัตรู (Bootle, 1983) ดังนั้นเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ยูคาลิปตัส เฟลลิต้า ที่สามารถปรับตัวและเติบโตได้ดี มีลักษณะรูปทรงลำต้น กิ่งก้านเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์และพัฒนาสายพันธุ์ต่อไปในประเทศไทย จึงต้องปลูกทดสอบ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. แผนการทดลองและสายพันธุ์ยูคาลิปตัส เฟลลิต้า

การทดสอบสายพันธุ์ยูคาลิปตัส เฟลลิต้า จำนวน 66 สายพันธุ์ (families) จาก 11 ถิ่นกำเนิด (provenances) (Table 1) โดยเป็นถิ่นกำเนิดจากรัฐควีนส์แลนด์ ออสเตรเลีย (8 seedlots) ปาปัวนิวกินี (2 seedlots) และอินโดนีเซีย (1 seedlot) โดยมีการปลูกทดลองเมื่อปี พ.ศ. 2552 ที่สถานีวนวัฒนวิจัยราชบุรี ท้องที่ตำบลยางหัก อำเภopakทอง จังหวัดราชบุรี ซึ่งอยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 225 เมตร มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 800-1,000 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายปี 35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปี 18 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 27 องศาเซลเซียส ลักษณะดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย pH ของดินประมาณ 6-6.5 โดยวางแผนการทดลองแบบ Latinized row-column design โดยมี

ทั้งหมด 6 ซ้ำ (replicates) จำนวน 66 แปลง (plots) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ทำการทดสอบ ปลูกระบบ 3 ต้นต่อแปลง ระยะปลูก 2x3 เมตร

Table 1 Seedlot information of *Eucalyptus pellita* planted in a progeny trial at Ratchaburi Silvicultural Research Station.

Seedlot Number	Location		Latitude	Longitude	Alt (m)	No. of parents
17854	BUPUL-MUTING	INDO	072100S	1403600E	40	3
17860	SSW KURANDA	QLD	165600S	1453600E	425	4
17861	NW KURANDA	QLD	164100S	1453200E	440	9
18197	S OF KIRIWO WP	PNG	082500S	1413000E	45	3
18199	SERISA	PNG	083600S	1412600E	45	3
18314	EL ARISH	QLD	175000S	1460300E	50	2
18597	S CARDWELL	QLD	182500S	1475600E	15	4
18598	Cardewell-Kennedy	QLD	181500S	1455500E	30	3
18599	JULATTEN	QLD	163700S	1452800E	425	16
18749	DAINTREE	QLD	161500S	1452100E	25	5
18750	WONGA-DAINTREE	QLD	161600S	1452200E	15	14
Total						66

2. การเก็บข้อมูล

2.1 ข้อมูลการเติบโต

การเติบโตทางความสูงทั้งหมด จะใช้เครื่องวัดระยะและความสูง ระบบสะท้อนคลื่น (vertex hypsometer) โดยวัดจากโคนถึงปลายยอดหน่วยในการวัดเป็นเมตร

การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก หรือ DBH (diameter at breast height) จะใช้เทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter tape) ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร หน่วยในการวัดเป็นเซนติเมตร

2.2 ข้อมูลลักษณะสัณฐานวิทยา

ประเมินรูปร่างลำต้น (stem form) และลักษณะกิ่งก้าน (branching habits) ซึ่งใช้เกณฑ์การให้คะแนน โดยประยุกต์ใช้เกณฑ์การประเมินของ Pinyopusarerk (1990) ได้แก่ ลักษณะความแตกต่างของลำต้น ประกอบด้วย 2 ลักษณะ คือ แนวแกนลำต้น (axis persistence) มี 1-6 ระดับ และความตรงของลำต้น (stem straightness) มี 1-4 ระดับ นอกจากนั้นลักษณะกิ่งก้าน ประกอบด้วย 3 ลักษณะ คือ การลิดกิ่งตามธรรมชาติ (self-pruning) มี 1-2 ระดับ ความหนาของกิ่ง (branch thickness) มี 1-4 ระดับ และการทำมุมของกิ่ง (branch angles) มี 1-2 ระดับ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เพื่อดูความแตกต่างของการเติบโต และลักษณะสัณฐานวิทยาของยูคาลิปตัส เพลลิต้า ในระหว่างถิ่นกำเนิดและสายพันธุ์

3.2 คำนวณค่าอัตราพันธุกรรม (heritability; h^2) ของการเติบโต และลักษณะสัณฐานวิทยา โดยใช้สมการของ Williams *et al.* (2002) ดังนี้

$$h^2 = \frac{\sigma_f^2 / r}{\sigma_p^2}$$

σ_f^2 = ความแปรปรวนของลักษณะที่มองเห็น

σ_p^2 = ความแปรปรวนของลักษณะทางพันธุกรรม

r = Coefficient of relationship (0.25)

h^2 = อัตราพันธุกรรม

ผลและวิจารณ์

1. การเติบโต

ผลการศึกษาที่อายุ 5 ปี พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.001$) ในระหว่างถิ่นกำเนิด โดยมีค่าเฉลี่ยการเติบโตทางความสูงอยู่ในช่วงของค่าเฉลี่ย 12.97-15.08 เมตร ซึ่งถิ่นกำเนิดที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ถิ่นกำเนิดจากออสเตรเลีย (18598) และสำหรับค่าเฉลี่ยการเติบโตทาง DBH อยู่ในช่วงของค่าเฉลี่ย 10.62-12.42 เซนติเมตร ซึ่งถิ่นกำเนิดที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ถิ่นกำเนิดจากออสเตรเลีย (18597) สำหรับถิ่นกำเนิดจากปาปัวนิวกินี มีค่าเฉลี่ยการเติบโตทางความสูง และทาง DBH อยู่ระหว่าง 12.96-13.27 เมตร และ 10.62-11.39 ตามลำดับ และถิ่นกำเนิดจากอินโดนีเซียมีค่าเฉลี่ยการเติบโตทางความสูง และทาง DBH เท่ากับ 13.93 และ 11.22 ตามลำดับ (Table 2) จากผลจะเห็นได้ว่า ความแปรผันในระดับถิ่นกำเนิดมีผลต่อการคัดเลือกสายพันธุ์ (พิศาล และ วิฑูรย์, 2540)

Table 2 Summarised results of all characteristics in provenances.

No.	Seedlot Number	Growth			Stem and Branch				Remark
		DBH	Height	Axis	Stem	Pruning	Thickness	Angle	
1	17854	11.22	13.93	5.94	3.42	1.66	3.70	1.64	INDO
2	17860	10.88	13.68	5.95	3.41	1.68	3.47	1.34	QLD
3	17861	11.11	13.90	5.90	3.59	1.64	3.57	1.66	QLD
4	18197	11.39	13.27	5.72	3.57	1.67	3.50	1.56	PNG
5	18199	10.62	12.96	5.88	3.69	1.58	3.32	1.47	PNG
6	18314	11.85	14.15	6.00	3.58	1.83	3.91	1.58	QLD

Table 2 (Continued)

No.	Seedlot Number	Growth			Stem and Branch				Remark
		DBH	Height	Axis	Stem	Pruning	Thickness	Angle	
7	18597	12.42	14.17	5.99	3.46	1.40	3.53	1.71	QLD
8	18598	12.40	15.07	5.88	3.27	1.77	3.72	1.83	QLD
9	18599	10.73	13.47	5.91	3.39	1.53	3.76	1.68	QLD
10	18749	11.28	13.40	5.89	3.28	1.68	3.38	1.44	QLD
11	18750	11.81	14.38	5.95	3.40	1.62	3.44	1.55	QLD
Grand mean		11.29	13.86	5.92	3.44	1.61	3.58	1.60	
F Prop.		<0.001	<0.001	0.46	0.05	0.01	<0.01	<0.05	

Note: QLD = Queensland, PNG = Papua New Guinea, INDO = Indonesia

สำหรับความแปรผันระหว่างสายพันธุ์ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) เช่นเดียวกัน ซึ่งสายพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยรวมของการเติบโตทางความสูง คือ 13.86 เมตร อยู่ในช่วงของค่าเฉลี่ย 9.1-15.85 เมตร โดยพบว่าสายพันธุ์ที่ 38 (18597) เติบโตดีที่สุด คือ 15.85 เมตร และการเติบโตทาง DBH มีค่าเฉลี่ยรวม 11.29 เซนติเมตร อยู่ในช่วงของค่าเฉลี่ย 9.17-13.88 เซนติเมตร โดยพบว่าสายพันธุ์ที่ 38 (18597) เติบโตทาง DBH ดีที่สุด คือ 13.88 เซนติเมตร (Table 3)

Table 3 Results of all characteristics in families.

No.	Families	Growth			Stem and Branch			
		DBH	Height	Axis	Stem	Pruning	Thickness	Angle
1	18750	11.58	14.21	6.00	1.67	3.67	3.67	1.50
2	18749	11.79	13.51	6.00	1.50	3.33	3.33	1.33
3	18749	9.86	12.55	5.99	1.75	3.42	3.42	1.22
4	18599	11.48	14.33	6.00	1.50	3.67	3.67	1.17
5	17861	11.89	14.28	6.00	1.67	3.83	3.83	1.83
6	17861	10.16	13.07	6.00	1.67	3.67	3.67	1.67
7	17861	10.61	13.43	6.00	1.67	3.83	3.83	2.00
8	18750	12.59	15.30	6.00	1.67	3.83	3.83	1.67
9	18599	9.41	12.83	5.99	1.45	2.96	2.96	1.15
10	18750	12.97	14.51	5.98	1.67	2.82	2.82	1.34
11	18199	13.22	15.82	6.00	1.83	3.83	3.83	1.67
12	18314	11.65	14.25	6.00	1.83	3.83	3.83	1.50
13	18597	11.66	13.17	5.97	1.29	3.29	3.29	1.85
14	17854	11.86	15.14	6.00	1.65	4.05	4.05	1.32
15	18750	11.13	14.78	6.00	1.66	3.33	3.33	1.50

Table 3 (Continued)

No.	Families	Growth		Stem and Branch				
		DBH	Height	Axis	Stem	Pruning	Thickness	Angle
16	17861	11.10	14.15	6.00	1.83	3.67	3.67	1.50
17	17860	11.05	13.85	5.83	1.83	3.50	3.50	1.67
18	18749	11.73	14.35	5.84	1.67	3.67	3.67	1.50
19	18750	12.36	15.14	6.00	1.65	3.45	3.45	2.00
20	18197	10.95	13.63	5.50	1.85	3.36	3.36	1.35
21	18750	12.41	14.22	5.84	1.67	3.33	3.33	1.17
22	18597	11.99	13.93	6.00	1.50	3.50	3.50	1.67
23	18197	10.85	11.95	5.66	1.67	3.67	3.67	1.83
24	18598	13.48	15.63	5.83	1.67	3.83	3.83	2.00
25	17860	10.18	11.83	5.99	1.65	3.16	3.16	1.15
26	18750	11.40	12.63	6.00	1.67	3.83	3.83	1.33
27	18599	11.10	13.92	5.67	1.33	3.50	3.50	1.50
28	18599	11.22	14.52	6.01	1.67	3.67	3.67	1.50
29	18750	11.35	14.43	6.00	1.67	3.50	3.50	1.83
30	17861	10.30	13.08	6.00	1.67	3.50	3.50	1.50
31	18599	11.41	13.58	6.01	1.67	3.67	3.67	1.67
32	18599	11.53	14.46	5.83	1.67	3.83	3.83	1.67
33	18597	12.18	13.75	6.00	1.50	3.83	3.83	1.67
34	18750	10.79	13.70	6.00	1.67	3.83	3.83	1.50
35	17861	12.69	14.70	5.50	1.33	3.17	3.17	1.67
36	18597	13.88	15.85	6.00	1.33	3.50	3.50	1.67
37	18314	10.52	14.05	6.00	1.83	4.00	4.00	1.67
38	17860	10.67	13.98	5.97	1.36	3.63	3.63	1.09
39	18598	11.31	14.46	5.83	3.49	3.83	3.83	1.83
40	18599	11.78	14.25	5.99	3.91	3.81	3.81	1.65
41	18750	11.59	14.28	5.66	3.49	3.50	3.50	1.67
42	18599	9.89	12.00	5.93	2.72	4.31	4.31	3.72
43	18599	11.78	13.80	6.00	3.13	4.05	4.05	1.68
44	18750	11.21	14.28	5.83	3.33	3.33	3.33	1.83
45	18599	8.02	11.56	5.97	3.36	4.46	4.46	1.83
46	18749	12.35	13.96	5.83	3.50	3.17	3.17	1.50
47	18599	9.57	13.37	5.97	3.75	4.13	4.13	1.50
48	17861	11.52	15.02	5.83	4.16	3.67	3.67	1.67
49	18750	11.51	14.07	6.01	3.95	3.98	3.98	1.54

Table 3 (Continued)

No.	Families	Growth		Stem and Branch				
		DBH	Height	Axis	Stem	Pruning	Thickness	Angle
50	18599	10.01	11.69	5.99	2.91	3.61	3.61	1.66
51	18599	11.74	14.50	5.66	3.66	3.17	3.17	1.50
52	17861	11.59	15.05	5.83	3.33	3.50	3.50	1.67
53	17854	12.04	14.63	5.98	2.72	3.40	3.40	1.66
54	18599	10.73	13.23	6.00	3.83	3.67	3.67	1.67
55	17854	9.17	12.02	5.83	3.49	3.67	3.67	1.67
56	18598	12.43	15.13	6.01	3.65	3.50	3.50	1.67
57	17860	11.65	15.07	5.99	3.59	3.61	3.61	1.45
58	18197	12.39	14.23	6.00	3.49	3.50	3.50	1.50
59	17861	10.17	12.38	6.01	3.57	3.33	3.33	1.50
60	18750	12.24	15.17	6.00	3.66	2.33	2.33	1.00
61	18599	11.07	14.43	6.00	2.99	3.83	3.83	1.67
62	18599	10.99	13.71	5.66	2.99	3.83	3.83	1.50
63	18199	12.40	13.98	5.66	3.66	2.17	2.17	1.17
64	18749	10.69	12.67	5.83	3.16	3.33	3.33	1.67
65	18750	12.37	14.57	6.00	3.66	3.50	3.50	1.83
66	18199	6.25	9.10	6.02	3.96	3.99	3.99	1.59
Grand mean		11.29	13.86	5.92	3.44	3.57	1.60	11.29
F Prop.		<0.001	<0.001	0.686	0.004	0.037	<0.001	<0.001
CV (%)		15.60	11.90	4.40	11.40	12.60	22.90	22.90

เมื่อนำมาพิจารณาเปรียบเทียบกับรายงานของ ทศพร (2553) ที่พบว่า ค่าเฉลี่ยการเติบโตของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ที่อายุ 5-6 ปี ทั้งทางความสูงทั้งหมด และทาง DBH มีค่าเท่ากับ 15.60 เมตร และ 9.62 เซนติเมตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส เพลลิต้า มีค่าการเติบโตทั้งทางความสูงทั้งหมดและทาง DBH มีเฉลี่ยรวมใกล้เคียงกัน คือ 13.86 เมตร และ 11.29 เซนติเมตร นั้นแสดงว่ายูคาลิปตัส เพลลิต้าเป็นไม้ที่มีศักยภาพพอที่จะนำมาใช้ปลูกและพัฒนาสายพันธุ์ในประเทศไทยได้

2. ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ผลการวิเคราะห์ลักษณะรูปทรงลำต้นในลักษณะแนวแกนลำต้น ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งในแต่ละถิ่นกำเนิดและสายพันธุ์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยรวมของคะแนนที่ประเมิน คือ 5.92 คะแนน อยู่ในช่วงของค่าเฉลี่ย 5.88-6.00 แต่สำหรับผลในลักษณะของความตรงของลำต้น พบความแตกต่างอย่างมีทางสถิตินัยสำคัญ ($p<0.05$) ทั้งในแต่ละถิ่นกำเนิดและสายพันธุ์ และมีค่าเฉลี่ยรวมของคะแนนที่ประเมิน คือ 3.44 คะแนน อยู่ในช่วงของค่าเฉลี่ย 2.83-4.04 ซึ่งสายพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ สายพันธุ์ 41 (17860)

ลักษณะการแตกกิ่งของการลิดกิ่งตามธรรมชาติ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในระหว่างถิ่นกำเนิดและสายพันธุ์ ซึ่งค่าเฉลี่ยรวมของคะแนนประเมิน คือ 1.67 อยู่ระหว่างค่าเฉลี่ย 1.40-1.83 ถิ่นกำเนิดที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 18314 สายพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 42 (18598) อยู่ในช่วงค่าเฉลี่ย 1.16-2.00 ลักษณะความหนาของกิ่ง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในระหว่างถิ่นกำเนิด ซึ่งค่าเฉลี่ยของคะแนนประเมินรวม คือ 3.58 อยู่ในช่วงค่าเฉลี่ย 3.32-3.91 แต่สำหรับลักษณะความหนาของกิ่งระหว่างสายพันธุ์พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) สายพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยของคะแนนประเมินสูงสุด คือ 16 (17854) และ 39 (18314) อยู่ในช่วงค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.17-4.00

การทำมุมของกิ่ง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างถิ่นกำเนิด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของคะแนนประเมินรวม คือ 1.60 และพบว่าในแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยพบว่าสายพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินสูงสุด ได้แก่ สายพันธุ์ 7 (17861) สายพันธุ์ 2 (18598) อยู่ระหว่างค่าเฉลี่ย 1.15-2.00

3. การถ่ายทอดทางพันธุกรรม

พิจารณาจากค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรม พบว่า ลักษณะการเติบโตทั้งทางความโต และความสูง มีค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมเท่ากับ 0.53 และ 0.59 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าพันธุกรรมมีผลค่อนข้างมากต่อลักษณะการเติบโต ส่วนลักษณะรูปทรงลำต้น และกิ่ง พบว่า ค่าอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมมีค่าค่อนข้างต่ำ นั่นคือ ลักษณะต่างๆ มีผลมาจากพันธุกรรมน้อย สิ่งแวดล้อมและการจัดการมีส่วนทำให้เกิดลักษณะลำต้น และกิ่ง (Table 4)

Table 4 Heritability (h^2) for all characteristics in families.

No.	Seedlot Number	Growth			Stem and Branch			
		DBH	Height	Axis	Stem	Pruning	Thickness	Angle
Mean		11.29	13.86	5.92	3.44	3.57	1.60	11.29
F Prop.		<0.001	<0.001	0.686	0.004	0.037	<0.001	<0.001
Heritability (h^2)		0.53	0.59	-	0.26	0.19	0.25	0.31

สรุปและข้อเสนอแนะ

สายพันธุ์ที่มีเติบโตเร็วที่สุดใน 10 ลำดับแรก ซึ่งเป็นผลมาจากพันธุกรรมของแต่ละสายพันธุ์ค่อนข้างสูง สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีความเหมาะสมที่จะนำไปปลูกในพื้นที่ที่มีสภาพพื้นที่แห้งแล้ง ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 900-1,100 มิลลิเมตรต่อปี ดินเป็นร่วนปนทราย ได้แก่ สายพันธุ์ที่ 36 (18597), 24 (18598), 11 (18199), 10 (18750), 35 (17861), 8 (18750), 56 (18598), 21 (18750), 63 (18199) และ 58 (18197) ตามลำดับ แต่สำหรับลักษณะรูปทรงลำต้นและกิ่งดี ลักษณะที่ปรากฏเป็นผลมาจากสิ่งแวดล้อมและการจัดการมากกว่าพันธุกรรม ดังนั้นสายพันธุ์ที่มีลักษณะทางรูปทรงลำต้นและกิ่งดี สามารถคัดเลือกไว้สำหรับการพัฒนาสายพันธุ์ต่อไปโดยการผสมข้ามสายพันธุ์เพื่อให้ได้ลักษณะที่ดีตามที่ต้องการต่อไปได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ทศพร วัชรราษฎร์. 2553. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัย การคาดคะเนการเจริญเติบโตและผลผลิตของสวนป่าไม้เศรษฐกิจ. กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- พิศาล วสุวานิช และ วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง. 2540. การแปรผันการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส ในแปลงทดสอบถัณฑ์กำเนิดและสายพันธุ์ อายุ 24 เดือนในประเทศไทย. เอกสารวิชาการป่าไม้. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- Bootle, K.R. 1983. *Wood in Australia: Types, Properties and Uses*. McGraw-Hill Book Company, Sydney.
- Orwa, C.A., R. Kindt, R. Jamnadass and S. Anthony. 2009. *Agroforestry Database: A Tree Reference and Selection Guide Version 4.0*. Available Source: <http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp>, December 20, 2016.
- Pinyopusarerk, K. 1990. *Acacia auriculiformis: An Annotated Bibliography*. Winrock International-F/FRED and ACIAR, Bangkok, Thailand.
- Williams, E.R., A.C. Matheson and C.E. Harwood. 2002. *Experimental Design and Analysis for Tree Improvement*. CSIRO, Canberra.

ประเมินผลการทดสอบลูกหลานไม้สักแบบปิดที่อายุ 7 ปี

Evaluation of 7-year-old Teak (*Tectona grandis* L.f.) in Full-sib Progeny Test

สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล^{1*} ประสิทธิ์ เพียรอนุรักษ์¹ จำนรรจ์ เพียรอนุรักษ์¹ วิโรจน์ ครองกิจศิริ¹
และ จรัส ช้วนนะ¹

Saroj Wattanasuksakul^{1*} Prasit Pianhanuruk¹ Chumnun Pianhanuruk¹ Viroj Krongkijisiri¹
and Charas Chuayna¹

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: Tic2508@gmail.com

ABSTRACT

A full-sib progeny test of teak was conducted to identify the best crosses for progeny production in the teak improvement program in Thailand. Five plus trees were selected from two different geological zones, inside and outside Lampang province. Controlled pollination of these plus trees was carried out at the Maegar Seed Orchard, Phayao, in 2005, and produced 50 crosses of full-sib seeds. The seeds were then propagated using a tissue culture technique to produce seedlings for the test. The 50 crosses of full-sibs and four teak trees (three from plus trees and one from an unimproved tree) were planted in 2007 at two sites—the Phitsanulok Silvicultural Research Station (PSRS), Phitsanulok province and the Dong Lan Silvicultural Research Station (DLSRS), Khon Kaen province. Four replications of nine seedlings were planted using a randomized complete block design, with trees planted at 4x4 m spacing. The results at 7 years showed that the average survival at DLSRS and PSRS was 75.26 and 91.05%, respectively. There were no significant differences in the diameter at breast height over bark (DBH) and height (Ht) among the crosses planted at PSRS but in contrast, both these characteristics were significantly different at DLSRS. The average DBH and average Ht at DLSRS was 13.77 cm and 10.20 m, respectively, and the crosses between V 290 and V 211 produced the highest average DBH of progeny (15.31 cm), while the crosses between V 130 and V 229 produced the highest average Ht of progeny (11.45 m). At PSRS, the total average DBH and Ht were 11.86 cm and 8.51 m, respectively, and the crosses between V 230 and V 290 produced the highest average DBH of progeny (14.60 cm) and the crosses between V 211 and V 137 produced the highest average Ht of progeny (10.59 m). There were highly significant differences between the sites, with the planted site at DLSRS being better than PSRS. The other characteristics—bark thickness (Bt) stem straightness (Str),

axis persistence (Ap), branch size (Bs), and branch angle(Ba)—were not significantly different among crosses.

Keywords: teak (*Tectona grandis* L.f), tree improvement, full-sib progeny test, controlled pollination, growth

บทคัดย่อ

เพื่อหาคุณสมบัติของไม้สักที่ผลิตลูกไม้ที่มีลักษณะเป็นเลิศในโครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้สัก จึงมีการทดสอบลูกหลานไม้สักแบบปิดขึ้น ใช้กล้าไม้จากเมล็ดที่ได้จากการผสมเกสรแบบควบคุม โดยใช้แม่ไม้จากเขตพันธุ์กรรมที่ต่างกัน 2 เขต คือ ในพื้นที่จังหวัดลำปางและนอกเขตจังหวัดลำปาง อย่างละ 5 แม่ไม้ ผลิตเมล็ดในปี พ.ศ. 2548 ที่สวนผลิตเมล็ดพันธุ์ไม้สักของสถานีวนวัฒนวิจัยแม่กา จังหวัดพะเยา ขยายพันธุ์กล้าไม้ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อนำไปปลูกทดสอบภาคสนามในปี พ.ศ. 2550 ที่สถานีวนวัฒนวิจัยพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก และที่สถานีวนวัฒนวิจัยดงลาน จังหวัดขอนแก่น วางผังการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยมี 54 ปีจัดทำการทดลอง ได้แก่ กล้าไม้จากการควบคุมผสมเกสร 50 คู่ กล้าจากแม่ไม้ 3 แม่ไม้ และกล้าจากสักทั่วไป 1 ต้น มี 4 ซ้ำๆ ละ 9 ต้น ใช้ระยะปลูก 4x4 เมตร ผลปรากฏว่า ที่อายุ 7 ปี แปลงทดสอบลูกหลานที่สถานีวนวัฒนวิจัยดงลานมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยร้อยละ 75.26 ความเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูง (Ht) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ มี DBH และ Ht เฉลี่ย เท่ากับ 13.77 เซนติเมตร และ 10.20 เมตร ตามลำดับ โดยคู่ผสมที่ใช้ V 290 เป็นแม่ และ V 211 เป็นพ่อ ให้ลูกไม้มี DBH เฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 15.31 เซนติเมตร และคู่ผสมที่ใช้ V 130 เป็นแม่ และ V 229 เป็นพ่อ ให้ลูกไม้มีค่า Ht เฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 11.45 เมตร ส่วนแปลงทดสอบลูกหลานที่สถานีวนวัฒนวิจัยพิษณุโลกมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทั้งสองลักษณะ มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยร้อยละ 91.05 และมีค่า DBH และ Ht เฉลี่ย เท่ากับ 11.86 เซนติเมตร และ 8.51 เมตร ตามลำดับ โดยคู่ผสมที่ใช้ V 230 เป็นแม่ และ V 290 เป็นพ่อ ให้ลูกไม้มีค่า DBH เฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 14.60 เซนติเมตร และคู่ผสมที่ใช้ V 211 เป็นแม่ และ V 137 เป็นพ่อ ให้ลูกไม้มีค่า Ht เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 10.59 เมตร เมื่อพิจารณาถึงพื้นที่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งต่อการเติบโตของต้นไม้ โดยลูกไม้ในแปลงทดลองที่สถานีวนวัฒนวิจัยดงลานมีการเติบโตดีกว่าที่สถานีวนวัฒนวิจัยพิษณุโลกทั้ง Ht และ DBH ส่วนลักษณะอื่นๆ ได้แก่ ความหนาของเปลือก ความเปลาตรงของลำต้น การแตกง่ามของลำต้น ขนาดของกิ่ง และมุมของกิ่ง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญระหว่างลูกไม้ที่ได้จากคู่ผสมต่างๆ

คำสำคัญ: ไม้สัก การปรับปรุงพันธุ์ การทดสอบสายพันธุ์ไม้สักแบบปิด การผสมเกสรแบบควบคุม การเติบโต

คำนำ

การทดสอบลูกหลาน (progeny test) เป็นการใช้ลักษณะการเติบโตและรูปร่างของต้นลูก (progenies) ประเมินศักยภาพของความเป็นพ่อแม่แม่ไม้ ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่า ถ้าพ่อแม่แม่ไม้คู่ใดผลิตลูกที่มีลักษณะรูปทรงดี เติบโตเร็ว และมีความสม่ำเสมอ ก็จัดเป็นพ่อแม่ไม้ที่ดี Person (1971) ประเมินผลการทดสอบลูกหลานไม้สักอายุ 21 ปี ที่ประเทศ Tanzania ซึ่งดำเนินการทดสอบในปี พ.ศ. 2509 เป็นการทดสอบลูกหลานไม้สักแบบเปิด (Open-pollinated progeny

test หรือ Half-sib progeny test) โดยใช้เมล็ดจากแม่ไม้ทางตอนใต้ของสหภาพมาจำนวน 21 แม่ไม้ พบว่ามีความเติบโตแตกต่างกันและสามารถทำการคัดเลือกเพื่อการเพิ่มปริมาณได้ สำหรับประเทศไทยได้เริ่มทำการทดสอบลูกหลานไม้สักแบบเปิด ในปี พ.ศ. 2525 โดยเก็บเมล็ดจากแม่ไม้ จำนวน 16 แม่ไม้ ที่สวนผลิตเมล็ดพันธุ์ไม้สักแม่กา อำเภอมะนัง จังหวัดยะลา นำไปเพาะผลัดกล้าและปลูกทดสอบเปรียบเทียบกับกล้าไม้ที่ไม่ทราบแหล่งเก็บเมล็ด ประเมินผลที่อายุ 1 ปี พบว่า ต้นสักจากแม่ไม้ในสวนผลิตเมล็ดจำนวน 15 families มีการเติบโตทางความสูงดีกว่าต้นสักจากกล้าไม้ไม่ทราบแหล่งกำเนิด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ศูนย์บำรุงพันธุ์ไม้สัก, 2526) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ วิเชียร (2540) ที่พบว่า ผลการทดสอบลูกหลานแบบเปิดของต้นสักที่ใช้เมล็ดผ่านการผสมพันธุ์ตามธรรมชาติจากสวนผลิตเมล็ดพันธุ์ (seed orchard) ซึ่งรู้สายพันธุ์ข้างแม่ฝ่ายเดียว ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากต้นสักที่ใช้เมล็ดที่เก็บจากป่าธรรมชาติที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ จากผลการทดลองดังกล่าว สามารถอธิบายได้ว่า อาจเกิดจากการแสดงลักษณะด้อยเนื่องจากการผสมในสายเลือดชิด (Inbreeding depression) เพราะไม้สักเป็นไม้ที่ใช้แมลงช่วยผสมเกสร และพฤติกรรมของแมลงที่บินผสมมักจะบินผสมในต้นเดียวกันมากกว่าจะผสมระหว่างต้น ถ้าจะเกิดการผสมระหว่างต้นก็จะเกิดเฉพาะต้นที่ปลูกใกล้ๆ กัน ดังนั้นการทดสอบลูกหลานแบบเปิดที่ผ่านมาจึงมีโอกาสผิดพลาดสูง เพราะไม่สามารถควบคุมร้อยละการผสมตัวเองได้ (self pollination) ขณะเดียวกันก็ไม่สามารถควบคุมให้ผสมกับต้นอื่นได้เช่นเดียวกัน ผลการทดลองดังกล่าวจึงยังไม่สามารถที่จะนำมาคัดเลือกสายพันธุ์ที่จะใช้เป็นฐานประชากรให้แม่นยำได้ จึงมีความจำเป็นต้องทำการทดสอบลูกหลานแบบปิด (Full-sib progeny test) เพื่อสร้างประชากรรุ่นลูกที่รู้ต้นพ่อแม่ชัดเจนและไม่มีการผสมตัวเอง เพื่อใช้ในการทดสอบ

สำหรับการทดสอบลูกหลานแบบปิดนั้นเคยได้มีการวางแผนไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525 แต่ก็ยังมีอุปสรรคหลายอย่างทำให้ไม่สามารถดำเนินการได้ (Kaosa-ard, 1991) จึงยังไม่ได้มีการทดลองแต่อย่างใด ดังนั้นจนถึงปัจจุบันก็ยังไม่มีความพร้อมที่จะประเมินค่าของลูกหลาน เพื่อการคัดเลือกแม่ไม้สักในรอบที่สองซึ่งมีมากกว่า 500 แม่ไม้ ในทางปฏิบัติที่ผ่านมาพบว่า การทดสอบลูกหลานแบบปิด สำหรับไม้สักทำได้ค่อนข้างยาก เพราะมีปัญหาและอุปสรรคหลายประการ กล่าวคือ ไม้สักเป็นไม้ขนาดใหญ่ และออกดอกบริเวณปลายยอดที่ได้รับแสงเต็มที่ การผสมพันธุ์จึงทำได้ยาก และค่าใช้จ่ายสูง เพราะต้องตั้งนั่งร้านสูงตามความสูงของยอดสัก ในแต่ละผลจากการผสมส่วนใหญ่จะได้เมล็ดเพียงเมล็ดเดียว และมีเพียงร้อยละ 60 เท่านั้นที่มีเมล็ด จากการศึกษาของ สุวรรณ และคณะ (2544) พบว่า ร้อยละการผสมติดในช่วงแรกจะสูง แต่ในระหว่างการพัฒนาของผลอ่อนถึงผลแก่เต็มที่ จะมีร้อยละความเสียหายเกิดขึ้นมาก เนื่องจากแมลงเข้าทำลายและลมพัดทำให้ผลร่วง ซึ่งโครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้สักได้พัฒนาเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไม้สักโดยใช้เมล็ดอ่อนสามารถแก้ไขปัญหาเรื่องเมล็ดได้ในระดับหนึ่ง

การทดสอบลูกหลานจัดได้ว่าเป็นขั้นตอนสำคัญขั้นตอนหนึ่งของการปรับปรุงพันธุ์ไม้สักโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อใช้ผลการทดสอบลูกหลานในการคัดเลือกแม่ไม้หรือคู่ผสมที่ดีที่สุดสำหรับผลิตเมล็ดและกล้าพันธุ์ที่จะใช้ปลูกสร้างสวนป่าไม้สักในอนาคตให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น และเป็นการพัฒนาสายพันธุ์ไม้สักโดยการผสมข้ามถิ่นกำเนิดเพื่อให้ได้ไม้สักที่เติบโตดี มีผลผลิตสูง คุณภาพเนื้อไม้ดี โดยมีเป้าหมายให้ได้ MAI (Mean Annual Increment) ไม่ต่ำกว่า 1.5 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การคัดเลือกแม่ไม้เพื่อจับคู่ผสม

ดำเนินการคัดเลือกคู่ผสมที่สถานีวนวัฒนวิจัยแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ในปี พ.ศ. 2548 โดยแบ่งกลุ่มแม่ไม้สกัดออกเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มพื้นที่จังหวัดลำปาง และกลุ่มนอกพื้นที่จังหวัดลำปาง โดยดูจากประวัติแม่ไม้ที่คัดเลือกมาจากเขตพันธุ์กรรม (Graudal *et al.*, 1999) ที่แตกต่างกัน เลือกตัวแทนจากแต่ละกลุ่ม ดูข้อมูลลักษณะการเติบโตและรูปร่างจากผลการทดสอบแม่ไม้ และการติดดอกในปีนั้น (ไพรัช, 2541; ประสิทธิ์, 2544) ทำการเลือกแม่ไม้ทั้งหมด 10 แม่ไม้ โดยเลือกแม่ไม้ที่ตัดไว้จากพื้นที่จังหวัดลำปาง จำนวน 5 แม่ไม้ ได้แก่ แม่ไม้ V 183, V 194, V 211, V 229 และ V 230 และแม่ไม้ที่ตัดเลือกนอกพื้นที่จังหวัดลำปาง 5 แม่ไม้ ได้แก่ แม่ไม้จากจังหวัดแม่ฮ่องสอน 2 แม่ไม้ คือ แม่ไม้ V 137 และ V 146 แม่ไม้จากจังหวัดเชียงใหม่ 2 แม่ไม้ ได้แก่ แม่ไม้ V 263 และ V 290 และแม่ไม้จากจังหวัดแพร่ 1 แม่ไม้ คือ V 130

2. ผังการผสมพันธุ์ (Mating Design)

ทำการผสมเกสรแบบควบคุมโดยประยุกต์จากวิธีการของ Hedegart (1973) โดยใช้ผังการผสมพันธุ์แบบ Factorial Design สลับพ่อแม่-แม่ไม้ (reciprocal) โดยกำหนดให้แม่ไม้จากเขตพันธุ์กรรมจังหวัดลำปางผสมกับแม่ไม้เขตพันธุ์กรรมนอกจังหวัดลำปางตามผังที่กำหนด (Figure 1)

		Male (outside Lampang)				
		V146(1)	V130 (2)	V290 (3)	V263 (4)	V137 (5)
Female (inside Lampang)	V211 (ก)	ก1	ก2	ก3	ก4	ก5
	V183 (ข)	ข1	ข2	ข3	ข4	ข5
	V229 (ค)	ค1	ค2	ค3	ค4	ค5
	V230 (ง)	ง1	ง2	ง3	ง4	ง5
	V194 (จ)	จ1	จ2	จ3	จ4	จ5

		Male (inside lampang)				
		V211 (ก)	V183 (ข)	V229 (ค)	V230 (ง)	V194 (จ)
Female (outside Lampang)	V146 (1)	1ก	1ข	1ค	1ง	1จ
	V130 (2)	2ก	2ข	2ค	2ง	2จ
	V290 (3)	3ก	3ข	3ค	3ง	3จ
	V263 (4)	4ก	4ข	4ค	4ง	4จ
	V137 (5)	5ก	5ข	5ค	5ง	5จ

Figure 1 Mating Design.

3. การเตรียมกล้าไม้

เตรียมกล้าไม้ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากเมล็ดอ่อนที่ได้จากการควบคุมผสมเกสรทั้งหมดจำนวน 50 คู่ผสม และกล้าไม้จากเมล็ดทั่วไป (X) 1 ต้น และกล้าจากแม่ไม้ที่คัดเลือก 3 ต้น ใช้สำหรับเปรียบเทียบ รวมทั้งหมด 54 เบอร์ ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อคู่ผสมละประมาณ 60 เมล็ด (ใช้จริง 36 เมล็ด) แต่ละเมล็ดขยายพันธุ์ให้ได้ 10 กล้า สำหรับปลูกทดสอบในภาคสนามจำนวนสองพื้นที่และเผื่อไว้ปลูกซ่อมโดยผลิตกล้าสักที่สถานีวนวัฒนวิจัยจาว อำเภองาว จังหวัดลำปาง

4. การปลูกทดสอบ

ดำเนินการปลูกทดสอบภาคสนามในปี พ.ศ. 2550 โดยใช้ผังการปลูกทดสอบแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์มี 4 ซ้ำ 54 ปัจจัยการทดลอง ระยะปลูก 4x4 เมตร ในสองพื้นที่ ได้แก่ สถานีวนวัฒนวิจัยพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก และสถานีวนวัฒนวิจัยดงลาน จังหวัดขอนแก่น ดูแลกำจัดวัชพืช ป้องกันไฟ

5. การวัดเก็บข้อมูล

วัดเก็บข้อมูลลักษณะต่างๆ ของต้นสักในแปลงทดสอบลูกหลานที่อายุ 7 ปี ดังนี้

5.1 ข้อมูลการเติบโต

- 5.1.1 วัดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) หน่วยเป็นเซนติเมตร
- 5.1.2 วัดความสูงทั้งหมด (Ht) หน่วยเป็นเมตร
- 5.1.3 วัดความหนาเปลือก (bark thickness) ที่ระดับ 1.30 เมตร (วัดสองครั้งให้ตั้งฉากกัน) หน่วยเป็นเซนติเมตร

5.2 ประเมินรูปรูปร่าง และลักษณะของลำต้น

- 5.2.1 ความเปลาตรงของลำต้น (stem straightness) ให้คะแนน 1-4
 - 5.2.1.1 ลำต้นตรง ให้คะแนนเท่ากับ 4
 - 5.2.1.2 ลำต้นโค้งเล็กน้อย ให้คะแนนเท่ากับ 3
 - 5.2.1.3 ลำต้นโค้งปานกลาง ให้คะแนนเท่ากับ 2
 - 5.2.1.4 ลำต้นคด ให้คะแนนเท่ากับ 1
- 5.2.2 การแตกง่ามของลำต้น (axis persistence) ให้คะแนน 1-6
 - 5.2.2.1 ไม่แตกง่ามตั้งแต่โคนถึงยอด ให้คะแนนเท่ากับ 6
 - 5.2.2.2 แตกง่ามที่สูงกว่า $\frac{3}{4}$ ของความสูงลำต้น ให้คะแนนเท่ากับ 5
 - 5.2.2.3 แตกง่ามที่ $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$ ของความสูงลำต้น ให้คะแนนเท่ากับ 4
 - 5.2.2.4 แตกง่ามที่ $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ ของความสูงลำต้น ให้คะแนนเท่ากับ 3
 - 5.2.2.5 แตกง่ามที่ระดับดิน $\frac{1}{4}$ ของความสูงลำต้น ให้คะแนนเท่ากับ 2
 - 5.2.2.6 แตกง่ามที่ระดับดิน ให้คะแนนเท่ากับ 1
- 5.2.3 ขนาดของกิ่ง (branch size) เทียบกับลำต้น ให้คะแนน 1-4
 - 5.2.3.1 กิ่งขนาดเล็กกว่า $\frac{1}{4}$ ของลำต้น ให้คะแนนเท่ากับ 4
 - 5.2.3.2 กิ่งขนาด $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ ของลำต้น ให้คะแนนเท่ากับ 3
 - 5.2.3.3 กิ่งขนาด $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$ ของลำต้น ให้คะแนนเท่ากับ 2
 - 5.2.3.4 กิ่งขนาดโตกว่า $\frac{3}{4}$ ของลำต้น ให้คะแนนเท่ากับ 1
- 5.2.4 มุมของกิ่ง (branch angle) ให้คะแนน 1-4
 - 5.2.4.1 กิ่งทำมุมกว้างมากกว่า 75 องศา หรือใกล้ตั้งฉาก ให้คะแนนเท่ากับ 4

- 5.2.4.2 กิ่งทำมุมกว้างประมาณ 60 – 75 องศา ให้คะแนนเท่ากับ 3
- 5.2.4.3 กิ่งทำมุมกว้างประมาณ 45 – 60 องศา ให้คะแนนเท่ากับ 2
- 5.2.4.4 กิ่งทำมุมกว้างน้อยกว่า 45 องศา ให้คะแนนเท่ากับ 1

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการวัดและประเมินมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สำหรับประเมินผลหาคู่ผสมที่ให้ลูกไม้ที่ดี

ผลและวิจารณ์

จากการตรวจวัดร้อยละการรอดตาย และการเติบโตของลูกไม้ในแปลงทดสอบลูกหลานที่อายุ 7 ปี ทั้งสองพื้นที่ พบว่า ต้นสักในแปลงทดสอบลูกหลานที่สถานีวนวัฒนวิจัยพิษณุโลก มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 91.05 ส่วนที่สถานีวนวัฒนวิจัยดงลาน มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเพียงร้อยละ 75.26 (Table 1) ด้านการเติบโตนั้น พบว่า ต้นสักในแปลงทดสอบลูกหลานที่สถานีวนวัฒนวิจัยดงลาน มีขนาด DBH และ Ht แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ มีค่า DBH เฉลี่ยเท่ากับ 13.77 เซนติเมตร โดยคู่ผสม 3ก (ใช้ V 290 เป็นแม่ และ V 211 เป็นพ่อ) ให้ลูกไม้ที่มีค่า DBH เฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 15.31 เซนติเมตร ในขณะที่คู่ผสม 2ค (ใช้ V 130 เป็นแม่ และ V 229 เป็นพ่อ) ให้ลูกไม้ที่มีค่า Ht เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 11.45 เมตร มีค่า Ht เฉลี่ยเท่ากับ 10.20 เมตร (Table 1 และ Table 2) ส่วนที่สถานีวนวัฒนวิจัยพิษณุโลก การเติบโตของลูกไม้ที่ได้จากคู่ผสมต่างๆ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทั้งสองลักษณะ ซึ่งมีค่า DBH และ Ht เฉลี่ยเท่ากับ 11.86 เซนติเมตร และ 8.51 เมตร ตามลำดับ (Table 1 และ Table 2) โดยคู่ผสม ง3 (ใช้ V 230 เป็นแม่ และ V 290 เป็นพ่อ) ให้ลูกไม้ที่มีค่า DBH เฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 14.60 เซนติเมตร และคู่ผสม ก5 (ใช้ V 211 เป็นแม่ และ V 137 เป็นพ่อ) ให้ลูกไม้ที่มีค่า Ht เฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 10.59 เมตร (Table 1 และ Table 2)

Table 1 Ranking of average DBH of 7 years old teak progeny test at Phitsanulok Silvicultural Research Station and Dong Lan Silvicultural Research Station.

Rank	Phitsanulok		Dong Lan	
	Family	DBH(cm)	Family	DBH (cm)
1	ง3	14.60	3ก	15.31
2	ข3	13.94	3ง	15.20
3	ง1	13.50	2ค	15.12
4	3ค	12.91	ง4	14.93
5	ข2	12.87	ค2	14.88
6	ค3	12.82	ง2	14.82
7	1ง	12.68	ก4	14.77
8	5ค	12.67	5ก	14.72
9	ค1	12.60	ก3	14.67
10	5ก	12.57	จ1	14.66

Table 1 (Continued)

Rank	Phitsanulok		Dong Lan	
	Family	DBH (cm)	Family	DBH (cm)
11	จ3	12.54	ข4	14.65
12	3จ	12.41	2ข	14.64
13	4ค	12.41	ค1	14.47
14	2จ	12.38	3ค	14.45
15	5ง	12.35	ง1	14.42
16	ข5	12.33	5ค	14.37
17	ก1	12.24	ง3	14.32
18	ก3	12.22	X	14.28
19	2ก	12.13	3ข	14.26
20	4ง	12.09	4จ	14.07
52	จ5	10.52	จ5	12.35
53	ค4	10.34	ก1	12.25
54	ง4	9.74	2ก	11.81
Average		11.86	13.77	
Survival (%)		91.05	75.26	

Table 2 Ranking of average Ht of 7 years old teak progeny test at Phitsanulok Silvicultural Research Station and Dong Lan Silvicultural Research Station.

Rank	Phitsanulok		Dong Lan	
	Family	Ht (m)	Family	Ht (m)
1	ก5	10.59	2ค	11.45
2	ข2	9.71	จ1	11.43
3	ข3	9.68	3ก	11.08
4	ง3	9.51	3ค	11.05
5	ง1	9.42	4ง	11.02
6	1ง	9.24	2ข	10.90
7	2จ	9.17	ข2	10.89
8	2ก	9.10	ก3	10.78
9	1จ	9.09	5ค	10.74
10	5ง	9.07	ค2	10.71
11	ค3	9.05	ง2	10.64
12	5ค	9.05	4ข	10.61
13	ก2	8.99	X	10.56

Table 2 (Continued)

Rank	Phitsanulok		Dong Lan	
	Family	Ht (m)	Family	Ht (m)
14	4ง	8.88	ก4	10.52
15	ก1	8.79	3ข	10.46
16	ข1	8.79	1ง	10.45
17	3จ	8.77	ค1	10.44
18	3ค	8.77	จ2	10.44
19	5ก	8.75	ค3	10.43
20	จ3	8.70	ข4	10.43
52	ง2	7.32	ง5	9.35
15	ก1	8.79	3ข	10.46
16	ข1	8.79	1ง	10.45
17	3จ	8.77	ค1	10.44
18	3ค	8.77	จ2	10.44
19	5ก	8.75	ค3	10.43
20	จ3	8.7	ข4	10.43
52	ง2	7.32	ง5	9.35
53	ค4	7.07	2ก	9.29
54	ง4	6.99	1ก	9.22
Average		8.51		10.20

เมื่อนำข้อมูลทั้งสองพื้นที่มาวิเคราะห์รวมกัน พบว่า การเติบโตทั้ง DBH และ Ht มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งระหว่างพื้นที่ โดยการเติบโตของลูกไม้ที่สถานีวนวัฒนวิจัยดงลานมีค่าสูงกว่าที่สถานีวนวัฒนวิจัยพิษณุโลกอย่างชัดเจน ความแตกต่างของการเติบโตของลูกไม้ระหว่างแปลงทดสอบทั้งสองแห่งอาจมีผลมาจากโครงสร้างและความอุดมสมบูรณ์ของดิน เนื่องจากพื้นที่แปลงทดสอบที่สถานีวนวัฒนวิจัยพิษณุโลกผ่านการปลูกพืชเกษตรล้มลุกมาหลายปี ส่วนที่สถานีวนวัฒนวิจัยดงลานเป็นพื้นที่ที่มีไม้กระถินยักษ์ขึ้นอยู่ก่อน ดินจึงมีความอุดมสมบูรณ์สูงกว่าและส่งผลให้ลูกไม้เติบโตดีกว่าตามไปด้วย ซึ่ง Zobel and Talbert (1984) ได้กล่าวไว้ว่า ความสูงและความโตจะถูกควบคุมโดยสิ่งแวดล้อมเสียเป็นส่วนใหญ่ ฉะนั้น การคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมก็เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณา

เมื่อพิจารณาในภาพรวมทั้งสองพื้นที่ พบว่า ลูกไม้มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยร้อยละ 83.16 โดย คู่ผสม ค2 (ใช้ V 229 เป็นแม่ และ V 130 เป็นพ่อ) ให้ลูกไม้ที่มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงสุดที่ร้อยละ 94.44 คู่ผสม ง3 (ใช้ V 230 เป็นแม่ และ V 290 เป็นพ่อ) ให้ลูกไม้ที่มีการเติบโตดีทาง DBH มากสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.46 เซนติเมตร (Table 3)

นอกจากการเติบโตทาง DBH และ Ht แล้วก็ได้วัดความหนาของเปลือก (bark thickness) ให้คะแนนความเปลาตรงของลำต้น (stem straightness) การแตกง่ามของลำต้น (axis persistence) ขนาดกิ่ง (branch size) และมุมของการแตกกิ่ง (Branch angle) พบว่า คู่ผสมต่างๆ ให้ลูกไม้ที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกัน โดยมี

เปลือกหนา 0.88–1.11 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.02 เซนติเมตร ส่วนลักษณะความเปลาตรง การแตกง่ามของลำต้น ขนาดกิ่ง และมุมของการแตกกิ่ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.06, 4.73, 2.72 และ 2.98 ตามลำดับ (Table 3) จะเห็นได้ว่า ลูกไม้เหล่านี้มีลักษณะค่อนข้างดี เนื่องจากผ่านการคัดกรองรุ่นพ่อ-แม่ จากการทดสอบแม่ไม้มาชั้นหนึ่งแล้ว และได้คัดเลือกลูกไม้ที่ดีในลำดับต้นๆ ไปขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อทดสอบความเพิ่มพูนทางพันธุกรรมที่จะส่งเสริมให้ปลูกในเชิงพาณิชย์ต่อไป

Table 3 Average DBH, Ht, bark thickness (Bt), stem straightness (Str), axis persistence (Ap), branch size (Bs), branch angle (Ba) and survival percentage of 7 years old teak progeny test of the two sites with DBH ranking.

Rank	Family	DBH (cm)	Ht (m)	Bt (cm)	Str	Ap	Bs	Ba	Sur (%)
1	ง3	14.46	9.76	0.94	3.22	4.81	2.82	3.12	90.28
2	ง1	13.96	9.75	1.03	3.3	4.7	2.82	3.03	54.17
3	ข3	13.83	9.88	1.04	3.26	4.64	2.8	2.99	83.33
4	3ค	13.68	9.91	0.94	2.9	4.58	2.58	2.69	80.09
5	5ก	13.65	9.58	1.00	3.08	4.64	2.62	2.96	88.89
6	ค1	13.54	9.57	1.05	3.13	4.86	2.77	3.26	86.11
7	5ค	13.52	9.89	1.04	2.98	4.79	2.66	2.85	90.28
8	2ค	13.47	9.95	1.02	3.14	5.07	2.76	2.93	88.89
9	ก3	13.45	9.64	1.00	3.17	4.58	2.82	2.92	86.11
10	ข2	13.41	10.3	0.98	3.06	5.01	2.92	2.99	86.11
11	ค3	13.38	9.74	0.94	2.98	4.86	2.85	3.07	84.72
12	3ก	13.38	9.55	0.99	2.8	4.65	2.49	2.63	92.13
13	ก4	13.37	9.28	1.00	3.03	4.51	2.53	3.01	87.5
14	3ง	13.32	8.99	0.88	3.07	4.88	2.82	3.13	84.85
15	5ง	13.15	9.59	1.08	3.12	4.65	2.65	2.86	84.72
16	X	13.11	9.55	0.98	2.66	4.8	2.6	3.1	86.11
17	2จ	13.09	9.68	1.05	3.27	4.73	2.64	3.01	93.06
18	4ค	13.07	8.99	1.06	2.84	4.2	2.57	3.24	86.11
19	4ง	13.04	9.95	1.02	3.1	4.86	2.74	3.04	93.06
20	3ข	13.04	9.41	0.93	3.18	4.76	2.74	2.98	83.33
27	ค2	12.97	9.39	1.09	3.2	4.8	2.86	2.92	94.44
52	1ข	11.97	9.09	1.02	2.95	4.65	2.66	2.95	91.67
53	1	11.81	8.95	1.02	3.18	4.5	2.75	3.02	83.33
54	จ5	11.44	8.85	1.05	3.1	4.91	2.8	2.93	88.89
Average		12.81	9.36	1.02	3.06	4.73	2.72	2.98	83.16

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการตรวจนับ และวิเคราะห์ข้อมูลการเติบโตของลูกไม้จากกลุ่มสมต่างๆ ที่อายุ 7 ปี สามารถสรุปผลการทดสอบเบื้องต้นได้ดังนี้

1. ต้นสักในแปลงทดสอบลูกหลานที่สถานีวนวัฒนวิจัยดงลาน จังหวัดขอนแก่น และที่สถานีวนวัฒนวิจัยพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก มีร้อยละการรอดตายเฉลี่ยร้อยละ 75.26 และ 91.05 ตามลำดับ
2. การเติบโต DBH และ Ht ของลูกไม้ในแปลงทดสอบลูกหลานที่สถานีวนวัฒนวิจัย ดงลาน จังหวัดขอนแก่น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยกลุ่มสม 3ก (ใช้ V 290 เป็นแม่ และ V 211 เป็นพ่อ) ให้ลูกไม้ที่มีค่า DBH เฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 15.31 เซนติเมตร และกลุ่มสม 2 ค (ใช้ V 130 เป็นแม่ และ V 229 เป็นพ่อ) ให้ลูกไม้มีค่า Ht เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 11.45 เมตร
3. การเติบโต DBH และ Ht ของลูกไม้ในแปลงทดสอบลูกหลานที่สถานีวนวัฒนวิจัยพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยกลุ่มสม ง3 (ใช้ V 230 เป็นแม่ และ V 290 เป็นพ่อ) ให้ลูกไม้ที่มีค่า DBH เฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 14.60 เซนติเมตร และกลุ่มสม ก5 (ใช้ V 211 เป็นแม่ และ V 137 เป็นพ่อ) ให้ลูกไม้มีค่า Ht เฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 10.59 เมตร
4. พื้นที่แปลงปลูกทดสอบมีผลอย่างยิ่งต่อการเติบโตของต้นสัก โดยแปลงทดสอบลูกหลานที่สถานีวนวัฒนวิจัยดงลาน จังหวัดขอนแก่น มีความอุดมสมบูรณ์กว่าแปลงทดสอบลูกหลานที่สถานีวนวัฒนวิจัยพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก
5. แม่ไม้แต่ละกลุ่มสมให้ลูกไม้ มีความหนาของเปลือกเฉลี่ยเท่ากับ 1.02 เซนติเมตร ส่วนลักษณะความเปลาตรง การแตกง่ามของลำต้น ขนาดกิ่ง และมุมของการแตกกิ่ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.06, 4.73, 2.72 และ 2.98 ตามลำดับ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ประสิทธิ์ เพียรอรุณรักษ์. 2544. การประเมินลักษณะการเจริญเติบโตและรูปร่างของแม่ไม้สัก 16 สายพันธุ์ในสวนผลิตเมล็ดพันธุ์, น. 64-75. ใน รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 7 วนวัฒนวิทยาเพื่อพัฒนาสวนป่าเศรษฐกิจ. ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- ไพรัช ปิยะพันธุ์. 2541. การทดสอบแม่ไม้สัก ท้องที่อำเภอจาง จังหวัดลำปาง. เอกสารงานวิจัย. ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- วิเชียร สุ่มันตกุล. 2540. การทดสอบสายพันธุ์ช้างแม่ของไม้สัก. เอกสารงานวิจัย. ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- ศุภย์บำรุงพันธุ์ไม้สัก. 2526. การทดสอบไม้สักแบบเปิดท้องที่อำเภอจาง จังหวัดลำปาง. เอกสารงานวิจัย. ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- สุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ, บัณฑิต โพธิ์น้อย และ ประสิทธิ์ เพียรอรุณรักษ์. 2544. การสร้างสายพันธุ์ใหม่จากการผสมข้ามพันธุ์ไม้สัก. รายงานวนวัฒนวิจัย. ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- Graudal, L., E.D Kjaer, V. Suangtho, P. Saardavut and A. Kaosa-ard. 1999. Conservation of genetic resources of Teak (*Tectona grandis*) in Thailand. **Technical Note 52.**
- Hedegart, T. 1973. Pollination of Teak (*Tectona grandis* L.) 2. **Silvae Genetica** 22(4): 124-128.

- Kaosa-ard, A. 1991. Teak (*Tectona grandis* Linn. f.) in Thailand. Country Report. Technical paper No. 52.
- Person, A. 1971. Observation from a Progeny Trial of *Tectona grandis* Linn.f. at Longuza. Tanzania Silviculture Research. Note No. 24.
- Zobel, B.J. and J.T. Talbert. 1984. **Applied Forest Tree Improvement.** John Wiley & Sons. Inc., New York.

การประมาณแก่นไม้พะยูงในป่าปลูกของกรมป่าไม้

Heartwood Estimation of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre in
the Royal Forest Department Plantation

ธิตี วิสารัตน์^{1*} อังสุมา พินทอง¹ และ ชุติกานต์ หุตะแสงชัย¹
Thiti Visaratana^{1*} Angsuma Pinthong¹ and Chutikan Hutasangchai¹

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: tt_b42@yahoo.com

ABSTRACT

Heartwood estimation of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre in a Royal Forest Department plantation was carried out in provenance and progeny trials established on different planting sites during 1961 to 1997 with square planting spacing of 2, 3, 4, and 6 m. Data collection included the diameter at breast height over bark (DBH) and total height of every trees in the sampled plots. An allometric equation was also constructed from five sampled trees planted at 4x4 m spacing in order to estimate the amount of heartwood in a Siamese Rosewood plantation.

The results revealed that growth of *D. cochinchinensis* planted at different spacings on different planting sites in different age classes tended to increase at older age. Therefore, silvicultural techniques should be applied for appropriate planting density for sustained economic benefits. The estimation of heartwood using the allometric equation showed that 29-year-old *D. cochinchinensis* trees with a DBH smaller than 16.80 cm tended to have less than 10% red heartwood while those with a DBH of 25–30 cm had 25–30% red heartwood and those with a DBH of 35 cm or more had approximately 29% red heartwood. Therefore, growing plantation *D. cochinchinensis* for economic value involves good management practices including appropriate planting spacing (4x4 m), appropriate density (100 trees per rai), and good tending, fire protection, and fertilizer application, especially during the first 4 years. Furthermore, appropriate silvicultural techniques should be applied at age 4-5 years by thinning to induce 30-year-old *D. cochinchinensis* to attain a DBH of 25–30 cm with a large quantity of red heartwood. This will provide a high economic return to the grower. Finally, researchers should compare different genotypes to determine which can produce the most heartwood.

Keywords: *Dalbergia cochinchinensis* Pierre, heartwood, forest plantation

บทคัดย่อ

การประมาณแก่นไม้พะยุงในป่าปลูกของกรมป่าไม้ ดำเนินการศึกษาในแปลงปลูกและพัฒนา ศักยภาพไม้พะยุงทั้งในส่วนของการทดสอบถิ่นกำเนิดและสายพันธุ์ที่ปลูกในแต่ละท้องที่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2504-2540 โดยใช้แม่ไม้จากถิ่นกำเนิดต่างกัน และมีการเก็บข้อมูลการเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่างที่สุ่มเลือกไว้ ตลอดจนมีการสร้างสมการความสัมพันธ์ในรูปแอลโลเมตรีที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงต่างกัน และความสูงทั้งหมด ของตัวอย่างไม้พะยุงในแปลงทดสอบสายพันธุ์ที่ปลูกด้วยระยะปลูก 4×4 เมตร เมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2530 บริเวณสถานีวนวัฒนวิจัยหุบสื จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 5 ต้น เป็นตัวแปรอิสระ

ผลการศึกษาพบว่า การเติบโตของไม้พะยุงที่ปลูกด้วยระยะปลูกต่างกัน ในท้องที่ต่างกัน แต่ละชั้นอายุ มีแนวโน้มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้น โดยระยะปลูกและท้องที่ปลูกล้วนเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเติบโตของไม้พะยุง ฉะนั้นจึงต้องมีการจัดการไม้พะยุงในป่าปลูกด้วย วนวัฒนวิธี เพื่อให้ได้ความหนาแน่นต่อพื้นที่ที่เหมาะสมและยั่งยืนในเชิงนิเวศเศรษฐกิจ สำหรับการประมาณ แก่นไม้พะยุงในป่าปลูกของกรมป่าไม้ ใช้สมการความสัมพันธ์ในรูปแอลโลเมตรีที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมดเป็นตัวแปรอิสระ ซึ่งพบว่าพะยุงอายุ 29 ปี ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกระหว่าง 25-30 เซนติเมตร มีส่วนที่เป็นแก่นไม้สีแดงเฉลี่ยต่อต้นประมาณร้อยละ 24.59-29.76 หากไม้ พะยุงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 35 เซนติเมตร พบว่า มีส่วนที่เป็นแก่นไม้สีแดงมากถึงร้อยละ 28.90 ดังนั้นในการปลูกไม้พะยุงเพื่อมูลค่าทางเศรษฐกิจ จะต้องดำเนินการจัดการป่าปลูกนั้นให้มีคุณภาพดี โดยต้องกำหนดระยะปลูกเริ่มต้นให้เหมาะสม ซึ่งน่าจะเป็น 4×4 เมตร หรือความหนาแน่นต้นไม้ 100 ต้นต่อไร่ และต้องมีการบำรุงดูแลรักษาด้วยการแผ้วถางวัชพืช การป้องกันไฟให้ดี การใส่ปุ๋ยเคมีสูตรเสมอ 15:15:15 หรือ 16:16:16 ประมาณ 100-200 กรัมต่อต้น โดยเฉพาะปีที่ 1-4 นอกจากนี้ในปีที่ 4 หรือ 5 ต้องใช้วนวัฒนวิธีเพื่อ ตัดขยายระยะต้นไม้พะยุงที่เติบโตไม่ดือออกครั้งที่ 1 เพื่อเป็นการชักนำให้ไม้พะยุงอายุประมาณ 30 ปี มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกระหว่าง 25-30 เซนติเมตร ซึ่งจะเป็นต้นไม้พะยุงที่มีปริมาณแก่นไม้สีแดงมาก ทำให้เกิดผลประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจหรือการค้าแก่ผู้ปลูกสร้างสวนป่า

คำสำคัญ: พะยุง แก่นไม้ ป่าปลูก

คำนำ

ไม้พะยุง (*Dalbergia cochinchinensis* Pierre) เป็นไม้ที่มีความสำคัญและมีค่าทางเศรษฐกิจของ ประเทศไทย มีชื่อการค้าว่า Rosewood, Siamese Rosewood และ Phayung (สำนักงานหอพรรณไม้, 2557) กระจายพันธุ์อยู่ในราชอาณาจักรกัมพูชา สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว สาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม โดยเฉพาะป่าเบญจพรรณชื้น และป่าดิบแล้ง ทางภาคตะวันออกและภาค ตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เนื้อไม้มีสีแดงอมม่วง หรือสีม่วงเป็นมันมีลายสีดำ หรือสีน้ำตาลอ่อน เสี้ยนสนเป็นริ้วแคบๆ เนื้อละเอียดเหนียว แข็ง และมีความหนาแน่น 1,060 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (งาน คุณสมบัติและวิศวกรรมโครงสร้างไม้, 2553)

ไม้พะยุงเป็นไม้ป่าหวงห้ามที่อยู่ในสถานภาพที่เสี่ยงต่อการใกล้สูญพันธุ์ และได้รับการขึ้นบัญชีของ อนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศซึ่งชนิดสัตว์ป่าและพืชป่าที่ใกล้สูญพันธุ์ (อนุสัญญาไซเตสบัญชีที่ 2)

ที่กำหนดให้ประเทศที่เป็นภาคีสมาชิกจะต้องให้ความร่วมมือ ช่วยดูแลควบคุมการค้า ด้วยการไม่อนุญาตให้นำเข้าไม้พะยูนที่ลักลอบส่งออกหรือไม่ได้รับอนุญาตจากประเทศต้นทาง การขึ้นบัญชีนี้จะไม่เป็นอุปสรรคทางการค้าไม้พะยูนที่มาจากสวนป่า เพราะอนุสัญญาไซเตสไม่ได้ห้ามทำการค้า แต่เป็นการควบคุมให้มีการค้าอย่างยั่งยืน ที่จะทำให้การทำป่าปลูกไม้พะยูนเชิงพาณิชย์ประสบความสำเร็จยิ่งขึ้น (กรมวิชาการเกษตร กรมป่าไม้ และกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2558)

การทำป่าปลูกไม้พะยูนเพื่อให้ได้แก่นสีแดงจึงมีความจำเป็นและสำคัญมากในปัจจุบันและอนาคต ดังนั้นกรมป่าไม้จึงต้องคัดเลือกสายพันธุ์ไม้พะยูนที่มีแก่นมาก กำหนดรูปแบบการปลูกให้ชัดเจน การใช้วนวัฒนวิธีที่เหมาะสม การบำรุงรักษาให้เติบโตได้เหมาะสมกับช่วงเวลาปลูก ตลอดจนแนวทางการจัดการป่าปลูกไม้พะยูนให้ได้ผลคุ้มค่าในเชิงเศรษฐกิจ ซึ่งการประมาณแก่นไม้พะยูนในป่าปลูกจึงเป็นหัวข้อที่มีความสำคัญ เพื่อใช้เป็นปัจจัยที่เกษตรกรจะตัดสินใจจะทำป่าปลูกไม้พะยูนดีหรือไม่ เพราะการเกิดแก่นต้องใช้เวลานาน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงทั้งหมดของไม้พะยูน

ทำการสุ่มเลือกพื้นที่ปลูกไม้พะยูน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2504-2540 ที่มีระยะปลูก 2×2, 3×3, 4×4 และ 6×6 เมตร ของหน่วยงานในสังกัดกลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ และวางแผนตัวอย่างการขนาด 40×40 เมตร ทำการวัดข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (ราชบัณฑิตยสถาน, 2547) และความสูงทั้งหมดต่อเนื่องในช่วงเวลาหนึ่ง และวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวเป็นค่าเฉลี่ย

2. การประมาณแก่นไม้พะยูนในป่าปลูกของกรมป่าไม้

ทำการศึกษาในแปลงทดสอบสายพันธุ์ไม้พะยูนที่นำเมล็ดจาก 85 แม่ไม้ที่มีถิ่นกำเนิดต่างกัน จำนวน 5 แห่ง ได้แก่ (1) อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา (2) ป่าสงวนแห่งชาติ ท้องที่จังหวัดมหาสารคาม (3) ป่าสงวนแห่งชาติ อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี (4) ป่าสงวนแห่งชาติ อำเภอเมือง อำเภอชุมพวง และอำเภอชุมพวง จังหวัดศรีสะเกษ (5) สถานีวนวัฒนวิจัยดงลาน จังหวัดขอนแก่น ที่ปลูกเมื่อเดือนกรกฎาคม 2530 ด้วยระยะปลูก 4×4 เมตร ที่สถานีวนวัฒนวิจัยห้วยสี อำเภอบางบาล จังหวัดนครราชสีมา (Figure 1)

ทำการสุ่มเลือกและตัดต้นไม้ตัวอย่างในแปลงทดสอบสายพันธุ์ดังกล่าว จำนวน 5 ต้น และวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้พะยูนที่ความสูงชิดดิน (D_0) ความสูงที่ระดับ 0.30 เมตรเหนือพื้นดิน ($D_{0.30}$) ความสูงที่ระดับ 1.30 เมตรเหนือพื้นดิน (Diameter at breast height, DBH) และที่ความสูง 1, 2, 3,..., n เมตร เหนือพื้นดิน รวมถึงความสูงทั้งหมด (H) และความสูงถึงกิ่งสัดกิ่งแรก (H_0) หลังจากนั้นตัดทอนลำต้นที่ลึ้มออกเป็นท่อนที่มีความยาว 1 เมตร แยกส่วนที่เป็นเปลือก กระพี้ และแก่นไม้ และชั่งน้ำหนักสด สำหรับส่วนที่เป็นกิ่ง แยกเป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยและมากกว่า 10 เซนติเมตร ทำการชั่งน้ำหนักสด และแยกส่วนที่เป็นใบ ชั่งน้ำหนักใบสดด้วย พร้อมกับสุ่มเลือกตัวอย่างทุกส่วนไปอบที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือน้ำหนักคงที่ และชั่งน้ำหนักแห้ง

ทำการสร้างสมการความสัมพันธ์ในรูปแบบแอลโลเมตรีจากมิติของต้นไม้ตัวอย่างดังกล่าว และคัดเลือกสมการความสัมพันธ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of determination, R^2) มากที่สุด เพื่อใช้ประมาณเปลือก กระพี้ และแก่นไม้พะยูนอายุ 29 ปี

Replication 1

MS10	ML3	MS18	SRK7
SRM2	DL10	DL11	DL20
ML15	KH7	SRM1	DL6
ML10	KH4	MS22	DL15
MS1	SRK4	DL8	SRM4
DL1	ML1	MS24	MS21
DL4	DL14	SRK8	MS23
KH9	MS4	DL17	KH2
DL19	DL2	SRKH18	MS19
ML9	SRKH7	MS27	SRM3
ML20	MS2	MS3	ML22
SRK17	SRKH14	MS6	SRKH11
MS11	KH6	KH8	MS26
DL18	ML11	ML21	KH5
MS14	SRK6	ML2	ML12
ML7	KH1	SRK15	DL12
	SRK21	DL16	MS16
		DL7	SRKH8
		MS7	ML23
			SRK1

Replication 2

DL11	DL12	DL16	ML22
SRKH8	KH9	SRK5	SRKH16
MS21	SRK17	SRM22	KH2
KH1	DL3	KH7	SRK26
MS16	KH4	KH3	DL9
DL13	ML7	SRKH11	SRKH14
DL8	SRK8	DL1	ML20
KH6	ML21	MS10	ML12
SRK4	KH5	SRM1	MS7
MS14	SRK21	DL17	ML8
MS18	MS3	SRK6	SRK19
DL15	SRK7	MS19	DL18
DL10	ML3	ML11	
MS2	ML23	MS22	
MS24	SRKH7		
ML9	SRM4	SRK18	
DL14	MS23	MS6	
KH8	DL4	DL2	
MS25	DL19	ML1	
DL20	MS11	SRK15	
	ML15	DL7	
	DL16		
	MS1		

Replication 3

DL14	ML9		
SRK26	SRKH14		
DL8			
SRM22			
ML22	ML1	MS27	KH4
SRK1	SRK8	MS4	SRM1
KH5	ML2	DL3	
MS21			
DL2			
SRKH11	MS14		ML3
DL18	DL4	MS25	KH2

	ML10	MS7
	MS22	DL13
	ML21	KH7
	SRKH7	KH6
DL16	MS3	DL20
MS18	ML7	MS15
MS2	MS16	ML11
DL10	DL12	KH9
MS11	DL5	MS10
SRK15	MS23	MS26
ML23	SRM2	KH1
ML8	DL17	DL6
	KH8	ML6
	SRK4	DL19
DL7	SRKH8	KH3
SRK21	SRK19	MS1
SRKH16	MS24	DL11
DL9	ML12	ML20
SRK7	SRK18	
SRM3	SRK5	
DL1	SRK17	
MS6	DL15	
SRM4	SRK6	MS19

Replication 4

				KH6	SRM3	ML9	MS22
				SRKH8	SRM4	MS7	ML21
DL6	MS11	SRK8	ML10		SRK1	KH3	DL18
KH2	SRM2	DL7	DL8	DL9	MS2	DL5	DL20
MS6	DL15	SRKH11	ML12	SRKH14	SRM1	MS18	SRKH7
DL4			DL11	KH1	ML6	ML2	SRK6
SRK19	KH9	MS4	SRK21	ML15	MS27	MS23	MS3
DL16	ML23	MS14	ML11	MS26	DL12	MS25	KH5
DL19	DL2	SRK15	SRK4	ML8	DL17	MS19	SRK26
ML20	SRKH16	SRK7	DL13	DL14	MS21	ML3	MS24
SRK5	MS16	MS10	DL10	DL1	MS1	KH4	SRK17
ML1	DL3	SRK18	ML22	ML7	SRM22	KH8	KH7

- KH = อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา
 MS = ป่าสงวนแห่งชาติ ท้องที่จังหวัดมหาสารคาม
 ML = ป่าสงวนแห่งชาติ อำเภอภูกามยาว จังหวัดสระบุรี
 SRM, SRK, SRKH = ป่าสงวนแห่งชาติ อำเภอเมือง อำเภอชุมพวง และ อำเภอชุมพวง จังหวัดศรีสะเกษ
 DL = สถานีวนวัฒนวิจัยดงลาน จังหวัดขอนแก่น

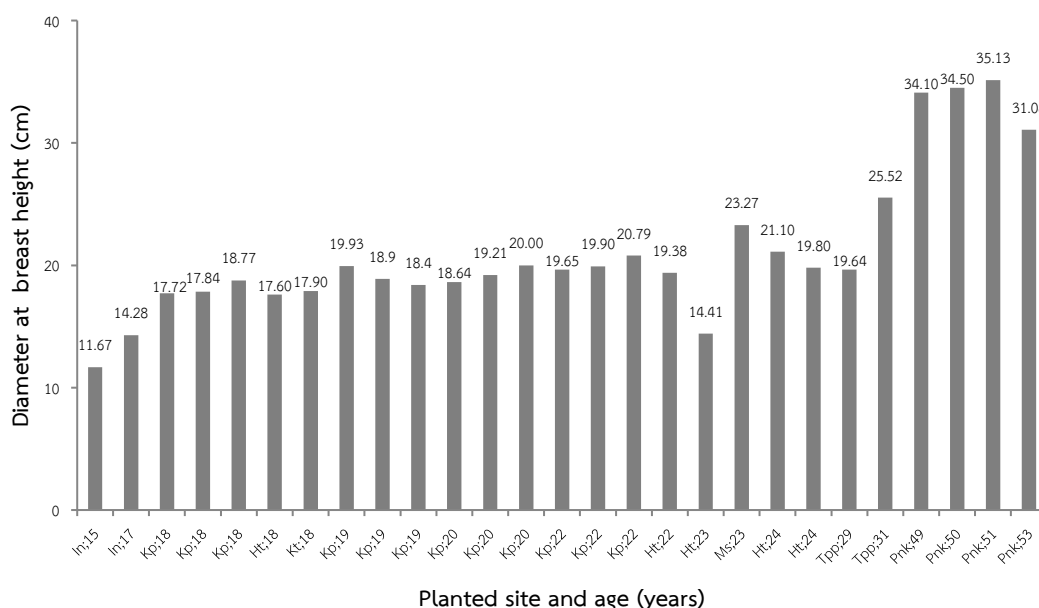
Figure 1 Layout of *Dalbergia cochinchinensis* progeny trial planted on July 1987 at Mou Sri Silvicultural Research Station.

ผลและวิจารณ์

1. การเติบโตของไม้พะยุงที่ปลูกในท้องที่ต่างกันแต่ละชั้นอายุ

1.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at breast height)

จากการศึกษาพบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยของไม้พะยุงที่ปลูกด้วยระยะปลูก 4×4 เมตร ในท้องที่ต่างกัน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้น โดยในช่วงอายุ 20-30 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยระหว่าง 14.41-23.27 เซนติเมตร และเมื่ออายุประมาณ 50 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยระหว่าง 31.08-35.13 เซนติเมตร (Figure 2)



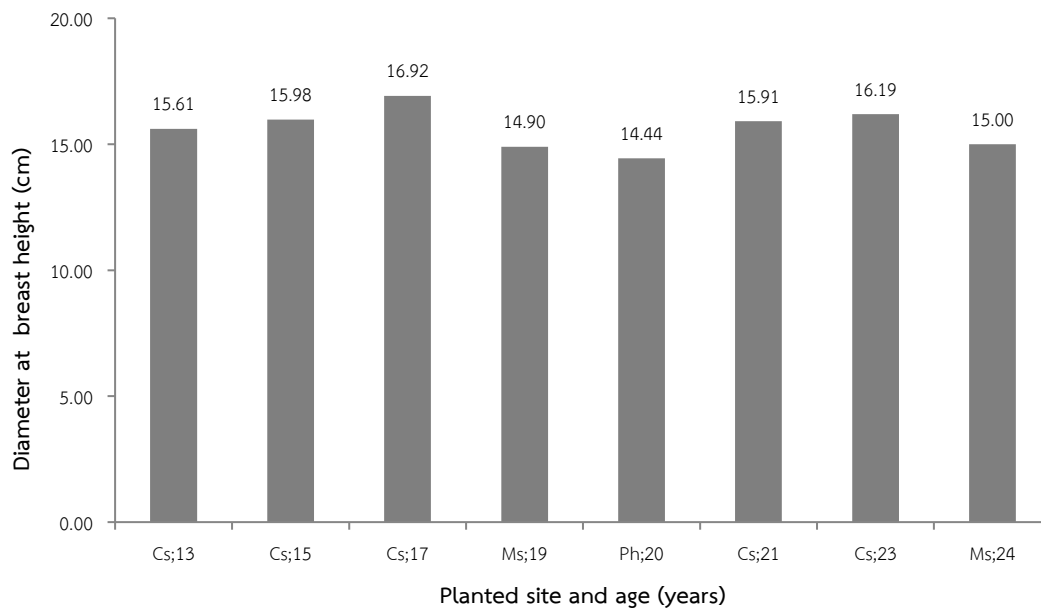
Note: In : Inthakhin Silvicultural Research Station Ms : Moosi Silvicultural Research Station
 Kp : Kamphaeng Phet Silvicultural Research Station Tpp : Thong Pha Phum Silvicultural Research Station
 Ht : Huaytha Silvicultural Research Station Pnk : Pha Nok Khoo Silvicultural Research Station

Figure 2 Mean diameter at breast height of 15-53-year-old *Dalbergia cochinchinensis* with 4×4 m spacing at 6 silvicultural research stations.

สำหรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยของไม้พะยุงที่ปลูกด้วยระยะปลูก 2×4 เมตร ในท้องที่ศูนย์วนวิจัยภาคกลาง สถานีวนวิจัยหุบสื และสถานีวนวิจัยพิษณุโลก ของแต่ละชั้นอายุ ตั้งแต่ 13-24 ปี มีแนวโน้มแตกต่างกันไม่มากนัก โดยเฉพาะค่าเฉลี่ยที่ปลูกในท้องที่สถานีวนวิจัยหุบสื อายุ 19 และ 24 ปี ซึ่งน่าจะมีสาเหตุจากระยะปลูกที่ไม่เหมาะสม เมื่อไม้พะยุงมีอายุมากขึ้นตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไป (Figure 3)

ส่วนการเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยของไม้พะยุงที่ปลูกด้วยระยะปลูก 3×3 เมตร ในท้องที่สถานีวนวิจัยทองผาภูมิ ที่อายุ 22, 24 และ 26 ปี เท่ากับ 23.80, 28.69 และ 29.24 เซนติเมตร ตามลำดับ (Figure 4) และในระยะปลูก 6×6 เมตร ในท้องที่สถานีวนวิจัยราชบุรี อายุ 15, 17, 19 และ 21 ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.40, 25.82, 26.83, 25.92 และ 27.50 เซนติเมตร ตามลำดับ

(Figure 5) แสดงให้เห็นว่า ไม้พะยูนที่ปลูกด้วยระยะปลูก 3×3 และ 6×6 เมตร ยังสามารถเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกได้อย่างต่อเนื่องอีกในช่วงเวลาหนึ่ง



Note: Cs : Central Silvicultural Research centre
Ph : Phitsanulok Silvicultural Research Station

Ms: Moosi Silvicultural Research Station

Figure 3 Mean diameter at breast height of 15-53 year-old *Dalbergia cochinchinensis* with 2x4 m spacing at three silvicultural research stations.

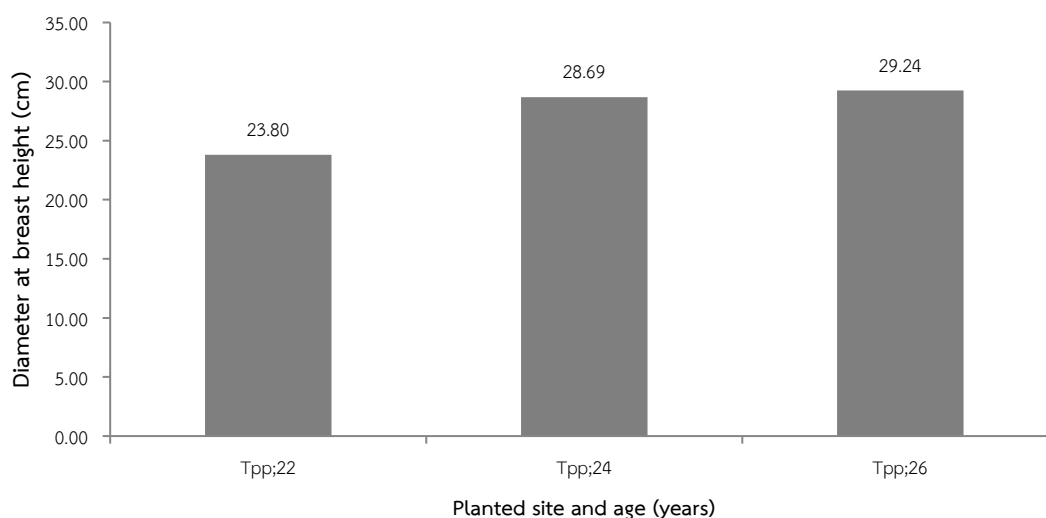


Figure 4 Mean diameter at breast height of 15-53-year-old *Dalbergia cochinchinensis* with 3x3 m spacing at Thong Pha Phum Silvicultural Research Station.

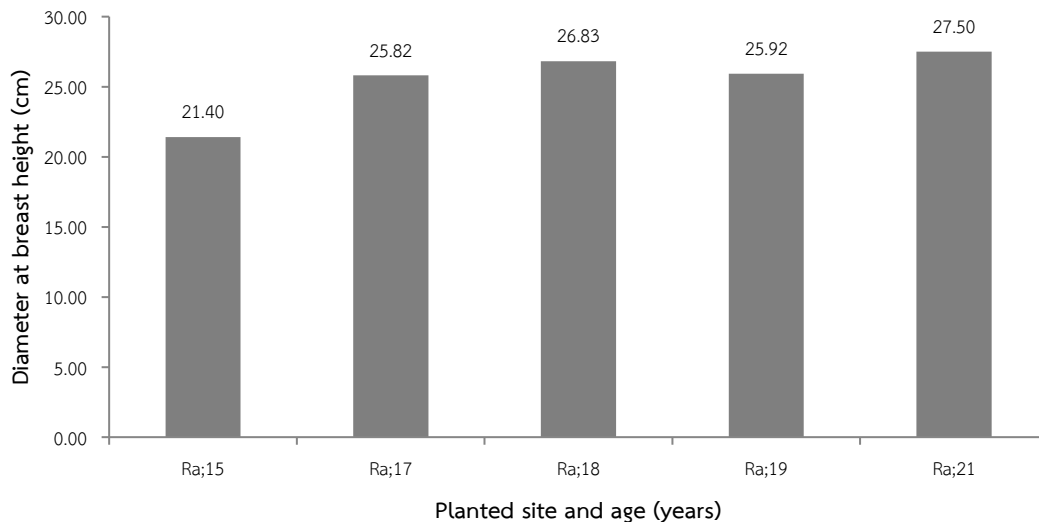


Figure 5 Mean diameter at breast height of 15-53 year-old *Dalbergia cochinchinensis* with 6x6 m spacing at Ratchaburi Silvicultural Research Station.

1.2 ความสูงทั้งหมด (Total height)

จากการศึกษาพบว่า ความสูงทั้งหมดเฉลี่ยของไม้พะยูนที่ปลูกด้วยระยะปลูก 4x4 เมตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้น โดยในแต่ละท้องถิ่นที่มีความแตกต่างกัน และในช่วงอายุประมาณ 50 ปีขึ้นไป มีการเติบโตด้านความสูงทั้งหมดแตกต่างกันไม่ชัดเจน มีค่าเฉลี่ยเกือบ 20 เมตร (Figure 6) ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่า ความสูงเฉลี่ยของไม้พะยูนประมาณ 20 เมตร น่าจะเป็นความสูงที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐกิจนิเวศ ดังนั้นจึง ควรใช้หลักการของวนวัฒนวิธี เพื่อจัดการพะยูนให้มีการเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเพิ่มขึ้น

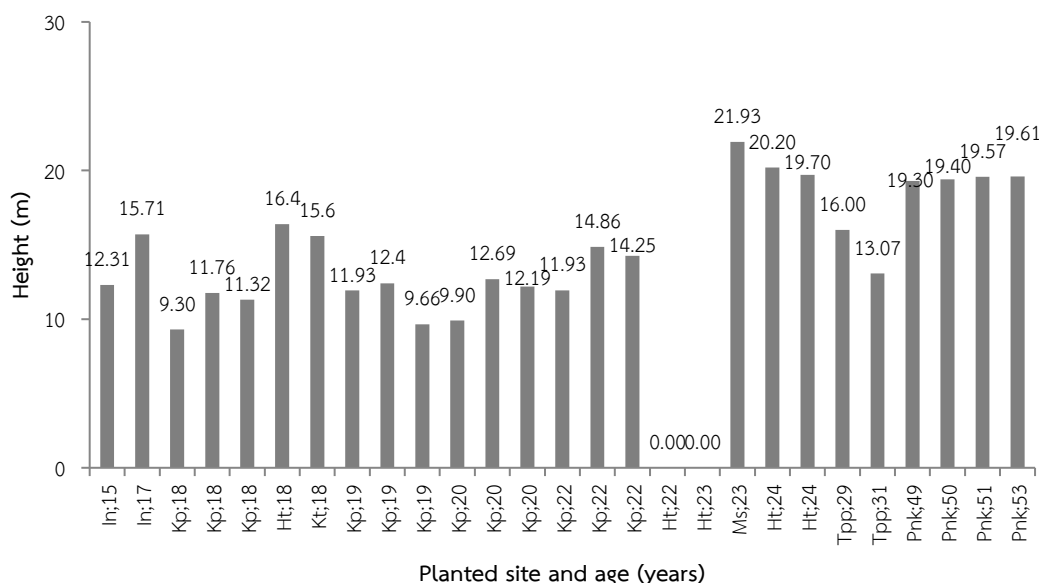


Figure 6 Mean total height of *Dalbergia cochinchinensis* with 4x4 m spacing at 6 silvicultural research stations.

สำหรับความสูงทั้งหมดเฉลี่ยของไม้พะยุงที่ปลูกด้วยระยะปลูก 2×4 เมตร ในท้องที่ศูนย์วนวัฒนวิจัยภาคกลาง สถานีวนวัฒนวิจัยหุบสื และสถานีวนวัฒนวิจัยพิษณุโลก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้น โดยไม้พะยุงที่ปลูกที่สถานีวนวัฒนวิจัยหุบสื ในช่วงอายุ 19-24 ปี มีความเพิ่มพูนของความสูงทั้งหมดเฉลี่ยมากถึง 7.60 เมตร (Figure 7) หรือเฉลี่ยปีละ 1.52 เมตร

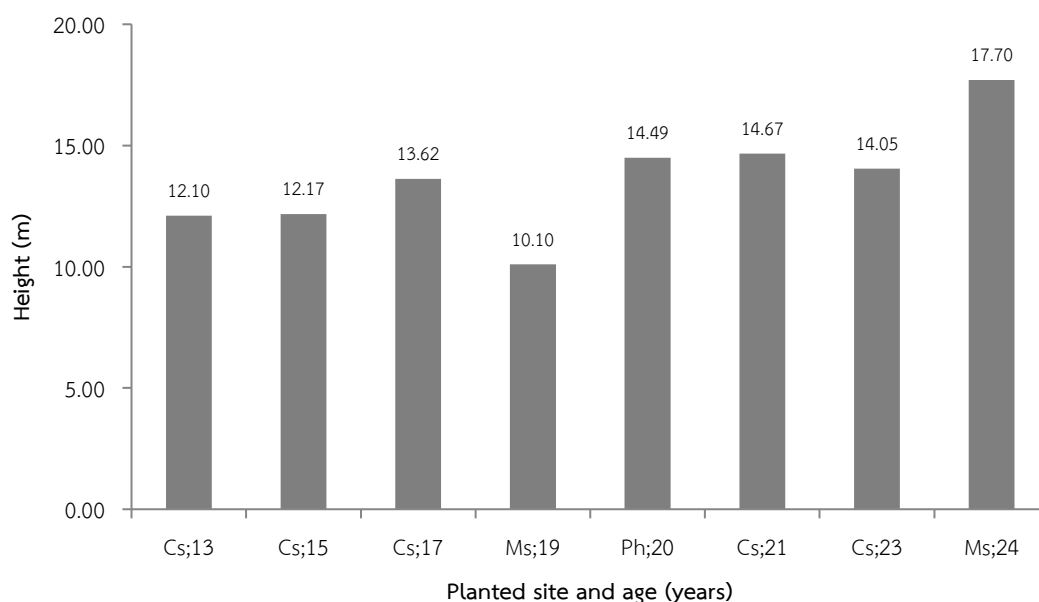


Figure 7 Mean total height of *Dalbergia cochinchinensis* with 2×4 m spacing at Central Silvicultural Research centre (Cs) Moosi Silvicultural Research Station (Ms) and Phitsanulok Silvicultural Research Station (Ph).

ส่วนการเติบโตด้านความสูงทั้งหมดเฉลี่ยของไม้พะยุงที่ปลูกด้วยระยะปลูก 3×3 เมตร ท้องที่สถานีวนวัฒนวิจัยทองพูนภูมิ อายุ 22, 24 และ 26 ปี เท่ากับ 18.60, 16.76 และ 18.80 เมตร ตามลำดับ (Figure 8) และในระยะปลูก 6×6 เมตร ท้องที่สถานีวนวัฒนวิจัยราชบุรี อายุ 15, 17, 18, 19 และ 21 ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.30, 14.53, 15.11, 15.31 และ 18.46 เมตร ตามลำดับ (Figure 9)

2. การประมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้พะยุงในป่าปลูกของกรมป่าไม้

มวลชีวภาพไม้พะยุงคำนวณโดยใช้สมการความสัมพันธ์ในรูปของ allometric equation โดยใช้ต้นไม้พะยุงตัวอย่างจากถิ่นกำเนิดสถานีวนวัฒนวิจัยดงลาน จังหวัดขอนแก่น ป่าสงวนแห่งชาติ อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี และอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา ที่ปลูกในแปลงทดสอบสายพันธุ์ไม้พะยุง ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 15.00, 16.80, 25.00, 27.90 และ 36.60 เซนติเมตร และทำการประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (aboveground) ที่เป็นเปลือก (bark) กระทบ (sapwood) แก่นไม้ (heartwood) กิ่ง (branch) และใบ (leaf) จากสมการความสัมพันธ์ใน Table 1 นอกจากนี้ยังคำนวณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในป่าปลูกอายุ 29 ปี จากการส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ค่าร้อยละความเข้มข้นคาร์บอน ที่ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในส่วนของการปลูก กระพี้ แก่น กิ่ง และใบ มีค่าเท่ากับร้อยละ 46.20, 48.74, 53.71, 46.83 และ 50.10 ตามลำดับ

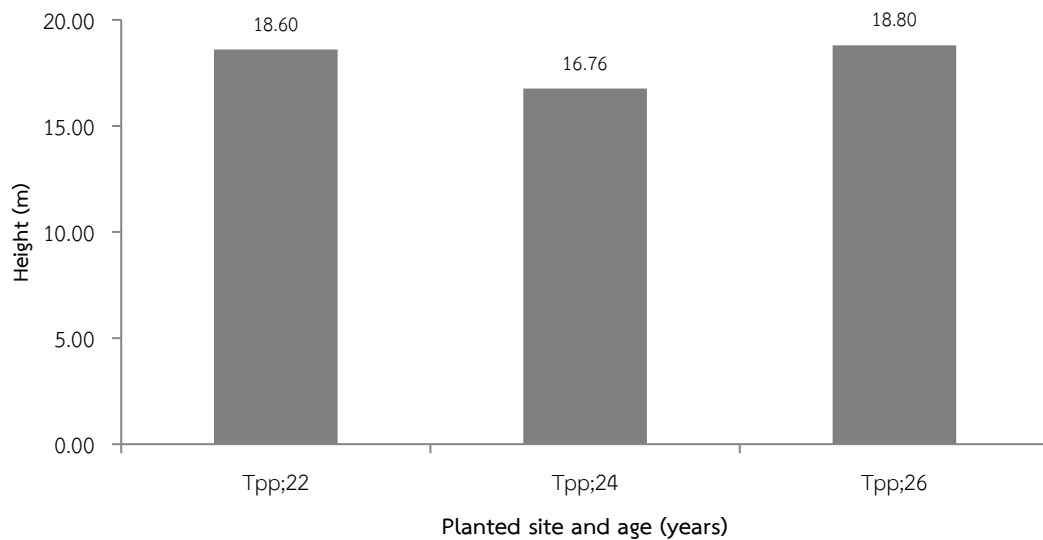


Figure 8 Mean total height of *Dalbergia cochinchinensis* with 3x3 m spacing at Thong Pha Phum Silvicultural Research Station.

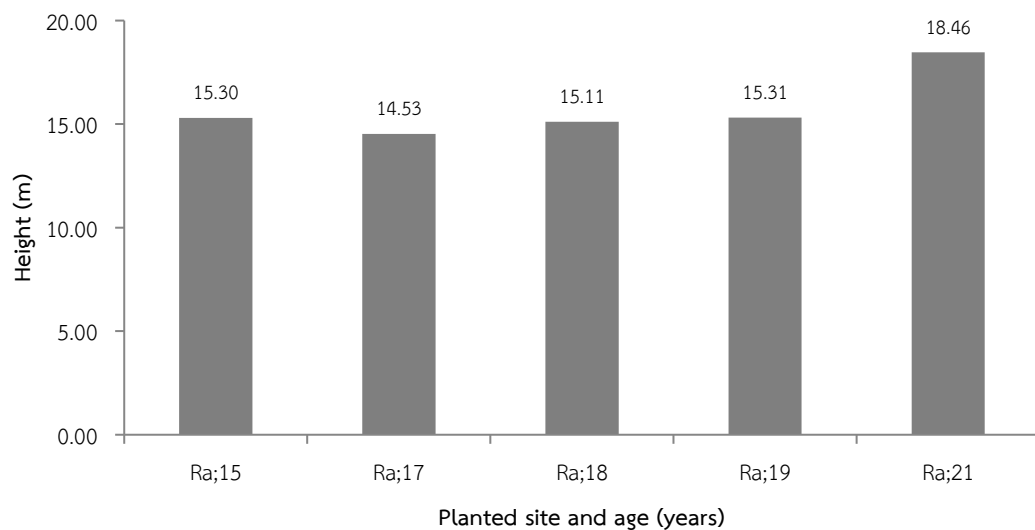


Figure 9 Mean total height of *Dalbergia cochinchinensis* with 6x6 m in spacing at Ratchaburi Silvicultural Research Station.

Table 1 Biomass allometric equation of 29-year-old *Dalbergia cochinchinensis* in different parts.

Part of biomass	Allometric equation	Coefficient of determination (R^2)
Bark	$0.002 \times (\text{DBH}^2 \text{H})^{1.017}$	0.936
Sapwood	$0.013 \times (\text{DBH}^2 \text{H})^{1.028}$	0.984
Heartwood	$0.0000008 \times (\text{DBH}^2 \text{H})^{1.914}$	0.954
Branch	$0.0005 \times (\text{DBH}^2 \text{H})^{1.285}$	0.981
Leaf	$0.002 \times (\text{DBH}^2 \text{H})^{0.824}$	0.994

มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ส่วนที่เป็นเปลือก กระจัง แก่น กิ่ง และใบของไม้พะยูน ที่ปลูกด้วยระยะปลูก 4x4 เมตร อายุ 27 ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.1450, 15.4770, 5.0399, 6.9267 และ 0.3463 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าไม้พะยูนอายุ 29 ปี ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.1777, 15.7213, 5.3462, 7.1259 และ 0.3482 ตันต่อไร่ (Table 2) หรือคิดเป็น 26.24, 189.41, 64.41, 85.85 และ 4.20 กิโลกรัมต่อตัน ตามลำดับ รวมทั้งหมด 370.11 กิโลกรัมต่อตัน จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นพบว่า ไม้พะยูนมีค่าความเพิ่มพูนรายปีของเปลือก กระจัง และแก่นไม้ ในช่วงอายุนี้นี้เท่ากับ 0.0163, 0.1221 และ 0.1531 ตันต่อไร่ ตามลำดับ (Table 2)

สำหรับการกักเก็บคาร์บอนของไม้พะยูนในป่าปลูกของกรมป่าไม้ ที่มีระยะปลูก 4x4 เมตร อายุ 29 ปี มีค่ารวมทั้งหมด 15.055 ตันคาร์บอนต่อไร่ หรือมีการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 55.102 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ โดยแยกเป็นเปลือก กระจัง แก่นไม้ กิ่ง และใบ เท่ากับ 1.007, 7.662, 2.873 และ 3.339 ตันคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งมีความเพิ่มพูนของการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 0.196 ตันคาร์บอนต่อไร่ (Table 2) หรือ 196 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่

Table 2 Aboveground biomass (ton per rai) and carbon stock (ton carbon per rai) estimation of 27- and 29-year-old *Dalbergia cochinchinensis* with 4x4 m in spacing of Royal Forest Department plantation; Carbon stock value is in parentheses.

Age (year)	Biomass (ton rai ⁻¹) and carbon stock (ton carbon rai ⁻¹)					
	Bark	Sapwood	Heartwood	Branch	Leaf	Aboveground
27	2.1450	15.4770	5.0399	6.9267	0.3463	29.9349
	(0.993)	(7.545)	(2.707)	(3.245)	(0.173)	(14.663)
29	2.1777	15.7213	5.3462	7.1259	0.3482	30.7193
	(1.007)	(7.662)	(2.873)	(3.339)	(0.174)	(15.055)
ton carbon dioxide rai ⁻¹	3.692	28.094	10.534	12.243	0.638	55.202

Table 2 (Continued)

Age (year)	Biomass (ton rai^{-1}) and carbon stock (ton carbon rai^{-1})					
	Bark	Sapwood	Heartwood	Branch	Leaf	Aboveground
Increment per year						
ton rai^{-1}	0.0163	0.1221	0.1531	0.0996	0.0009625	0.3921
ton carbon rai^{-1}	(0.0070)	(0.0585)	(0.0830)	(0.0470)	(0.0005)	(0.1960)
kg rai^{-1}	16.30	122.10	153.10	99.60	0.96	392.06
kg tree $^{-1}$	0.1964	1.4710	1.8446	1.2000	0.0116	4.7236

Remark Carbon content of bark, sapwood, heartwood, branch and leaf of *Dalbergia cochinchinensis* are 46.20, 48.74, 53.71, 46.83 and 50.10 percent respectively.

3. การประเมินแก่นไม้พะยุงในป่าปลูกของกรมป่าไม้

3.1 ไม้พะยุงในป่าปลูกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 36.60 เซนติเมตร

ไม้พะยุงจากถิ่นกำเนิดสถานีวิจัยดงลานที่ปลูกด้วยระยะปลูก 4×4 เมตร เมื่ออายุ 29 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 36.60 เซนติเมตร ความสูงทั้งหมด 24.90 เมตร ความสูงถึงกิ่งสดกิ่งแรก 6.85 เมตร พบว่า สัดส่วนแก่นไม้พะยุงมีแนวโน้มลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้นระหว่างท่อนที่ 1-14 แต่ท่อนที่ 12 และ 13 ไม่มีแก่นไม้ โดยท่อนที่ 1 มีปริมาณแก่นไม้มากที่สุดเท่ากับร้อยละ 41.65 ท่อนที่ 1-7 มีปริมาณแก่นไม้มากกว่าร้อยละ 30 ท่อนที่ 1-11 มีปริมาณแก่นไม้มากกว่าร้อยละ 20 คิดเป็นปริมาณแก่นไม้เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 28.90 ของน้ำหนักลำต้นทั้งหมด (stem) หรือมีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 258.74 กิโลกรัม เทียบกับน้ำหนักแห้งลำต้นทั้งหมด 895.40 กิโลกรัม (Table 3)

3.2 ไม้พะยุงในป่าปลูกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 27.90 เซนติเมตร

ไม้พะยุงจากถิ่นกำเนิดอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ที่ปลูกด้วยระยะปลูก 4×4 เมตร เมื่ออายุ 29 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 27.90 เซนติเมตร ความสูงทั้งหมด 24.52 เมตร ความสูงถึงกิ่งสดกิ่งแรก 11.39 เมตร พบว่า สัดส่วนแก่นไม้พะยุงมีแนวโน้มลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้นระหว่างท่อนที่ 1-15 โดยท่อนที่ 1 มีปริมาณมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 40.93 ท่อนที่ 1-6 มีปริมาณแก่นไม้มากกว่าร้อยละ 30 ท่อนที่ 7-12 มีปริมาณแก่นไม้ร้อยละ 16.08-29.50 คิดเป็นปริมาณแก่นไม้เฉลี่ยได้เท่ากับร้อยละ 24.59 ของน้ำหนักแห้งลำต้นทั้งหมด หรือมีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 132.55 กิโลกรัม เทียบกับน้ำหนักแห้งลำต้นทั้งหมด 539.06 กิโลกรัม (Table 4)

3.3 ไม้พะยุงในป่าปลูกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 25.00 เซนติเมตร

ไม้พะยุงจากถิ่นกำเนิดในป่าสงวนแห่งชาติ อำเภอมวกเหล็ก ที่ปลูกด้วยระยะปลูก 4×4 เมตร เมื่ออายุ 29 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 25.00 เซนติเมตร ความสูงทั้งหมด 22.24 เมตร ความสูงถึงกิ่งสดกิ่งแรก 8.95 เมตร จากการตัดท่อนลำต้นยาวท่อนละ 1 เมตร และทำการแยกส่วนที่เป็นเปลือก กระพี้ และแก่นไม้ พบว่า แนวโน้มสัดส่วนแก่นไม้พะยุงมีปริมาณลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้นระหว่างท่อนที่ 1-15 โดยมีปริมาณแก่นไม้มากที่สุดในท่อนที่ 1 เท่ากับร้อยละ 46.48 ท่อนที่ 1-7 มีปริมาณแก่นไม้มากกว่าร้อยละ 30 และท่อนที่ 8-12 มีปริมาณแก่นไม้ร้อยละ 11.81-27.93 คิดเป็นปริมาณแก่นไม้เฉลี่ยได้เท่ากับร้อยละ

ละ 29.76 ของน้ำหนักแห้งลำต้นทั้งหมด หรือมีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 106.14 กิโลกรัมเทียบกับน้ำหนักแห้งลำต้นทั้งหมด 356.66 กิโลกรัม (Table 5)

Table 3 Biomass of bark, sapwood, heartwood of each 1 m log and heartwood percentage of Dong Lan Silvicultural Research Station seed origin.

Provenance			Diameter (cm)		Height (m)		
Dong Lan Silvicultural Research Station			D ₀	48.70	H	24.90	
			D _{0.30}	43.90	H _B	6.85	
			DBH	36.60			
Log number	Height at aboveground	Diameter at end of log	Biomass (kg)				Heartwood/Stem (%)
			Stem	Bark	Sapwood	Heartwood	
1	1	38.30	115.40	6.04	61.29	48.07	41.65
2	2	34.00	100.19	6.75	54.57	38.87	38.80
3	3	33.80	97.06	6.81	54.96	35.29	36.36
4	4	30.60	89.28	5.77	54.57	28.94	32.42
5	5	31.00	73.51	5.70	41.51	26.30	35.78
6	6	29.00	62.44	4.26	37.72	20.46	32.77
7	7	24.60	65.27	5.18	40.04	20.05	30.72
8	8	26.90	41.77	3.80	26.20	11.77	28.18
9	9	22.40	39.96	3.67	25.41	10.87	27.21
10	10	24.50	39.62	3.67	26.48	9.47	23.90
11	11	21.90	35.06	2.75	24.88	7.43	21.18
12	12	19.20	22.30	2.36	19.94	0.00	0.00
13	13	19.30	21.94	2.62	19.32	0.00	0.00
14	14	18.40	20.95	2.49	17.25	1.21	5.77
Total biomass of the tree			895.40	70.99	565.67	258.74	
Average							28.90

Table 4 Biomass of bark, sapwood, heartwood of each 1 m log and heartwood percentage of Khao Yai NationalPark seed origin.

Provenance			Diameter (cm)			Height (m)	
Dong Lan Silvicultural Research Station			D ₀	-	H	24.52	
			D _{0.30}	-	H _B	11.39	
			DBH	27.90			
Log number	Height at aboveground	Diameter at end of log	Biomass (kg)				Heartwood/Stem
			Stem	Bark	Sapwood	Heartwood	(%)
1	1	28.80	47.79	4.40	23.83	19.56	40.93
2	2	26.00	48.76	4.96	26.05	17.75	36.40
3	3	25.00	43.75	4.26	24.05	15.44	35.30
4	4	25.30	41.10	4.69	21.52	14.89	36.24
5	5	23.90	37.38	4.13	20.35	12.90	34.50
6	6	21.90	33.91	4.26	19.22	10.43	30.75
7	7	22.00	31.18	3.88	18.10	9.20	29.50
8	8	20.50	27.96	3.69	16.70	7.57	27.09
9	9	19.90	27.77	2.80	17.49	7.48	26.95
10	10	19.60	28.72	3.29	18.70	6.73	23.42
11	11	18.80	22.75	2.53	15.57	4.65	20.43
12	12	16.60	21.58	2.40	15.71	3.47	16.08
13	13	15.30	15.91	1.61	12.96	1.34	8.43
14	14	14.20	13.60	1.80	11.03	0.77	5.68
15	15	14.80	14.55	1.86	12.31	0.37	2.57
Total biomass of the tree			539.06	91.74	314.76	132.55	
Average					24.59		28.90

Table 5 Biomass of bark, sapwood, heartwood of each 1 m log and heartwood percentage of Muak lek seed origin.

Provenance			Diameter (cm)		Height (m)		
Dong Lan Silvicultural Research Station			D ₀	35.40	H	22.24	
			D _{0.30}	30.10	H _B	8.95	
			DBH	25.00			
Log number	Height at aboveground	Diameter at end of log	Biomass (kg)				Heartwood/Stem (%)
			Stem	Bark	Sapwood	Heartwood	
1	1	25.50	39.92	3.52	17.84	18.55	46.48
2	2	24.40	35.87	2.78	18.30	14.79	41.23
3	3	23.70	33.02	2.41	16.22	14.39	43.58
4	4	23.10	31.71	2.01	17.37	12.34	38.90
5	5	22.20	31.68	2.41	18.50	10.78	34.02
6	6	21.20	25.49	1.65	15.20	8.64	33.89
7	7	22.70	24.38	2.14	14.92	7.32	30.02
8	8	18.00	23.10	1.85	14.80	6.45	27.93
9	9	18.10	21.06	2.47	13.63	4.96	23.54
10	10	16.30	16.85	1.67	11.84	3.34	19.79
11	11	15.50	14.47	1.61	10.57	2.30	15.88
12	12	16.10	12.26	1.40	9.41	1.45	11.81
13	13	12.60	10.95	1.31	9.10	0.54	4.96
14	14	12.20	9.05	1.23	7.54	0.28	3.09
15	15	12.00	8.59	1.20	7.36	0.02	0.23
Total biomass of the tree			356.66	32.77	217.75	106.14	
Average					29.76		28.90

3.4 ไม้พะยูนในป่าปลูกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 16.80 เซนติเมตร

ไม้พะยูนจากถิ่นกำเนิดป่าสงวนแห่งชาติ ในอำเภอมวกเหล็ก ที่ปลูกด้วยระยะปลูก 4×4 เมตร เมื่ออายุ 29 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 16.80 เซนติเมตร ความสูงทั้งหมด 19.77 เมตร ความสูงถึงกิ่งสดกิ่งแรก 9.55 เมตร พบว่า สัดส่วนแก่นไม้พะยูนมีแนวโน้มลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้นระหว่างท่อนที่ 1-7 โดยท่อนที่ 1 มีปริมาณมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 37.66 ท่อนที่ 1-3 มีปริมาณแก่นไม้มากกว่าร้อยละ 10 คิดเป็นปริมาณแก่นไม้เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 10.92 ของน้ำหนักแห้งลำต้นทั้งหมด หรือน้ำหนักแห้งเพียง 15.58 กิโลกรัมเทียบกับน้ำหนักแห้งลำต้นทั้งหมด 142.59 กิโลกรัม (Table 6)

Table 6 Biomass of bark, sapwood, heartwood of each 1 m log and heartwood percentage of Muak lek seed origin.

Provenance			Diameter (cm)		Height (m)		
Dong Lan Silvicultural Research Station			D ₀	23.10	H	19.77	
			D _{0.30}	19.30	H _B	9.55	
			DBH	16.80			
Log number	Height at aboveground	Diameter at end of log	Biomass (kg)				Heartwood/Stem (%)
			Stem	Bark	Sapwood	Heartwood	
1	1	16.70	20.63	2.04	10.82	7.77	37.66
2	2	15.30	14.87	1.54	9.18	4.15	27.90
3	3	15.00	12.83	1.26	9.41	2.16	16.85
4	4	15.20	13.51	1.68	11.16	0.66	4.91
5	5	14.00	12.15	1.40	10.32	0.42	3.49
6	6	14.50	10.95	0.91	9.96	0.08	0.76
7	7	12.10	9.54	1.33	7.88	0.33	3.42
Total biomass of the tree			142.59	16.76	110.25	15.58	
Average					10.92	28.90	

4. เปรียบเทียบปริมาณกระพี้กับแก่นไม้พะยูนในป่าปลูกของกรมป่าไม้ อายุ 29 ปี

จากการตัดทอนลำต้นไม้พะยูนออกเป็นท่อนที่มีความยาวท่อนละ 1 เมตร และแยกเป็นเปลือก กระพี้ และแก่นไม้ พบว่า ไม้พะยูน อายุ 29 ปี มีปริมาณกระพี้มากกว่าแก่นไม้ในทุกๆ ท่อน โดยท่อนที่ 1 (โคนต้น) มีค่าใกล้เคียงกัน ท่อนที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าแตกต่างกันมากขึ้น ท่อนที่ 7, 8 และ 9 กระพี้มีปริมาณเป็น 2 เท่าของแก่นไม้ ท่อนที่ 10, 11 และ 12 กระพี้มีค่าประมาณ 3 เท่าของแก่นไม้ ท่อนที่ 13 และ 14 กระพี้มีปริมาณมากกว่าแก่นไม้หลายเท่า (Table 7) และท่อนสุดท้ายของไม้พะยูนที่มีแก่นไม้ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นจุดหรือเป็นเส้นสีแดงเล็กๆ แทรกอยู่ในกระพี้สีขาว

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่า ท่อนที่ 1 (โคนต้น) ที่มีความยาว 1 เมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปลายท่อน 25.50-38.30 เซนติเมตร น่าจะเป็นท่อนที่มีอายุ 29 ปี ซึ่งมีการพัฒนาของกระพี้และแก่นไม้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน เพราะสัดส่วนกระพี้ต่อแก่นไม้มีค่าเท่ากับ 1.17 (Table 7) ดังนั้นหากต้องการสร้างแก่นไม้พะยูนในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกับกระพี้ ต้องใช้เวลาประมาณ 30 ปี ผู้วิจัยเห็นว่าน่าจะใช้วินวินวิธีที่เป็นระบบตัดสูงให้แตกพุ่ม (pollard system) เพื่อจัดการกับการสร้างแก่นไม้พะยูนในป่าปลูก แต่การตัดลำต้นไม้พะยูนอายุมากเพื่อสร้างแก่นไม้ในเชิงเศรษฐกิจที่มีความสูง 7-10 เมตรเหนือพื้นดิน คงไม่ง่ายในทางปฏิบัติ และการตัดยอดไม้พะยูนที่มีอายุหลังปลูกประมาณ 10 ปี ซึ่งจะทำให้แตกพุ่มเรื้อนยอด และดูแลบำรุงรักษาให้ลำต้นขยายเพิ่มขึ้น โดยมุ่งหวังให้ท่อนปลายสุดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใกล้เคียง 25 เซนติเมตร

Table 7 Sapwood and heartwood proportion of 29-year-old *Dalbergia cochinchinensis* in different height levels.

Height level (m)	Diameter at end of log (cm)	Sapwood/Heartwood
1	25.50-38.30	1.17
2	24.40-34.00	1.35
3	23.70-33.80	1.41
4	23.10-30.60	1.73
5	22.20-31.00	1.62
6	21.20-29.00	1.82
7	22.00-24.60	2.01
8	18.00-26.90	2.25
9	18.10-22.40	2.47
10	16.30-24.50	3.05
11	15.50-21.90	3.77
12	16.10-19.20	3.68
13	12.60-19.30	13.22
14	12.20-18.40	27.78
15	<12.00	203.66

5. รายได้จากแก่นไม้พะยูนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 25.00 เซนติเมตร ในป่าปลูกของกรมป่าไม้

การประเมินรายได้ที่ได้จากการซื้อขายแก่นไม้พะยูนครั้งนี้ ใช้ผลผลิตที่เป็นน้ำหนักแห้งของแก่นไม้พะยูนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 25.00 เซนติเมตร ที่ปลูกด้วยระยะปลูก 4×4 เมตร ในป่าปลูกของกรมป่าไม้ เป็นตัวแทนของหมู่ไม้อายุ 29 ปี คุณด้วยราคาจำหน่ายไม้พะยูนจากป่าธรรมชาติ 300-800 บาท ต่อกิโลกรัม โดยข้อมูลจากสำนักป้องกันรักษาป่าและควบคุมไฟป่า โดยผู้วิจัยเห็นว่าหากสามารถปลูกและบำรุงรักษาทำให้ไม้พะยูนเติบโตใกล้เคียงกันและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยเท่ากับ 25.00 เซนติเมตร โดยมีอัตราการรอดตายร้อยละ 50, 60, 70, 80 และ 90 ตามลำดับ จะทำให้มีรายได้ไร่ละ 1,593,000-4,248,000, 1,911,000-5,096,000, 2,229,000-5,944,000, 2,547,000-6,792,000 และ 2,865,000-7,640,000 บาท ตามลำดับ และเฉลี่ยต่อไร่ต่อปีได้เท่ากับ 54,931-146,483, 65,897-175,724, 76,862-204,966, 87,828-234,207 และ 98,793-263,448 บาท ตามลำดับ (Table 8)

Table 8 Income for heartwood selling of 29-year-old *Dalbergia cochinchinensis* with 4x4 m in spacing in forest plantation of Royal Forest Department.

Number of tree (trees rai^{-1})	Biomass of heartwood (ton rai^{-1})	Volume of heartwood ($\text{m}^3 \text{rai}^{-1}$)	Income (Baht rai^{-1})	Average (Baht $\text{rai}^{-1}\text{year}^{-1}$)
50	5.31	5.01	1,593,000-4,248,000	54,931-146,483
60	6.73	6.01	1,911,000-5,096,000	65,897-175,724
70	7.43	7.01	2,229,000-5,944,000	76,862-204,966
80	8.49	8.01	2,547,000-6,792,000	87,828-234,207
90	9.55	9.01	2,865,000-7,640,000	98,793-263,448

Remark 1. Biomass of *Dalbergia cochinchinensis* heartwood equals 106.14 kg tree⁻¹
 2. Selling price of *Dalbergia cochinchinensis* heartwood is 300-800 Baht kg⁻¹

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การเติบโตของไม้พะยูนที่ปลูกในท้องที่ต่างกันแต่ละชั้นอายุ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น โดยเฉพาะในระยะปลูก 4x4 และ 6x6 เมตร แต่ระยะปลูก 2x4 เมตร มีแนวโน้มแตกต่างกันไม่มากนัก สำหรับความสูงทั้งหมด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นเช่นเดียวกัน โดยในแต่ละท้องที่มีความแตกต่างกัน

2. การประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินส่วนที่เป็นเปลือก กระพี้ แก่นไม้ กิ่ง และใบ ใช้ความสัมพันธ์ในรูป allometric equation ที่มีค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมดเป็นตัวแปรอิสระ โดยที่อายุ 29 ปี มีปริมาณมากกว่าที่อายุ 27 ปี คิดเป็นค่าความเพิ่มพูนรายปีของส่วนที่เป็นเปลือก กระพี้ แก่นไม้ กิ่ง และใบ เท่ากับ 0.0163, 0.1221, 0.1531, 0.0996 และ 0.0009625 ต้นต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ส่วนมวลชีวภาพเหนือพื้นดินส่วนที่เป็นเปลือก กระพี้ แก่นไม้ กิ่ง และใบพะยูนอายุ 29 ปี มีค่าเท่ากับ 2.1777, 15.7213, 5.3462, 7.1259 และ 0.3482 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ ในส่วนของการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินส่วนที่เป็นเปลือก กระพี้ แก่นไม้ กิ่ง และใบพะยูนอายุ 29 ปี มีค่าเท่ากับ 1.007, 7.662, 2.873, 3.339 และ 0.174 ต้นคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ รวมทั้งหมด 15.055 ต้นคาร์บอนต่อไร่ หรือมีการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ไว้เท่ากับ 55.202 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่

3. ไม้พะยูนอายุ 29 ปี ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 25.00, 27.90 และ 36.60 เซนติเมตร มีปริมาณแก่นไม้ระหว่างร้อยละ 24.59- 29.76 ของน้ำหนักแห้งลำต้นทั้งหมด

4. ปริมาณแก่นไม้พะยูนมีมากที่สุดในท่อนที่ 1 (โคนต้น) ตั้งแต่ร้อยละ 40.93-46.48 ของน้ำหนักแห้งลำต้นทั้งหมด โดยมีปริมาณแก่นไม้ลดลงตามความสูงของลำต้นไม้พะยูนที่เพิ่มขึ้น

5. ปริมาณกระพี้ต่อแก่นไม้พะยูนอายุ 29 ปี ของท่อนที่ 1 (โคนต้น) มีสัดส่วนใกล้เคียงกัน และกระพี้มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามความสูงของลำต้นไม้พะยูนที่เพิ่มขึ้น โดยเป็น 2 เท่าที่ความสูง 7 เมตร และ 3 เท่าที่ความสูง 10 เมตร

6. รายได้จากแก่นไม้พะยุงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 25.00 เซนติเมตร ที่ปลูกด้วยระยะปลูก 4×4 เมตร ในป่าปลูกของกรมป่าไม้ อายุ 29 ปี เท่ากับ 1,593,000-4,248,000, 1,911,000-5,096,000, 2,229,000-5,944,000, 2,547,000-6,792,000 และ 2,865,000-7,640,000 บาทต่อไร่ เมื่อมีอัตราการรอดตายร้อยละ 50, 60, 70, 80 และ 90 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. การจัดการไม้พะยุงในป่าปลูกเพื่อเศรษฐกิจที่มีระยะปลูก 4×4 เมตร จะต้องทำให้เกิดแก่นไม้ให้มากที่สุด และตัดฟันให้ได้ที่อายุ 30 ปี น่าจะต้องใช้วินวินวิธีที่เป็นระบบตัดสูงให้แตกพุ่ม (pollard system) ดำเนินการตัดยอดไม้พะยุงที่มีอายุหลังปลูกประมาณ 10 ปี ให้มีความสูงเหนือพื้นดิน 7-10 เมตร และดูแลบำรุงรักษาให้ลำต้นขยายเพิ่มขึ้น โดยมุ่งหวังให้ท่อนปลายสุดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใกล้เคียง 25 เซนติเมตร

2. ผู้วิจัยเสนอให้ผู้สนใจที่จะปลูกไม้พะยุงไว้ใช้ประโยชน์ในช่วงเวลา 30-50 ปี ใ้กล้าไม้ที่มีพันธุ์กรรมดี โดยพิจารณาจากแม่ไม้ในถิ่นกำเนิดที่เกิดแก่นไม้มากที่อยู่ในแปลงทดสอบสายพันธุ์นี้ ซึ่งกรมป่าไม้จะสามารถผลิตกล้าไม้ทั้งที่ได้จากแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ เพื่อแจกจ่ายให้เกษตรกรและผู้สนใจในอนาคตอันใกล้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร กรมป่าไม้ และกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. 2558. คู่มือการตรวจพิสูจน์เนื้อไม้พะยุง. บริษัท วิแคนโซลูชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.
- งานคุณสมบัติและวิศวกรรมโครงสร้างไม้. 2553. คุณลักษณะของไม้ไทย. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.
- ราชบัณฑิตยสถาน. 2547. ศัพท์ป่าไม้ อังกฤษ-ไทย ไทย-อังกฤษ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. ศักดิโสภาคการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานหอพรรณไม้. 2557. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันท์ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2557. สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

ผลของระยะปลูกต่อการเติบโตและการทำลายของแมลงของพะยุง อายุ 2 ปี
ณ สถานีวนวัฒนวิจัยราชบุรี อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี

Effect of Spacings on Growth and Insect Infestation of 2-Year-old
Dalbergia cochinchinensis Pierre at Ratchaburi Silvicultural Research Station,
Pak Tho District, Ratchaburi Province

พรหทัย แสนกำแพง^{1*} สมพร แม่ลิ้ม¹ และ วาทีนี สวนผกา¹
Phornhathai Saenkamphaeng^{1*} Somporn Maelim¹ and Wathinee Suanpaga¹

¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: fong2527_67@hotmail.com

ABSTRACT

The objectives of the study aim to compare growth and infestation of insect pest in various spacings. The experimental design was using Randomized Complete Block Design with three blocks. Each block consists of three treatments (spacing) with 2x2, 2x4 and 4x4 m. Statistical analysis were used analysis of variance format, if there were significant differences Duncan's new multiple range test was used for grouping the means. The results showed that an average diameter at ground level at spacing 2x2, 2x4 and 4x4 m were 2.51, 2.52 and 2.42 cm, respectively. An average diameters at breast height were 2.31, 2.22 and 2.15 cm, respectively. Average total heights were 2.63, 2.46 and 2.46 m, respectively. The survival rate were 88.00, 90.16 and 95.00%, respectively. The infestation of insect pest at stem were 22.5, 18.66 and 15.33%, respectively. Among spacings, there were highly significant differences ($p < 0.01$) in total height and percentage of infestation by insect pest. However, this study was conducts at an early ages to conclusion effects of spacings on growth of *Dalbergia cochinchinensis* which needs more years to investigation.

Keywords: spacing, growth, insect Infestation, *Dalbergia cochinchinensis* Pierre

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการเติบโตและการเข้าทำลายของแมลงของพะยุงที่ปลูกด้วยระยะปลูกที่ต่างกัน โดยใช้การทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) โดยมี 3 บล็อก แต่ละบล็อกประกอบด้วยระยะปลูก 2x2, 2x4 และ 4x4 เมตร ทำการเก็บ

ข้อมูลทุกระยะปลูก จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และทดสอบสถิติด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) หากค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะจัดกลุ่มของค่าเฉลี่ยโดยวิธี *Duncan's new multiple range test* ผลการศึกษาพบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดินเฉลี่ยที่ระยะปลูก 2x2, 2x4 และ 4x4 เมตร เท่ากับ 2.51, 2.52 และ 2.42 เซนติเมตร ตามลำดับ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย เท่ากับ 2.31, 2.22 และ 2.15 เซนติเมตร ตามลำดับ ความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 2.63 2.46 และ 2.46 เมตร ตามลำดับ การรอดตายคิดเป็นร้อยละ 88.00, 90.16 และ 95.00 ตามลำดับ และการเข้าทำลายของด้วงหนวดยาวพะยูนคิดเป็นร้อยละ 22.50, 18.66 และ 15.33 ตามลำดับ และพบว่า ระยะปลูกมีผลต่อความสูงและการเข้าทำลายของด้วงหนวดยาวพะยูนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในช่วงที่พะยูนยังอายุน้อย จำเป็นต้องใช้เวลาอีกระยะหนึ่งในการศึกษาเพื่อสรุปผลของระยะปลูกต่อการเติบโตของพะยูนต่อไป

คำสำคัญ: ระยะปลูก การเติบโต การทำลายของแมลง พะยูน

คำนำ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ความต้องการไม้พะยูนเพิ่มสูงขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ อีกทั้งยังเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศโดยเฉพาะในประเทศจีน เวียดนาม และลาว จากการที่ไม้พะยูนมีคุณสมบัติที่ดีหลายๆ ด้าน เช่น เนื้อไม้ที่มีสีสันทดสวยงาม ชักเงาดี และมีความคงทนแข็งแรง จึงถูกนำไปใช้ประโยชน์ในลักษณะของไม้แปรรูปในการก่อสร้าง ทำเฟอร์นิเจอร์ เครื่องดนตรี และเครื่องมือต่างๆ (ราตรี, 2556) โดยเฉพาะประเทศจีน ซึ่งมีความเชื่อว่าเนื้อไม้ที่มีสีแดงเป็นมงคลจึงนิยมนำไปทำวัตถุมงคล เครื่องเรือน เครื่องใช้หรือเฟอร์นิเจอร์ภายในบ้าน เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ชุดรับแขก ฯลฯ และความเชื่อที่ว่าผู้ครอบครองไม้พะยูนจะทำให้ร่ำรวยเงินทอง เสริมดวง มีโชคลาภ ทำให้ราคาของไม้พะยูนในตลาดโลกสูงขึ้น จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาการลักลอบตัดไม้พะยูนในธรรมชาติทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้ไม้พะยูนลดปริมาณลงอย่างรวดเร็ว ประกอบกับไม้พะยูนเป็นไม้ที่มีการเติบโตค่อนข้างช้าใช้เวลามากถึงสามสิบปีจึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ทำให้ไม่ได้รับความสนใจในการปลูกสร้างสวนป่าเท่าที่ควร

การปลูกสร้างสวนป่าไม้พะยูน มีวัตถุประสงค์ทั้งในด้านการอนุรักษ์และด้านเศรษฐกิจ ด้านการอนุรักษ์การปลูกสร้างสวนป่าไม้พะยูนจะทำให้เกิดความยั่งยืนในด้านพันธุกรรม ด้านเศรษฐกิจจะเป็นการปลูกสร้างสวนป่าไม้พะยูนในเชิงพาณิชย์หรือเพื่ออุตสาหกรรม เพิ่มปริมาณและคุณภาพของไม้พะยูนให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ไม้ของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ เกิดการกระจายรายได้กระตุ้นเศรษฐกิจ เป็นการเพิ่มจำนวนไม้พะยูนให้เพียงพอต่อความต้องการและส่งเสริมอาชีพการปลูกสร้างสวนป่าให้กับเกษตรกรและผู้สนใจ แต่ปัญหาในการปลูกสร้างสวนป่าไม้พะยูนที่สำคัญ ประการหนึ่งคือ การเข้าทำลายของแมลงของไม้พะยูน โดยพบว่า แมลงศัตรูสำคัญเจาะลำต้นพะยูน (ด้วงหนวดยาวพะยูน) มีสองชนิด คือ *Aristobia horridula* (Hope) และ *Aristobia approximator* (Thomson) โดยบริเวณที่พบถูกทำลายมากที่สุดคือ ตั้งแต่จากโคนต้น โคนรากจากพื้นดินสูงขึ้นมา 50 เซนติเมตร ต้นที่ถูกทำลายหลายครั้งในบริเวณตำแหน่งเดียวกันจะมีผลกระทบกระเทือนต่อต้นไม่ทำให้ลำต้นหรือกิ่งหักโค่นได้ (วนิดา และ ลีลา, 2531)

การศึกษาลผลของระยะปลูกต่อการเติบโตและการเข้าทำลายของแมลงของไม้พะยูน อายุ 2 ปี ณ สถานีวนวัฒนวิจัยราชบุรี อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี ในครั้งนี้ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนปลูกสร้างสวนป่าไม้พะยูน พัฒนาด้านปริมาณและคุณภาพ ให้กับเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจ ส่งเสริมอาชีพให้กับ

เกษตรกรเพิ่มมูลค่าด้านเศรษฐกิจให้กับประเทศ หรือจะดำเนินการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อการอนุรักษ์ควบคู่กับด้านเศรษฐกิจ เพื่อให้เกิดความยั่งยืนตลอดไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์

1. เทปวัดระยะ (measuring tape) ขนาด 50 เมตร
2. เทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ (diameter tape)
3. ไม้วัดความสูงของต้นไม้ (measuring pole)
4. ที่คีบแมลง (forceps)
5. สมุดบันทึก อุปกรณ์เครื่องเขียนและแบบบันทึกข้อมูล (tally sheet)
6. กล้องถ่ายรูป
7. เครื่องคอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูป

2. วิธีการ

2.1 การเก็บข้อมูลและวัดการเติบโตในแปลงพะยุง อายุ 2 ปีที่มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) จำนวน 3 บล็อก แต่ละบล็อกประกอบด้วยระยะปลูก จำนวน 3 ระยะ ได้แก่ ระยะปลูก 2x2 เมตร (400 ต้นต่อไร่) ระยะปลูก 2x4 เมตร (200 ต้นต่อไร่) และระยะปลูก 4x4 เมตร (100 ต้นต่อไร่) โดยแต่ละระยะปลูกมีพื้นที่ 1 ไร่ รวมพื้นที่ทั้งหมดเป็น 9 ไร่ (Figure 1)



Figure 1 Layout of *Dalbergia cochinchinensis* that consisted of 3 spacing: 2x2, 2x4 and 4x4 m.

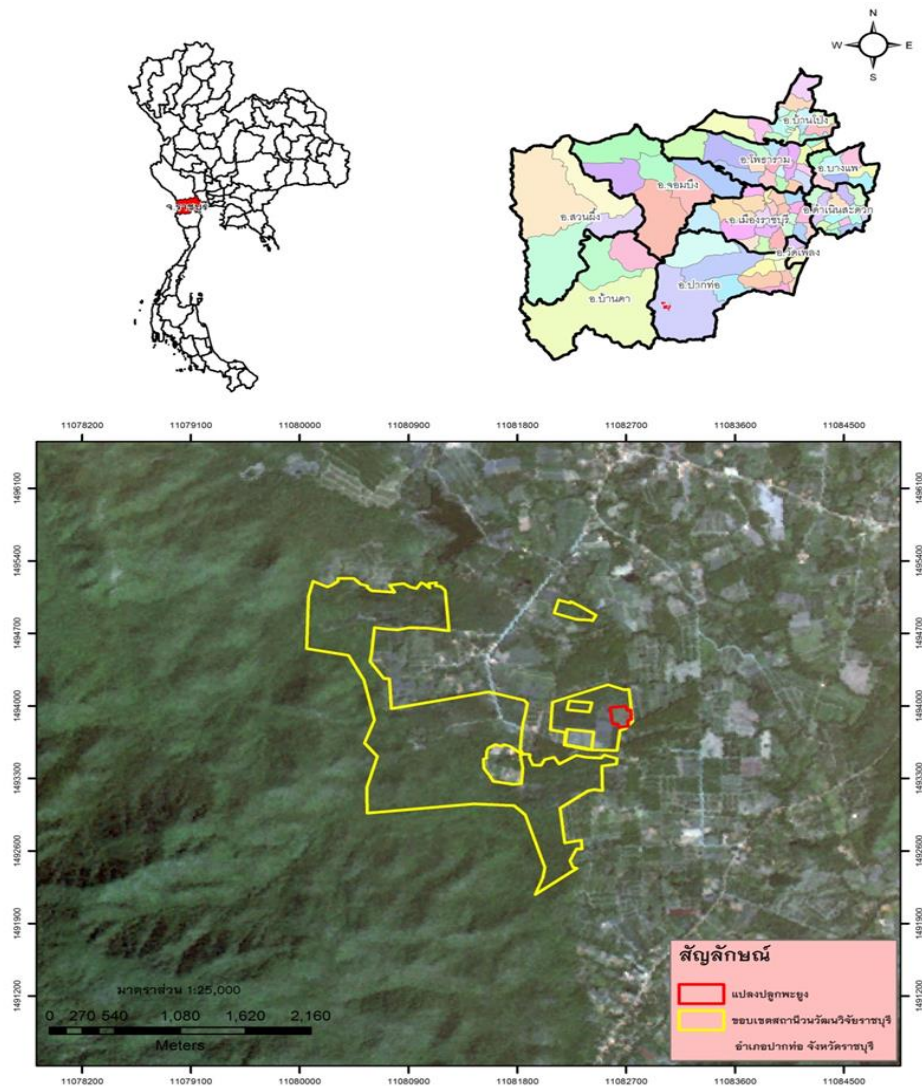


Figure 2 Study site at Ratchaburi Silvicultural Research Station, Pak Tho District, Ratchaburi province.

2.2 วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับชิดดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก วัดความสูงของไม้ทุกต้นในแปลงทดลอง นับจำนวนต้นไม้ที่รอดตายและนับจำนวนต้นไม้ที่พบการเข้าทำลายของด้วงหนวดยาวพะยูง พบการทำลายโดยมีลักษณะเจาะเป็นรูบริเวณลำต้น

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล โดยการหาค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับชิดดิน ค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ค่าเฉลี่ยของความสูง ร้อยละของการรอดตาย และร้อยละของการเข้าทำลายของด้วงหนวดยาวพะยูง (จำนวนต้นไม้ที่พบการเข้าทำลาย)

2.4 ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับชิดดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูง การรอดตาย และการเข้าทำลายของด้วงหนวดยาวพะยูง ในระยะปลูกทั้ง 3 ระยะ และวิเคราะห์หาความแปรปรวนของข้อมูล โดยการทดสอบสถิติด้วยวิธีการวิเคราะห์ความ

แปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) หากค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะจัดกลุ่มของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test

ผลและวิจารณ์

1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง

1.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับชิดดิน

จากการศึกษาการเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับชิดดินของต้นพะยูน อายุ 2 ปี พบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับชิดดินที่ระยะปลูก 2x4 เมตร จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.52 เซนติเมตร ที่ระยะปลูก 2x2 เมตร และที่ระยะปลูก 4x4 เมตร จะมีค่าเท่ากับ 2.51 เซนติเมตร และ 2.42 เซนติเมตร (Table 1) และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย พบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับชิดดินที่ปลูกด้วยระยะปลูกที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($F=1.05^{ns}$) (Table 2) อาจเนื่องจากต้นพะยูนยังมีอายุน้อยและเป็นไม้โตช้าทำให้ไม่สามารถเห็นความแตกต่างในเรื่องของระยะปลูกที่ชัดเจน

1.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก

จากการศึกษาการเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นพะยูน อายุ 2 ปี พบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ระยะปลูก 2x2 เมตร จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.31 เซนติเมตร ที่ระยะปลูก 2x4 เมตร และที่ระยะปลูก 4x4 เมตร จะมีค่าเท่ากับ 2.22 เซนติเมตร และ 2.15 เซนติเมตร (Table 1) และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย พบว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($F=2.09^{ns}$) (Table 2) และจากผลการศึกษาดังกล่าว พบว่า การเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ทุกระยะปลูก เป็นไปอย่างช้าๆ อาจเนื่องจากต้นไม้ยังมีอายุน้อย จำเป็นจะต้องตั้งตัวให้อยู่รอดก่อน จึงไม่มีการเติบโตที่เด่นชัดมาก

1.3 ขนาดความสูง

จากการศึกษาการเติบโตทางด้านความสูงของต้นพะยูน อายุ 2 ปี พบว่า ความสูงของต้นไม้ที่ระยะปลูก 2x2 เมตร จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.63 เมตร ที่ระยะปลูก 2x4 เมตร และที่ระยะปลูก 4x4 เมตร จะมีค่าเท่ากับ 2.46 เมตร และ 2.46 เมตร (Table 1) และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F=6.93^{**}$) (Table 2) จากผลการศึกษาการเติบโตทางด้านความสูง จะเห็นได้ว่าระยะปลูกที่แคบจะมีค่าเฉลี่ยของการเติบโตทางด้านความสูงสูงสุด การเติบโตทางด้านความสูงเป็นไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากต้นไม้ที่มีอายุน้อยจะเกิดการแก่งแย่งในการรับแสงสว่างเพื่อให้เกิดการเติบโต และแตกเรือนยอด เมื่อต้นพะยูน มีอายุ 1-2 ปี จะมีความสูง 1.1-2.1 เมตร และเมื่ออายุ 4 ปี ที่ระยะปลูก 2x2 เมตร จะมีความสูงถึง 4.4 เมตร (อนันต์ และคณะ, 2531)

1.4 การรอดตาย

จากการศึกษาการรอดตายของต้นพะยูน อายุ 2 ปี พบว่า การรอดตายเฉลี่ยที่ระยะปลูก 4x4 เมตร จะมีค่าเฉลี่ยการรอดตายคิดเป็นร้อยละ 95.00 ที่ระยะปลูก 2x4 เมตร และที่ระยะปลูก 2x2 เมตร คิดเป็นร้อยละ 90.16 และร้อยละ 88.00 (Table 1) และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของการรอดตาย พบว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($F=1.85^{ns}$) (Table 2) จากผลการศึกษาดังกล่าว พบว่า ระยะปลูก 4x4 เมตร มีการรอดตายเฉลี่ยสูง อาจเกิดจากการได้รับสารอาหารและแสงสว่างที่เพียงพอต่อการเติบโต ทำให้ต้นไม้มีความแข็งแรงและเกิดการแก่งแย่งน้อยกว่าในระยะปลูกอื่นๆ ที่แคบกว่า และอาจเกิด

จากปัจจัยอื่นร่วมด้วย เช่น การเข้าทำลายของแมลง และการเกิดไฟไหม้ในแปลง เพราะปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อแปลงที่มีระยะปลูกที่แคบ กล่าวคือ ระยะปลูกที่แคบจะมีการระบาดของแมลงได้ง่ายกว่าระยะปลูกที่กว้าง เช่นเดียวกันกับการเกิดไฟไหม้ในแปลง ระยะปลูกที่แคบจะทำให้ไฟลามระหว่างต้นได้อย่างรวดเร็ว และก่อให้เกิดความเสียหายเป็นวงกว้างได้

Table 1 The average diameter at ground level, diameter at breast height, total height, survival rate and insect infestation rate of 2-year-old of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre in various spacings.

Average	Block	Spacing		
		2x2 m	2x4 m	4x4 m
Diameter at ground level (cm)	1	2.84	2.22	2.61
	2	2.05	2.61	2.45
	3	2.66	2.75	2.20
	Mean	2.51	2.52	2.42
	SD	1.05	1.05	0.96
Diameter at breast height (cm)	1	2.65	1.98	2.59
	2	1.95	2.31	2.20
	3	2.33	2.38	1.68
	Mean	2.31	2.22	2.15
	SD	1.01	1.04	1.03
Height (m)	1	2.98	2.27	2.64
	2	2.27	2.51	2.59
	3	2.65	2.60	2.16
	Mean	2.63 ^a	2.46 ^b	2.46 ^b
	SD	0.94	0.92	0.83
Survival (%)	1	80	89.5	89.5
	2	88	90.5	90.5
	3	96	90.5	90.5
	Mean	88	90.16	95
	SD	8	0.57	0.57
infestation (%)	1	20.5	18.5	15
	2	22.5	18.5	16
	3	24.5	19	15
	Mean	22.5 ^a	18.66 ^b	15.33 ^b
	SD	2	0.28	0.57

Table 2 ANOVA of average diameter at ground level, diameter at breast height, total height, survival rate and insect infestation rate of 2-year-old of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre at various spacings.

	Source	df	SS	MS	F	P-value
Diameter at ground level (cm)	Block	2	50.433	25.217	23.92**	<.0001
	spacing	2	2.209	1.104	1.05 ^{ns}	0.351
	Error	1872	1973.272	1.054		
Diameter at Breast height (cm)	Block	2	33.904	16.952	16.37**	<.0001
	spacing	2	6.004	3.002	2.90 ^{ns}	0.055
	Error	1684	1743.472	1.035		
Height (m)	Block	2	32.670	16.335	19.58**	<.0001
	spacing	2	11.561	5.780	6.93**	0.001
	Error	1873	1562.886	0.834		
Survival (%)	Block	2	59.556	29.778	1.43 ^{ns}	0.339
	spacing	2	77.056	38.528	1.85 ^{ns}	0.269
	Error	4	83.111	20.778		
infestation (%)	Block	2	3.500	1.750	1.31 ^{ns}	0.364
	spacing	2	77.167	38.583	28.94**	0.004
	Error	4	5.333	1.333		

Note: ns Not significant ** significant at $p < 0.01$

2. การเข้าทำลายของด้วงหนวดยาวพะยูน

จากการศึกษาการเข้าทำลายของด้วงหนวดยาวพะยูนในแปลงปลูกพะยูน อายุ 2 ปี พบว่า การเข้าทำลายของด้วงหนวดยาวพะยูนที่ระยะปลูก 2x2 เมตร จะมีค่าเฉลี่ยการเข้าทำลายสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 22.50 ที่ระยะปลูก 2x4 เมตร และที่ระยะปลูก 4x4 เมตร คิดเป็นร้อยละ 18.66 และร้อยละ 15.33 (Table 1) และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของการเข้าทำลายของด้วงหนวดยาวพะยูน พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F=28.94^{**}$) (Table 2) จากผลการศึกษาดังกล่าว พบว่า การเข้าทำลายของแมลงศัตรูเจาะลำต้นพะยูน ในช่วงที่ต้นพะยูนอายุน้อย (1-2 ปี) ระยะปลูกที่แคบจะมีค่าเฉลี่ยของการเข้าทำลายของแมลงศัตรูเจาะลำต้นพะยูนที่สูง อาจเกิดจากระยะปลูกที่แคบ ต้นไม้มีความชิดกัน แมลงสามารถทำลายจากต้นสู่ต้นได้ง่าย ดังที่ สุธรรม (2524) ได้กล่าวถึงสาเหตุการระบาดของศัตรูพืชว่า เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพในแปลงปลูกพืชให้เหมาะแก่การเพาะพันธุ์และแพร่พันธุ์ของศัตรูพืชนั้นๆ เช่น ระยะระหว่างแถวที่ชิดเกินไป ทำให้เกิดการระบาดของศัตรูพืชจากต้นสู่ต้นแปลงสู่แปลงได้อย่างรวดเร็ว

3. ระยะปลูกที่เหมาะสมต่อการปลูกสร้างสวนป่าพะยูน

ผลการศึกษาการเติบโตและการเข้าทำลายของแมลงของพะยูน อายุ 2 ปี ณ สถานีวนวัฒนวิจัยราชบุรี อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี ที่ปลูกด้วยระยะปลูกต่างๆ จะเห็นได้ว่าการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับขีดดิน การเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และการรอดตายนั้น ไม่

แตกต่างกัน มีเพียงการเติบโตทางด้านความสูง และการเข้าทำลายของแมลงของพะยูนเท่านั้น ที่มีความแตกต่างกัน จึงไม่สามารถสรุปได้ว่า ระยะปลูกใดที่เหมาะสมต่อการปลูกสร้างสวนป่าพะยูน ซึ่งอาจเกิดจากจำนวนแปลงทดลองที่มีน้อยเกินไป ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาการเติบโตของพะยูน อายุ 2 ปี ที่ปลูกด้วยระยะปลูกทั้ง 3 ระยะ พบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับชิดดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และการรอดตาย ที่ปลูกด้วยระยะปลูกที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีเพียงขนาดความสูง และการเข้าทำลายของด้วงหนวดยาวพะยูนเท่านั้นที่เมื่อทดสอบทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากข้อมูลดังกล่าว จึงไม่สามารถสรุปได้ว่า ระยะปลูกใดที่เหมาะสมต่อการปลูกสร้างสวนป่าพะยูน ซึ่งอาจเกิดจากจำนวนแปลงทดลองที่มีน้อยเกินไป ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ควรมีการเพิ่มแปลงทดลองหรือศึกษาพะยูนในช่วงอายุอื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อสามารถหาระยะปลูกที่เหมาะสมได้ การศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นเพียงส่วนหนึ่งของการปลูกสร้างสวนป่าพะยูนในช่วงอายุแรกของการตั้งไม้ ซึ่งทำให้ผู้ที่ดำเนินการปลูกสร้างสวนป่าได้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเติบโตที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณ คุณภาพ และการดำเนินการปลูกสร้างสวนป่าไม้พะยูน

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มจำนวนแปลงทดลอง เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดในการสรุปผลและไม่ใช่เป็นที่เชื่อถือในการวิเคราะห์ทางสถิติ
2. เพื่อลดการกระจายของแมลงศัตรูพืชไม่ให้เกิดความเสียหายแก่ต้นไม้ในการปลูกสร้างสวนป่า อาจมีการกำจัดแมลงศัตรูพืชโดยใช้สารเคมีที่เหมาะสม หรือการปลูกพืชชนิดอื่นผสมผสานเพื่อลดการแพร่กระจายพันธุ์ของแมลงศัตรูพืช และลดความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชแปลงปลูกได้
3. การบำรุงรักษาต้นไม้ หรือการใช้เทคนิคทางระบบวนวัฒน นับว่ามีความสำคัญมากต่อการเติบโตของต้นไม้ เช่น การตัดแต่งรูปทรงของต้นไม้ที่มีการแตกกอหรือกิ่งมากเกินไป จะช่วยลดการแก่งแย่งของต้นไม้ในต้นเดียวกันและระหว่างต้น ส่งผลให้ต้นไม้มีอัตราการรอดตายสูงและมีการเติบโตที่ดีขึ้น นอกจากนี้ ควรดูแลกำจัดวัชพืชที่ปกคลุมดินและไม้เลื้อยต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ เพื่อช่วยเหลือการเติบโตของต้นไม้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษาวิจัยขอกราบขอบพระคุณ หัวหน้าสถานีวิจัยวนวัฒนวิทยาชาบุรี และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัย ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ครูอาจารย์ ผู้บังคับบัญชา รวมทั้งพี่น้องและเพื่อนๆ ทุกท่าน ที่คอยเป็นกำลังใจให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้จนเสร็จเรียบร้อย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ราตรี อยู่เย็น. 2556. การประเมินความหลากหลายและโครงสร้างทางพันธุกรรมของไม้พะยุง (*Dalbergia cochinchinensis* Pierre) โดยใช้ข้อมูลดีเอ็นเอของคลอโรพลาสต์จีโนม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วนิดา สุบรรณเสถียร และ ลีลา กัญจนันท์. 2531. แผลงศัตรูสำคัญเจาะลำต้นพะยุง, น. 47-56. ใน รายงานการวิจัยของป่า เลขที่ ร. 292. ฝ่ายวิจัยของป่า กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- สุธรรม อารีกุล. 2524. แผลงศัตรูสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อนันต์ สอนง่าย, ไพศาล กุลยรัตน์, ทินกร วุฒิจารณ, สุทัศน์ อีร์วัฒน์, รัตนะ ไทงาม, คณิงกิจ ลิ้มตระกูล, สุคนธ์ สิมศิริ และ สุเมธ ศิริลักษณ์. 2531. แผลงสาธิตการปลูกสร้างสวนป่า, น. 225-240. ใน การสัมมนาทางวนวัฒนวิทยาครั้งที่ 4. 18-22 มกราคม 2531 ณ เมืองพัทยา, ชลบุรี. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ผลของระยะปลูกต่อการเติบโตและมวลชีวภาพของประดู่ป่า อายุ 22 ปี
ณ สถานีวนวัฒนวิจัยราชบุรี อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี

Effect of Spacing on Growth and Biomass of 22-year-old
Pterocarpus macrocarpus Kurz at Ratchaburi Silvicultural Research Station,
Pak Tho District, Ratchaburi Province

ราตรี บุญรอด^{1*} วาทีณี สวนผกา¹ สมพร แม่ลิ้ม¹
Ratree Boonrod^{1*} Wathinee Suanpaga¹ and Somporn Maelim¹

¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: ratree67@hotmail.com

ABSTRACT

The results found that the average survival percentage of 22-year-old *P. macrocarpus* at 2x2, 2x4, 4x4 and 4x8 m spacings was 58.50, 56.00, 62.00, and 69.00%, respectively, the tree density was 234, 112, 62, and 34 trees/rai, respectively, the diameter at breast height over bark (DBH) was 14.07, 13.24, 15.57, and 17.14 cm, respectively, the bole height (Hb) was 4.71, 4.14, 3.44, and 2.90 m, respectively, the crown width was 11.49, 13.17, 18.80, and 21.19 m², respectively, the axis persistence score was 2.44, 2.32, 2.11, and 1.81, respectively, The Hb score was 1.88, 1.75, 1.42 and 1.24, respectively, the branch thickness score was 2.10, 2.04, 2.01, and 1.94, respectively, the stem volume was 31.74, 13.19, 11.13, and 6.84 m³/rai, respectively, and the aboveground biomass was 15,918.14, 6,595.05, 5,702.54, and 3,497.01 kg/rai, respectively. The different spacings were highly significantly different ($p < 0.01$) with regard to DBH, density, Hb, crown width, axis persistence, branch thickness, stem volume, and aboveground biomass. It can be concluded that the suitable spacing for *P. macrocarpus* plantation is 2x2 m.

Keywords: spacing, growth, biomass, *Pterocarpus macrocarpus* Kurz

บทคัดย่อ

ผลการศึกษาประดู่ป่า อายุ 22 ปี ที่ปลูกด้วยระยะปลูกทั้ง 4 ระยะ พบว่า การรอดตายเฉลี่ยที่ระยะปลูก 2x2, 2x4, 4x4 และ 4x8 เมตร เท่ากับร้อยละ 58.50, 56.00, 62.00 และ 69.00 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของต้นไม้ เท่ากับ 234, 112, 62 และ 34 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลางเพียงอก เท่ากับ 14.07, 13.24, 15.57 และ 17.14 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้นถึงกิ่งสดกิ่งแรก เท่ากับ 4.71, 4.14, 3.44 และ 2.90 เมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยพื้นที่ปกคลุมเรือนยอด เท่ากับ 11.49, 13.17, 18.80 และ 21.19 ตารางเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยคะแนนลักษณะการแตกกางของลำต้น เท่ากับ 2.44, 2.32, 2.11 และ 1.81 คะแนน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยคะแนนความสูงของลำต้นถึงกิ่งสดกิ่งแรก เท่ากับ 1.88, 1.75, 1.42 และ 1.24 คะแนน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยขนาดของกิ่งสดกิ่งแรก เท่ากับ 2.10, 2.04, 2.01 และ 1.94 คะแนน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยปริมาตรไม้ต่อไร่ เท่ากับ 31.74, 13.19, 11.13 และ 6.84 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินต่อไร่ เท่ากับ 15,918.14, 6,595.05, 5,702.54 และ 3,497.01 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยพบว่าระยะปลูกมีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความหนาแน่นของต้นไม้ ความสูงถึงกิ่งสดกิ่งแรก พื้นที่การปกคลุมเรือนยอด การแตกกาง ความสูงถึงกิ่งสดกิ่งแรก ขนาดของกิ่งสดกิ่งแรก ปริมาตรไม้ และมวลชีวภาพของประดู่ป่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ดังนั้นระยะปลูกที่เหมาะสมในการปลูกสร้างสวนป่าประดู่ป่ามากที่สุด คือ ระยะปลูก 2x2 เมตร

คำสำคัญ: ระยะปลูก การเติบโต มวลชีวภาพ ประดู่ป่า

คำนำ

ประเทศไทยในอดีตมีทรัพยากรป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ แต่จากการเพิ่มขึ้นของประชากรประกอบกับการเติบโตทางเศรษฐกิจและเทคโนโลยีทำให้มีการขยายพื้นที่ก่อสร้างอาคารที่อยู่อาศัยเขตอุตสาหกรรม และพื้นที่การเกษตรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้พื้นที่ป่าไม้ถูกบุกรุกทำลายลงอย่างรวดเร็ว และเกิดการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ ส่งผลกระทบต่อความสมดุลตามธรรมชาติของระบบนิเวศ เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ภัยพิบัติทางธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ปัญหาทรัพยากรเสื่อมโทรม จนในปี พ.ศ. 2532 ได้มีการประกาศยกเลิกสัมปทานการทำไม้ในป่าบกทั้งหมด ทำให้เกิดความขาดแคลนไม้ใช้สอยภายในประเทศ จนต้องมีการนำเข้าไม้จากต่างประเทศมาใช้ประโยชน์ (กรมป่าไม้, 2557) ต่อมาจึงได้มีการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อเป็นแหล่งวัตถุดิบไม้ใช้สอยภายในประเทศ และเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ในการปลูกสร้างสวนป่าต้องใช้ระยะเวลานานและมีการลงทุนสูงกว่าจะได้รับผลตอบแทน ทำให้ผู้ลงทุนปลูกสร้างสวนป่าขาดความเชื่อมั่นที่จะลงทุนปลูกสร้างสวนป่า การส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าจึงต้องมีข้อมูลที่แสดงผลผลิตที่เชื่อถือได้ เพื่อใช้จัดการปลูกสร้างสวนป่าให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้ ซึ่งการกำหนดระยะปลูกถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญและมีผลอย่างมากต่อการเติบโต รูปทรง และคุณภาพของเนื้อไม้ ระยะปลูกที่เหมาะสมกับชนิดพันธุ์ไม้และสภาพท้องถิ่น จึงมีผลต่อความสำเร็จในการปลูกสร้างสวนป่า

ประดู่ป่าเป็นไม้มีค่าทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ซึ่งได้รับความสนใจจากผู้ปลูกสร้างสวนป่า เนื่องจากเนื้อไม้มีความคงทนสวยงาม เติบโตได้ดีพอสมควร และทนต่อสภาพความแห้งแล้งได้ดี (กรมป่าไม้, 2553) การส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าประดู่ จึงควรมีข้อมูลด้านการเติบโต ผลผลิต และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ที่ปลูกในสวนป่า ภายใต้ระยะปลูกที่ใช้ต่างกันว่ามีลักษณะของต้นไม้อย่างไรและในการจัดการสวนป่าควรจะใช้ระยะปลูกเท่าใด จึงจะเหมาะสมที่สุดในการกำหนดระยะการปลูกที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ปลูกสวนป่า เพื่อเป็นข้อมูลในการเผยแพร่และส่งเสริมสนับสนุนในการปลูกสวนป่าประดู่ป่าให้ประสบผลสำเร็จต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บข้อมูลและวัดการเติบโต

ทำการสำรวจเก็บข้อมูลไม้ในแปลงประดู่ป่า อายุ 22 ปี ประกอบด้วยระยะปลูก 4 ระยะ คือ ระยะปลูก 2x2, 2x4, 4x4 และ 4x8 เมตร ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ระยะปลูกละ 8 ซ้ำ จำนวนต้นไม้ในแต่ละซ้ำมีจำนวน 25 ต้น ทำการสำรวจนับจำนวนต้นไม้ และวัดการเติบโต โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูงทั้งหมด ความสูงถึงกิ่งสดกิ่งแรก และความกว้างของเรือนยอด

2. การประเมินรูปทรงของประดู่ป่า

ทำการศึกษาลักษณะรูปทรงของประดู่ป่า (ลักษณะลำต้น การแตกนาง ความสูงของลำต้นถึงกิ่งสดกิ่งแรก ขนาดของกิ่งสดกิ่งแรก การแตกกิ่ง ลักษณะของเรือนยอด และสุขภาพ) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังรายละเอียดตาม Table 1

Table 1 Score for tree form evaluation of *Pterocarpus macrocarpus* Kurz.

Tree form	Score		
	1	2	3
1. Stem characteristics			
1.1 A crooked Stem	very crooked (4 or more serious bends)	slightly crooked (2-3 serious bends)	completely straight (1 serious bends or completely straight)
1.2 Axis persistence	axis persistence had ≤ 1.30 m above ground	axis persistence had 1.30 -3.00 m above ground	axis persistence had >3.00 m. above ground
2. Bole height	bole height had $< \frac{1}{2}$ tree height	bole height had $\frac{1}{2}$ tree height	bole height had $> \frac{1}{2}$ tree height
3. Branch thickness	branch thickness had $> \frac{1}{2}$ adjacent stem	branch thickness had $\frac{1}{2}$ adjacent stem	branch thickness had $< \frac{1}{2}$ adjacent stem
4. Branch angle	branch angle had < 45 degrees	branch angle had 45 degrees	branch angle had > 45 degrees
5. Tree crowns	tree crowns had crown asymmetry	tree crowns had crown symmetry	-
6. Health	increase infestation of pests and diseases (4 or more lesion)	moderate infestation of pests and diseases (2-3 lesion)	decrease infestation of pests and diseases (1 lesion or complete)

3. การสร้างสมการประมาณหาปริมาตรลำต้นและมวลชีวภาพ

1. ทำการจัดชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้ในแปลงทั้งหมด เพื่อเป็นตัวแทนของชั้นเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกแต่ละชั้นที่มีขนาดกระจายจากเล็กไปใหญ่ เลือกต้นไม้ที่มีขนาดใกล้เคียงกับค่ากลางของแต่ละชั้นเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเพื่อเป็นตัวแทนของหมู่ไม้ที่จะทำการตัด

2. ทำการหมายต้นไม้ที่เป็นตัวแทนในแต่ละขนาดชั้น จากนั้นทำการตัดไม้เพื่อเป็นตัวอย่างชั้นละ 1 ต้นโดยการตัดไม้ที่ระดับชิดดิน ทำการวัดไม้ และบันทึกข้อมูลไม้ตัวอย่างแต่ละต้นดังนี้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน (D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 0.30 เมตร (D_{30}) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความสูงทั้งหมด (Ht) และความสูงถึงกิ่งสัดกิ่งแรก (Hb)

3. คำนวณหาปริมาตรลำต้นของไม้ตัวอย่าง โดยใช้การคำนวณปริมาตรทรงกระบอก คำนวณปริมาตรลำต้นแยกทีละท่อนๆ ละ 1 เมตร ดังสูตร (1) แล้วนำปริมาตรของทุกช่วงมารวมกันเป็นปริมาตรของลำต้นทั้งต้น

$$\text{ปริมาตรไม้ท่อน} = \frac{1}{2} (BA_1 + BA_2) \times L \quad (1)$$

เมื่อ BA_1 = พื้นที่หน้าตัดที่โคนท่อน (ตารางเมตร)

BA_2 = พื้นที่หน้าตัดที่ปลายท่อน (ตารางเมตร)

L = ความยาวของท่อนไม้ (เมตร)

4. ตัดท่อนส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ จากต้นไม้ โดยลำต้นตัดเป็นท่อนๆ ละ 1 เมตร จนถึงปลายยอด ทำการวัดและบันทึกข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นทุกๆ 1 เมตร

5. ชั่งน้ำหนักสดของส่วนต่างๆ คือ ลำต้น กิ่ง และใบ แล้วรวมน้ำหนักสดของแต่ละส่วน เก็บตัวอย่างของลำต้น กิ่ง และใบ โดยการสุ่มมาชั่งน้ำหนักสดของตัวอย่าง จากนั้นนำมาอบเพื่อหาน้ำหนักแห้งในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณร้อยละของความชื้น จากสูตร (2) และ (3) ด้านล่าง เพื่อนำไปคำนวณน้ำหนักแห้งทั้งหมดของต้นไม้ จากนั้นจึงเปลี่ยนค่าน้ำหนักสดของต้นไม้ทั้งหมดเป็นมวลชีวภาพต่อไป

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{น้ำหนักกอบแห้ง} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสด}}{100 + \text{ร้อยละความชื้น}} \quad (3)$$

6. สร้างสมการที่ใช้ประมาณมวลชีวภาพและปริมาตรลำต้นจากความสัมพันธ์ในรูปแอลโลเมตริกของ Kira and Shidei (1967) ดังสูตร

$$Y = aX^b \quad (4)$$

เมื่อ Y คือ ปริมาณมวลชีวภาพส่วนต่างๆ หรือปริมาตรลำต้นของไม้ตัวอย่าง

X คือ ค่าตัวแปรอิสระ ได้แก่ DBH^2Ht ของไม้ตัวอย่าง

a และ b คือ ค่าคงที่ของสมการ

เลือกสมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณกับความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (DBH^2Ht) เป็นตัวแปรอิสระ (X) และใช้ค่า Ws , Wb , Wl , Wab และ Vs เป็นตัวแปรตาม (Y) โดยตัวแปรอิสระ (DBH) เป็นตัวแปรอิสระที่สามารถหาได้ง่ายและสะดวกต่อการปฏิบัติงาน และการนำค่าความสูงทั้งหมดของลำต้น (Ht) มาเป็นตัวแปรร่วม จะทำให้การประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพและปริมาตรลำต้นได้ถูกต้อง เนื่องจากจะช่วยลดความแปรปรวนของข้อมูลได้ และยังสามารถนำสมการนี้ไปคำนวณกับไม้ชนิดเดียวกัน แต่ปลูกในพื้นที่อื่นได้ด้วย เนื่องจากความสูงของต้นไม้มักจะขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่ หรือชั้นคุณภาพพื้นที่ (site index) (ชิงชัย, 2546)

4. การประมาณปริมาตรลำต้น และมวลชีวภาพ

นำสมการแอลโลเมตริกที่ได้จากความสัมพันธ์ข้างต้นประมาณค่าปริมาตรลำต้นและมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของต้นไม้ คือ ลำต้น กิ่ง ใบ เป็นรายต้น และประมาณค่าปริมาตรและมวลชีวภาพของแปลงตัวอย่างจากผลรวมของปริมาตรและมวลชีวภาพรายต้น จากนั้นวิเคราะห์เป็นปริมาตรและมวลชีวภาพต่อหน่วยพื้นที่ (กิโลกรัมต่อไร่)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำค่าการเติบโต มวลชีวภาพ ปริมาตร และคะแนนการประเมินรูปทรงมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) โดยใช้แผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test

ผลและวิจารณ์

1. การเติบโตของหนุ่ไม้

1.1 ความหนาแน่นของต้นไม้ พบว่า ประดู่ป่า อายุ 22 ปี ที่ปลูกในทุกระยะปลูก มีความหนาแน่นของต้นไม้เฉลี่ยเท่ากับ 110 ต้นต่อไร่ ที่ระยะปลูก 2x2 เมตร มีค่าความหนาแน่นของต้นไม้สูงที่สุด 234 ต้นต่อไร่ ระยะปลูก 2x4 เมตร มีค่าความหนาแน่นของต้นไม้ 112 ต้นต่อไร่ ระยะปลูก 4x4 เมตร มีค่าความหนาแน่นของต้นไม้ 62 ต้นต่อไร่ และระยะปลูก 4x8 เมตร มีค่าความหนาแน่นของต้นไม้ต่ำที่สุด 34 ต้นต่อไร่ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความหนาแน่นของต้นไม้เฉลี่ย พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 2) เนื่องมาจากความหนาแน่นหรือจำนวนต้นของต้นไม้ต่อหน่วยพื้นที่มีความสัมพันธ์กับระยะปลูกหรือระยะห่างระหว่างต้น ซึ่งสอดคล้องกับ Kittredge (1948) ที่ว่า ความหนาแน่นต่อพื้นที่ของหนุ่ไม้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดพันธุ์ไม้ สภาพท้องที่ ลักษณะการเติบโต การรอดตาย การปฏิบัติทางวนวัฒน เป็นต้น

1.2 การรอดตาย พบว่า ประดู่ป่า อายุ 22 ปี ที่ปลูกในทุกระยะปลูก มีการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 61.38 ที่ระยะปลูก 4x8 เมตร มีค่าสูงที่สุดร้อยละ 69.00 ระยะปลูก 4x4 เมตร มีค่าร้อยละ 62.00 ระยะปลูก 2x2 เมตร มีค่าร้อยละ 58.50 และระยะปลูก 2x4 เมตร มีค่าต่ำที่สุด ร้อยละ 56.00 ซึ่งจะเห็นได้ว่า การรอดตายเฉลี่ยของประดู่ป่าแตกต่างกันไม่มากนัก จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการรอดตายเฉลี่ย พบว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 2) เนื่องมาจากอัตราการรอดตายมีปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่ออัตราการรอดตายของประดู่ป่าที่อยู่ในพื้นที่ปลูกเดียวกันจึงไม่มีความแตกต่าง

Table 2 Average of tree density, survival, diameter at breast height, boleheight and crown width of 22-year-old *Pterocarpus macrocarpus* Kurz at different spacings.

spacing (m)	average				
	tree density (trees rai^{-1})	survival (percentage)	diameter at breast height (cm)	bole height (m)	crown cover (m^2)
2x2	234.00 $\pm$ 31.93 ^a	58.50 $\pm$ 7.98	14.07 $\pm$ 3.93 ^{cb}	4.71 $\pm$ 0.81 ^a	11.49 $\pm$ 2.50 ^b
2x4	112.00 $\pm$ 22.22 ^b	56.00 $\pm$ 11.11	13.24 $\pm$ 4.36 ^c	4.14 $\pm$ 0.62 ^a	13.17 $\pm$ 2.83 ^b
4x4	62.00 $\pm$ 15.57 ^c	62.00 $\pm$ 15.57	15.57 $\pm$ 6.28 ^{ab}	3.44 $\pm$ 0.46 ^b	18.80 $\pm$ 3.84 ^a
4x8	34.50 $\pm$ 5.83 ^d	69.00 $\pm$ 11.66	17.14 $\pm$ 5.15 ^a	2.90 $\pm$ 0.38 ^b	21.19 $\pm$ 4.66 ^a
average	110.63 $\pm$ 80.24	61.38 $\pm$ 12.34	15.00 $\pm$ 6.72	3.80 $\pm$ 0.90	16.16 $\pm$ 5.26
p-value	0.000**	0.169 ^{ns}	0.000**	0.000**	0.000**

Remarks ** = highly significant differences at $p < 0.01$, ^{ns} = non-significant ($p > 0.05$), Mean followed by the same letter within each column were significant different (DMRT = 0.05)

1.3 การเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก พบว่า ประดู่ป่า อายุ 22 ปี ที่ปลูกในทุกระยะปลูก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.00 เซนติเมตร โดยระยะปลูก 4x8 เมตร มีค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกสูงที่สุด เท่ากับ 17.14 เซนติเมตร ระยะปลูก 4x4 เมตร มีค่าเท่ากับ 15.57 เซนติเมตร ระยะปลูก 2x2 เมตร มีค่าเท่ากับ 14.07 เซนติเมตร และระยะปลูก 2x4 เมตร มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 13.24 เซนติเมตร ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของประดู่ป่าที่ปลูกด้วยระยะปลูกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับ ชิงชัย (2546) ที่กล่าวว่า ความโตของต้นไม้จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นหรือระยะปลูก โดย Barnes (1955) กล่าวว่า ค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของลำต้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นของหมู่ไม้ลดลง เนื่องจากเมื่อระยะปลูกกว้างขึ้นทำให้ต้นไม้ได้รับปัจจัยด้านต่างๆ มากขึ้น เช่น แสงสว่าง สารอาหาร ทำให้ค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นเพิ่มขึ้น

1.4 การเติบโตทางความสูง พบว่า ประดู่ป่า อายุ 22 ปี ที่ปลูกในทุกระยะปลูก มีค่าความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 10.80 เมตร โดยที่ระยะปลูก 4x8 เมตร มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 11.23 เมตร ระยะปลูก 4x4 เมตร มีค่าเท่ากับ 10.99 เมตร ระยะปลูก 2x2 เมตร มีค่าเท่ากับ 10.83 เมตร และระยะปลูก 2x4 เมตร มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 10.16 เมตร จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยความสูง พบว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับความเห็นของ Braathe (1952) ที่กล่าวว่า ยังไม่สามารถชี้ได้ชัดเจนว่าความสูงของต้นไม้จะแปรผันหรือสัมพันธ์กับระยะห่างระหว่างต้น และ ชิงชัย (2546) ที่กล่าวว่า ความสูงของต้นไม้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่หรือชั้นคุณภาพพื้นที่ (site index)

1.5 ความสูงของลำต้นถึงกิ่งสัดกิ่งแรก พบว่า ประดู่ป่า อายุ 22 ปี ที่ปลูกในทุกระยะปลูก มีค่าความสูงของลำต้นถึงกิ่งสัดกิ่งแรกเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 เมตร โดยระยะปลูก 2x2 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 4.71 เมตร ระยะปลูก 2x4 เมตร มีค่าเท่ากับ 4.14 เมตร ระยะปลูก 4x4 เมตร มีค่าเท่ากับ 3.44 เมตร และที่ระยะปลูก 4x8 เมตร มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 2.90 เมตร จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้นถึงกิ่งสัดกิ่งแรกของประดู่ป่า พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 2)

เนื่องมาจากระยะปลูกที่แคบ จะทำให้หมูไม่มีการแย่งชิงกันทางด้านความสูงในช่วงแรก จึงมีการแตกกิ่งในระดับที่สูงกว่าหมูไม้ที่ปลูกระยะกว้างกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ Braathe (1952) ที่กล่าวว่า ต้นไม้ที่ปลูกด้วยความหนาแน่นมาก จะมีกิ่งขนาดเล็กและความเรียวน้อย ระยะปลูกที่ห่างขึ้นจะทำให้คุณภาพไม้ซุงลดลง เนื่องจากมีปมปมที่เกิดจากกิ่งก้าน

1.6 การปกคลุมเรือนยอด พบว่า ประดู่ป่า อายุ 22 ปี ที่ปลูกในทุกระยะปลูก มีค่าการปกคลุมเรือนยอดเฉลี่ยเท่ากับ 16.16 ตารางเมตร โดยระยะปลูก 4x8 เมตร มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 21.19 ตารางเมตร ระยะปลูก 4x4 เมตร มีค่าเท่ากับ 18.80 ตารางเมตร ระยะปลูก 2x4 เมตร มีค่าเท่ากับ 13.17 ตารางเมตร และระยะปลูก 2x2 เมตร มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 11.49 ตารางเมตร จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยพื้นที่ปกคลุมเรือนยอด พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 2) เนื่องมาจากลักษณะเรือนยอดของไม้ประดู่แผ่กิ่งก้านกว้างมากขึ้นตามระยะห่างระหว่างต้นที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ ไพโรจน์ (2511) ได้ทำการศึกษาค้นคว้าว่า เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกกับเส้นผ่านศูนย์กลางเรือนยอดของประดู่ป่าในป่าธรรมชาติ ป่าแม่หวด จังหวัดลำปาง มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

2. รูปทรงของประดู่ป่า

2.1 ลักษณะลำต้น พบว่า การคดงอของลักษณะลำต้นประดู่ป่า ในทุกระยะปลูกโดยเฉลี่ยมีความคดงอเล็กน้อย (2.07 คเซน) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคเซนการคดงอ พบว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 3) แสดงว่า ลักษณะการคดงอของลำต้น อาจเกิดเนื่องมาจากลักษณะทางพันธุกรรมของต้นไม้

2.2 การแตกนาง พบว่า ประดู่ป่าในทุกระยะปลูกโดยเฉลี่ยมีการแตกนางที่ระดับประมาณ 3 เมตร (2.17 คเซน) จะเห็นได้ว่า แปลงประดู่ป่าที่ปลูกด้วยระยะ 2x2 เมตร มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 2.44 คเซน ระยะปลูก 2x4 เมตร มีค่าเท่ากับ 2.32 คเซน ระยะปลูก 4x4 เมตร มีค่าเท่ากับ 2.11 คเซน และระยะปลูก 4x8 เมตร มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 1.81 คเซน จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การแตกนางของประดู่ป่าที่ปลูกด้วยระยะปลูกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 3) เนื่องมาจากระยะปลูกกว้างจะทำให้ต้นไม่มีการแตกนางที่ระดับน้อยกว่า 1.30 เมตร และในระยะปลูกที่แคบลง ไม่มีแนวโน้มการแตกนางในระดับที่สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากระยะปลูกที่แคบมีผลต่อการแก่งแย่งกันทางด้านความสูงในช่วงแรก จึงมีการแตกนางในระดับที่สูงกว่าหมูไม้ที่ปลูกระยะกว้าง ซึ่งมักจะแตกนางในระดับต่ำกว่า

2.3 ความสูงของลำต้นถึงกิ่งสดกิ่งแรก พบว่า ค่าคเซนความสูงของลำต้นถึงกิ่งสดกิ่งแรกของประดู่ป่าในทุกระยะปลูกโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่างความสูงน้อยกว่า $\frac{1}{2}$ ของความสูงลำต้น จนถึงที่ระดับความสูงประมาณ $\frac{1}{2}$ ของความสูงลำต้น (1.57 คเซน) จะเห็นได้ว่า แปลงประดู่ป่าที่ปลูกด้วยระยะ 2x2 เมตร มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 1.88 คเซน ระยะปลูก 2x4 เมตร มีค่าเท่ากับ 1.75 คเซน ระยะปลูก 4x4 เมตร มีค่าเท่ากับ 1.42 คเซน และระยะปลูก 4x8 เมตร มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 1.24 คเซน จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ความสูงของลำต้นถึงกิ่งสดกิ่งแรกที่ปลูกด้วยระยะปลูกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 3) เนื่องมาจากระยะปลูกที่แคบไม่มีการแก่งแย่งกันทางด้านความสูงในช่วงแรก จึงมีการแตกกิ่งในระดับที่สูงกว่าหมูไม้ที่ปลูกระยะกว้าง

2.4 ขนาดของกิ่งสดกิ่งแรก พบว่า ค่าคเซนขนาดของกิ่งสดกิ่งแรกของประดู่ป่าในทุกระยะปลูกโดยเฉลี่ยอยู่ที่ระดับขนาดความโตประมาณ $\frac{1}{2}$ ของขนาดลำต้น (2.02 คเซน) จะเห็นได้ว่า ประดู่ป่าที่ปลูกด้วยระยะ 2x2 เมตร มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 2.10 คเซน ระยะปลูก 2x4 เมตร มีค่าเท่ากับ 2.04 คเซน ระยะปลูก 4x4 เมตร มีค่าเท่ากับ 2.01 คเซน และระยะปลูก 4x8 เมตร มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 1.94 คเซน จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ขนาดของกิ่งสดกิ่งแรกที่ปลูกด้วยระยะปลูกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 3) สอดคล้องกับ Braathe (1952) ที่กล่าวว่า ต้นไม้ที่ปลูกด้วยความหนาแน่นมาก จะมีกิ่งขนาดเล็กและมีความเรียวเล็กน้อย และระยะปลูกที่ห่างขึ้นจะมีปุ่มปมที่เกิดจากกิ่งก้านทำให้คุณภาพไม้ซุงลดลง และระยะปลูกแคบจะช่วยให้ต้นไม้แตกกิ่งก้านค่อนข้างน้อย เนื้อไม้มีแผลเป็นน้อย (กรมป่าไม้, 2532)

2.5 การแตกกิ่ง พบว่า ค่าคะแนนการแตกกิ่งของประดู่ป่า ในทุกระยะปลูกโดยเฉลี่ยมีลักษณะการแตกกิ่งทำมุมประมาณ 45 องศากับลำต้น (1.97 คะแนน) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคะแนนการแตกกิ่งพบว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 3) แสดงว่า ลักษณะดังกล่าวเป็นผลมาจากลักษณะทางพันธุกรรมของต้นไม้

2.6 ลักษณะของเรือนยอด พบว่า ค่าคะแนนลักษณะของเรือนยอดของประดู่ป่า ในทุกระยะปลูกโดยเฉลี่ยมีลักษณะของเรือนยอดไม่สมมาตร (1.44 คะแนน) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคะแนนลักษณะของเรือนยอด พบว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 3) แสดงว่า ลักษณะดังกล่าวเป็นผลมาจากลักษณะทางพันธุกรรมของต้นไม้

2.7 สุขภาพ พบว่า ค่าคะแนนสุขภาพ (การเข้าทำลายของโรคและแมลง) ของประดู่ป่าในทุกระยะปลูกโดยเฉลี่ยมีการเข้าทำลายของโรคและแมลงปานกลาง (2.00 คะแนน) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคะแนนสุขภาพ พบว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 3) แสดงว่า สุขภาพ (การเข้าทำลายของโรคและแมลง) ของประดู่ป่า เป็นผลจากความต้านทานโรคและแมลงตามธรรมชาติจากลักษณะทางพันธุกรรมของต้นไม้

Table 3 Average score for tree form evaluation of 22-year-old *Pterocarpus macrocarpus* Kurz at different spacings.

spacing (m)	average score						
	Crooked stem	axis persistence	bole height	branch thickness	branch angle	tree crowns	health
2x2	2.03±0.11	2.44±0.35 ^a	1.88±0.24 ^a	2.10±0.12 ^a	1.93±0.13	1.45±0.07	2.00±0.11
2x4	2.02±0.10	2.32±0.48 ^a	1.75±0.20 ^a	2.04±0.12 ^a	1.99±0.16	1.41±0.16	2.00±0.18
4x4	2.04±0.19	2.11±0.32 ^{ab}	1.42±0.28 ^b	2.01±0.03 ^{ab}	2.01±0.04	1.49±0.16	2.02±0.24
4x8	2.20±0.15	1.81±0.28 ^b	1.24±0.19 ^b	1.94±0.06 ^b	1.97±0.05	1.42±0.10	1.99±0.17
average	2.07±0.15	2.17±0.42	1.57±0.34	2.02±0.11	1.97±0.11	1.44±0.12	2.00±0.17
p-value	0.059 ^{ns}	0.000 ^{**}	0.000 ^{**}	0.010 ^{**}	0.539 ^{ns}	0.603 ^{ns}	0.995 ^{ns}

Remark ** = highly significant differences at $p < 0.01$, ^{ns} = non-significant ($p > 0.05$), Mean followed by the same letter within each column were significant different (DMRT = 0.05)

3. สมการปริมาตรไม้และมวลชีวภาพ

3.1 สมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของลำต้นยกกำลังสองคูณกับความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (DBH^2Ht) ของไม้ตัวอย่างกับปริมาตรของไม้ตัวอย่าง โดยอาศัยรูปแบบของสมการแอลโลเมตริกพบว่า ได้สมการดังนี้

$$V = 0.0001(DBH^2Ht)^{0.9143} \quad r^2 = 0.9871 \quad (5)$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรไม้ (ลูกบาศก์เมตร) DBH คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

Ht คือ ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร) r^2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด

ซึ่งความสัมพันธ์ที่ได้นี้สอดคล้องกับความเห็นของ Kira and Shidei (1967) ที่พบว่า น้ำหนักมีความสัมพันธ์กับปริมาตร จึงให้เอาความสูงของต้นไม้มาใช้เป็นตัวแปรร่วมกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นยกกำลังสองคูณกับความสูงของต้นไม้แทนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอย่างเดียว จะช่วยให้ประมาณค่าได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น และสอดคล้องกับ ไพโรจน์ (2511) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกกับเส้นผ่านศูนย์กลางเรือนยอดความสูง และปริมาตรไม้ของประดู่ในป่าธรรมชาติแม่หวด อำเภองาว จังหวัดลำปาง พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกกับเส้นผ่านศูนย์กลางเรือนยอด ความสูง และปริมาตรไม้ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

3.2 สมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของลำต้นยกกำลังสองคูณกับความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (DBH^2Ht) ของไม้ตัวอย่างกับมวลชีวภาพของไม้ตัวอย่าง โดยอาศัยรูปแบบของสมการแอลโลเมตริกพบว่า ได้สมการดังนี้

$$Ws = 0.0289(DBH^2Ht)^{0.9298} \quad r^2 = 0.9393 \quad (6)$$

$$Wb = 0.0054(DBH^2Ht)^{1.0364} \quad r^2 = 0.9960 \quad (7)$$

$$Wl = 0.0005(DBH^2Ht)^{1.0883} \quad r^2 = 0.9934 \quad (8)$$

$$Wab = 0.0307(DBH^2Ht)^{0.9740} \quad r^2 = 0.9729 \quad (9)$$

เมื่อ Ws คือ มวลชีวภาพลำต้น (กิโลกรัม) Wb คือ มวลชีวภาพกิ่ง (กิโลกรัม) Wl คือ มวลชีวภาพใบ (กิโลกรัม) Wab คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม) r^2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด

ซึ่งความสัมพันธ์ที่ได้นี้สอดคล้องกับความเห็นของ Kira and Shidei (1967) ที่พบว่า น้ำหนักมีความสัมพันธ์กับปริมาตร การใช้ค่าความสูงทั้งหมดของลำต้น มาเป็นตัวแปรร่วม ในรูป D^2Ht จะทำให้การประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพได้ถูกต้องยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ ชิงชัย (2546) ที่กล่าวว่า การหาสมการแอลโลเมตริกที่ใช้ DBH^2Ht เป็นตัวแปรอิสระ (X) จะช่วยลดความแปรปรวนของข้อมูลได้เป็นอย่างดีเมื่อมีการศึกษารวมกันหลายๆ พื้นที่ และหลายชั้นอายุเนื่องจากความสูงของต้นไม้มักจะขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่ หรือ ชั้นคุณภาพพื้นที่ (site index) แต่ความโตของต้นไม้จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นหรือระยะปลูก

4. ปริมาณปริมาตรไม้

จากการศึกษาพบว่า ปริมาตรไม้เฉลี่ยต่อไร่ของประดู่ป่าในทุกระยะปลูกโดยเฉลี่ยเท่ากับ 15.72 ลูกบาศก์เมตร จะเห็นได้ว่า แปลงประดู่ป่าที่ปลูกด้วยระยะปลูก 2x2 เมตร มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 31.72 ลูกบาศก์เมตร ระยะปลูก 2x4 เมตร มีค่าเท่ากับ 13.19 ลูกบาศก์เมตร ระยะปลูก 4x4 เมตร มีค่าเท่ากับ 11.13 ลูกบาศก์เมตร และระยะปลูก 4x8 เมตร มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 6.84 ลูกบาศก์เมตร จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาตรไม้เฉลี่ยต่อไร่ของประดู่ป่า พบว่า ปริมาตรไม้เฉลี่ยต่อไร่ที่ปลูกด้วยระยะปลูกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 4) เนื่องจากจากระยะปลูกที่กว้างมีจำนวนต้นไม้ในพื้นที่ต่อไร่้น้อยกว่าต้นไม้ที่ปลูกด้วยระยะปลูกแคบ จึงมีผลทำให้ปริมาตรไม้เฉลี่ยต่อไร่ต่ำกว่า

5. ปริมาณมวลชีวภาพ

จากการศึกษาพบว่า มวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยต่อไร่ของประดู่ป่าในทุกระยะปลูกโดยเฉลี่ยเท่ากับ 7,928.18 กิโลกรัมต่อไร่ จะเห็นได้ว่า แปลงประดู่ป่าที่ปลูกด้วยระยะปลูก 4x8 เมตร มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 3,497.01 กิโลกรัมต่อไร่ ระยะปลูก 4x4 เมตรมีค่าเท่ากับ 5,702.54 กิโลกรัมต่อไร่ ระยะปลูก 2x4 เมตร มีค่าเท่ากับ 6,595.05 กิโลกรัมต่อไร่ และระยะปลูก 2x2 เมตร มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 15,918.14 กิโลกรัมต่อไร่ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยต่อไร่ของประดู่ป่า พบว่า มวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยต่อไร่ที่ปลูกด้วยระยะปลูกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 4) เนื่องมาจากระยะปลูกที่กว้าง มีจำนวนต้นไม้ในพื้นที่ต่อไร่ต่ำกว่าต้นไม้ที่ปลูกด้วยระยะปลูกแคบ จึงมีผลทำให้มวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยต่อไร่ต่ำกว่า

Table 4 Average score for tree form evaluation of 22-year-old *Pterocarpus macrocarpus* Kurz at different spacings.

Spacing (m)	average stem volume ($\text{m}^3 \text{rai}^{-1}$)	aboveground biomass (kg rai^{-1})
2x2	31.74±5.70 ^a	15,918.14±2,770.75 ^a
2x4	13.19±3.85 ^b	6,595.05±1,872.31 ^b
4x4	11.13±5.61 ^{bc}	5,702.54±2,945.86 ^{bc}
4x8	6.84±1.92 ^c	3,497.01±1,053.61 ^c
average	15.72±10.60	7,928.18±5,292.84
p-value	<0.01**	<0.01**

Remark ** = highly significant differences at $p < 0.01$, Mean followed by the same letter within each column were significant different (DMRT = 0.05)

6. ระยะปลูกที่เหมาะสมและแนวทางในการจัดการสวนป่าประดู่ป่า

จากการศึกษาการเติบโต รูปทรง ปริมาตร และมวลชีวภาพของประดู่ป่า อายุ 22 ปี ณ สถานีวนวัฒนวิจัยราชบุรี อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี พบว่า ประดู่ป่าที่ปลูกด้วยระยะปลูก 2x2 เมตร มีลักษณะรูปทรง ปริมาตรไม้ และมวลชีวภาพเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ (ไร่) ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ ทศพร และคณะ (2545) ที่ได้ศึกษาการเติบโตของประดู่ป่าในแต่ละระดับความหนาแน่นที่อายุ 1-9 ปี ที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ราชบุรี อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่เดียวกัน พบว่า สวนป่าประดู่ป่าที่ปลูกด้วยระยะปลูก 2x2 และ 2x4 เมตร เป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับการปลูกสร้างสวนป่าประดู่ป่า เนื่องจากจะได้รับผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นสูงสุด ทำให้ได้ไม้ที่มีขนาดใหญ่ และผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่เมื่อถึงอายุตัดฟันมากกว่าที่ระยะปลูกระยะอื่น รูปทรงของต้นไม้มีแนวโน้มดีกว่าระยะปลูกที่ห่างกว่า ประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืช และเรือนยอดของต้นไม้ชิดกันได้เร็วกว่าสวนป่าที่ระยะปลูกกว้างกว่า ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากข้อมูลดังกล่าว ระยะปลูก 2x2 เมตร จึงเป็นระยะปลูกที่ทำให้สวนป่าประดู่ อายุ 22 ปี มีลักษณะรูปทรง ปริมาตรไม้และมวลชีวภาพเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ดีที่สุด แต่เมื่อพิจารณาข้อมูลการเติบโต และผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นแล้ว พบว่า มีการเติบโตและผลผลิตน้อยกว่าที่ระยะปลูกอื่นที่กว้างกว่า ดังนั้นหากมีการนำการจัดการทางวนวัฒนที่เหมาะสมมาใช้ เช่น การตัดขยายระยะในเวลาที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มการเติบโตให้กับประดู่ป่า ระยะปลูก 2x2 เมตร ก็จะสามารถเพิ่มผลผลิตเฉลี่ยต่อต้น และทำให้เป็นระยะปลูกที่เหมาะสมต่อการปลูกสร้างสวนป่าประดู่ป่าได้ ซึ่งสอดคล้องกับ พงษ์ศักดิ์ (2529) ที่กล่าวว่า ระยะปลูกที่

เหมาะสมเป็นระยะปลูกที่ทำให้ต้นไม้สามารถให้ผลผลิตในรูปปริมาตร ขนาด รูปทรง และคุณภาพที่ต้องการได้ดีที่สุด เนื่องจากประดู่ป่าเป็นไม้ที่เติบโตช้า มีรอบหมุนเวียน 30 ปี ขึ้นไป การจัดการประดู่ป่าเพื่อให้ได้ต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่และรูปทรงเปลาตรง เนื้อไม้มีคุณภาพดี ผลผลิตต่อต้นสูง และมีผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ที่เหมาะสม รวมทั้งการปรับปรุงพัฒนาสายพันธุ์ประดู่ป่าให้มีรูปทรงและผลผลิตที่ดีขึ้น จะสามารถช่วยทำให้การปลูกสร้างสวนป่าประดู่ป่า ประสบความสำเร็จ มีผลผลิต ขนาด รูปทรง และคุณภาพตามที่ต้องการได้และเกิดความคุ้มค่าต่อการปลูกสร้างสวนป่า

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ผลการศึกษาประดู่ป่า อายุ 22 ปี ระยะปลูก 2x2, 2x4, 4x4 และ 4x8 เมตร พบว่า ระยะปลูกมีผลต่อขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความหนาแน่นของต้นไม้ ความสูงถึงกิ่งสัดกิ่งแรก พื้นที่การปกคลุมเรือนยอด รูปทรง (การแตกนาง ความสูงถึงกิ่งสัดกิ่งแรก และขนาดของกิ่งสัดกิ่งแรก) ปริมาตรไม้ และมวลชีวภาพของประดู่ป่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยสามารถสร้างสมการปริมาตรไม้และมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณกับความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (DBH^2Ht) ในรูปแบบของสมการแอลโลเมตริก และระยะปลูกที่เหมาะสมในการปลูกสร้างสวนป่าประดู่ป่ามากที่สุด คือ ระยะปลูก 2x2 เมตร โดยควรมีการนำการจัดการทางวนวัฒนที่เหมาะสมมาใช้ เช่น การตัดขยายระยะในเวลาที่เหมาะสม เพื่อช่วยเพิ่มการเติบโตและผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นให้กับประดู่ป่า ระยะปลูก 2x2 เมตร จะทำให้ได้ไม้ที่มีขนาดใหญ่และรูปทรงเปลาตรง เนื้อไม้มีคุณภาพดี มีผลผลิตต่อต้นและต่อหน่วยพื้นที่เหมาะสมทำให้เกิดความคุ้มค่าต่อการปลูกสร้างสวนป่ามากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

แปลงปลูกประดู่ป่า อายุ 22 ปี ณ สถานีวนวัฒนวิจัยราชบุรี อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี ควรมีการจัดการทางวนวัฒน เพื่อพัฒนาการเติบโต รูปทรง สุขภาพ และคุณภาพของหมู่ไม้ให้ได้รับผลตอบแทนสูงสุด คุ้มค่าต่อการลงทุนโดยใช้หลักการทางวนวัฒนวิทยาที่เหมาะสม และใช้หลักทางเศรษฐศาสตร์ป่าไม้เข้ามาใช้ประกอบในการพิจารณาเรื่องของปริมาตรไม้ และความเหมาะสมในการตัดขยายระยะประดู่ป่าที่ระยะปลูกในแต่ละระยะ เนื่องจากปริมาตรไม้รวมต่อพื้นที่กับปริมาตรไม้ต่อต้น ในการขายจะมีราคาในการรับซื้อแตกต่าง ราคาไม้แต่ละขนาดจะมีราคารับซื้อที่แตกต่างกัน จึงควรนำราคายามาช่วยในการตัดสินใจกำหนดระยะปลูกและการจัดการที่เหมาะสมสำหรับการปลูกสร้างสวนป่าเศรษฐกิจ และควรปรับปรุงพัฒนาสายพันธุ์ประดู่ป่าให้มีรูปทรงและผลผลิตที่ดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษาวิจัยขอขอบคุณหัวหน้าสถานีวนวัฒนวิจัยราชบุรี และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัย ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ครู อาจารย์ รวมทั้งพี่น้องและเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้เสร็จเรียบร้อย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมป่าไม้. 2532. **การปลูกไม้ประดู่**. โครงการวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า ฝ่ายวนวัฒนวิจัย กองบำรุงป่า กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- _____. 2553. **ประดู่ป่า**. ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- _____. 2557. **ข้อมูลสถิติกรมป่าไม้ปี 2557**. ศูนย์สารสนเทศ สำนักแผนงานและสารสนเทศ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- ชิงชัย วิริยะบัญชา. 2546. **คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหมู่ไม้**. ฝ่ายวนวัฒนวิจัยและพฤกษศาสตร์ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- ทศพร วัชรการุณ, สมหมาย นามสวาท และ บรรณศาสตร์ ดวงศรีเสน. 2545. ผลของความหนาแน่นของการปลูกป่าต่อผลผลิตของสวนป่าไม้ประดู่, น. 112-145. ใน **รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 7**. 12-14 ธันวาคม 2544. ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬ. 2529. **การเจริญเติบโตของต้นไม้**. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ไพโรจน์ พันธุ์ภักดี. 2511. **ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกกับเส้นผ่าศูนย์กลางของเรือนยอด ความสูงและปริมาตรที่ทำเป็นสินค้าได้ของไม้ประดู่ ในป่าแม่หวด จังหวัดลำปาง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Barnes, R.L. 1955. **Growth and Yield of Slash Pine Plantation in Florida**. Univ. Fla. Res. Rep. 3, Gainesville.
- Braathe, P. 1952. The Effect of different spacing upon stand development and yield in forest of Norway spruce. **Medd Fra Det Norske Skogforoksesvesen**. Bind XI: 425-469.
- Kira, T. and T. Shidei. 1967. Primary production and turnover to organic matter in different forest ecosystems of trees and stands. **J. For.** 42: 905-912.
- Kittredge, J. 1948. **Forest Influences**. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York.

การเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 3 ชนิด ที่มีระยะปลูกแตกต่างกัน
ในท้องที่อำเภอเมือง จังหวัดสตูล

Growth of 3 Mangrove Species Planted with Different Spacings
at Mueang District, Satun Province

ประนอม ชุมเรียง^{1*} จุติพร ขาเดร์¹ และ อรปราง สุธะเกียรติ²
Pranom Chomrieng^{1*} Jutiporn Khade¹ and Onprang Sutthakiet²

¹ ศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 5 (สตูล) อำเภอเมือง จังหวัดสตูล 91000

¹ Mangrove Extension, Learning and Development Center 5 (Satun), Mueang District, Satun Province 91000

² สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80161

² School of Science, Walailak University, Thasala District, Nakhon Si Thammarat Province 80161

* Corresponding author; E-mail address: Chumreang@yahoo.com

ABSTRACT

The growth was studied of *Ceriops tagal*, *Rhizophora apiculata*, and *Rhizophora mucronata* planted at different spacings (0.7×0.7m, 1×1 m, 1.5×1.5 m, 2×2 m, and 2.5×2.5 m) in experiment plots each 40×40 m in size. The study site was located in degraded mangrove forest in concessions at Mangrove Extension, Learning and Development Center 5 (Satun) in Tambon Tammalung Mueang district, Satun province and was established in 1996. Growth was recorded of a random 100 trees per plot every year from 2001 until 2015. The aim was to study the effect of planted spacing on the natural growth of vegetation in the long term without any silvicultural interference. The results showed that tree growth was significantly different at different spacings. The most appropriate square planted spacing in the long term for *C. tagal* was at 1.5 and 2 m, while for *Rhizophora spp.* it was at 2 and 2.5 m. This information can be used in the management of reforestation in over-cut mangrove areas.

Keywords: mangrove species, planted spacing, Satun province

บทคัดย่อ

การศึกษาการเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 3 ชนิด ได้แก่ โปรงแดง (*Ceriops tagal*) โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) และโกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) ที่ปลูกด้วยระยะปลูกแตกต่างกัน 5 ระยะ ได้แก่ 0.7×0.7, 1×1, 1.5×1.5, 2×2 และ 2.5×2.5 เมตร ตามลำดับ ในแต่ละแปลงปลูกขนาด 40×40 เมตร ปลูกเมื่อปี พ.ศ. 2539 ในพื้นที่ป่าชายเลนเสื่อมโทรมจากการให้สัมปทานทำไม้ ณ ศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 5 (สตูล) ตำบลท่ามะลิ อำเภอเมือง จังหวัดสตูล โดยสุ่มวัดความโตและความสูงของ

ต้นไม้ จำนวน 100 ต้นในแต่ละแปลง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 จนถึงปี พ.ศ. 2558 ซึ่งต้นไม้มีอายุ 19 ปี เพื่อศึกษาผลของระยะปลูกต่อการเติบโตของพันธุ์ไม้ในระยะยาวตามสภาพธรรมชาติโดยไม่ได้ใช้หลักทฤษฎีวิวัฒนาการ ผลการศึกษาพบว่า ระยะปลูกมีผลต่อการเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้ง 3 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระยะปลูกที่เหมาะสมในระยะยาวสำหรับปลูกไม้โปร่งแดง คือ ระยะปลูก 1.5x1.5 และ 2x2 เมตร ส่วนไม้โกงกาง คือ ระยะปลูก 2x2 และ 2.5x2.5 เมตร ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อการบริหารจัดการในการปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนเสื่อมโทรม

คำนำ

จังหวัดสตูล เป็นจังหวัดสุดเขตแดนใต้ของประเทศไทยทางชายฝั่งทะเล หรือทางด้านทิศตะวันตก จังหวัดสตูลเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ป่าชายเลนมากเป็นอันดับที่ 2 รองมาจากจังหวัดพังงา โดยจังหวัดสตูล มีพื้นที่ป่าชายเลน 223,638.95 ไร่ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2557) ในอดีตพื้นที่ป่าชายเลนของจังหวัดสตูลได้รับการให้สัมปทานทำไม้ โดยมีเงื่อนไขว่า ผู้รับสัมปทานต้องทำการปลูกบำรุงป่าในบริเวณที่ผ่านการทำไม้ เพื่อให้ป่ากลับมาเป็นสภาพสมบูรณ์เหมือนเดิม แต่อย่างไรก็ตามป่าชายเลนที่ผ่านการทำไม้แล้วกลับมีสภาพเสื่อมโทรม จึงได้มีการปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน (ประนอม, 2549) นอกจากนี้ยังมีการปลูกเป็นสวนป่าชายเลน เพื่อการศึกษาวิจัยระยะปลูกของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดจะมีระยะปลูกที่เหมาะสมในการปลูกแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับการเติบโตของต้นไม้ และปัจจัยแวดล้อมทางธรรมชาติ การกำหนดระยะปลูกนั้น จะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ในการปลูก และอาจมีการใช้เทคนิคการจัดการตามหลักทฤษฎีวิวัฒนาการ เช่น การกำจัดวัชพืช การลิดกิ่งและการตัดขยายระยะ เข้ามาช่วยเพื่อให้ต้นไม้มีการเติบโตได้ดี มีอัตราการรอดตายสูง

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะปลูกต่อการเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 3 ชนิด ได้แก่ โปร่งแดง โกงกางใบเล็ก และโกงกางใบใหญ่ ซึ่งทำการศึกษาในระยะยาวนานกว่า 10 ปี โดยปล่อยให้มีการเติบโตตามสภาพธรรมชาติ โดยไม่ได้ใช้หลักทฤษฎีวิวัฒนาการ ในพื้นที่ป่าชายเลนเสื่อมโทรมของจังหวัดสตูลเพื่อสามารถนำระยะปลูกที่เหมาะสมกับพันธุ์ไม้ทั้ง 3 ชนิด มาใช้ในการบริหารจัดการในการปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนเสื่อมโทรมได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์

อุปกรณ์ ประกอบด้วย เทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ไม้สำหรับวัดความสูง กล้องถ่ายรูป อุปกรณ์เครื่องเขียน และแบบฟอร์มสำหรับใช้เก็บข้อมูล

2. สถานที่ศึกษา

แปลงสาธิตระยะปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลน จำนวน 75 ไร่ ของศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 5 (สตูล) ท้องที่ตำบลท่ามะดะ อำเภอมะนัง จังหวัดสตูล (Figure 1) ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าชายเลนเสื่อมโทรมจากการทำไม้ และเป็นการปลูกโดยใช้ฝักปลูก

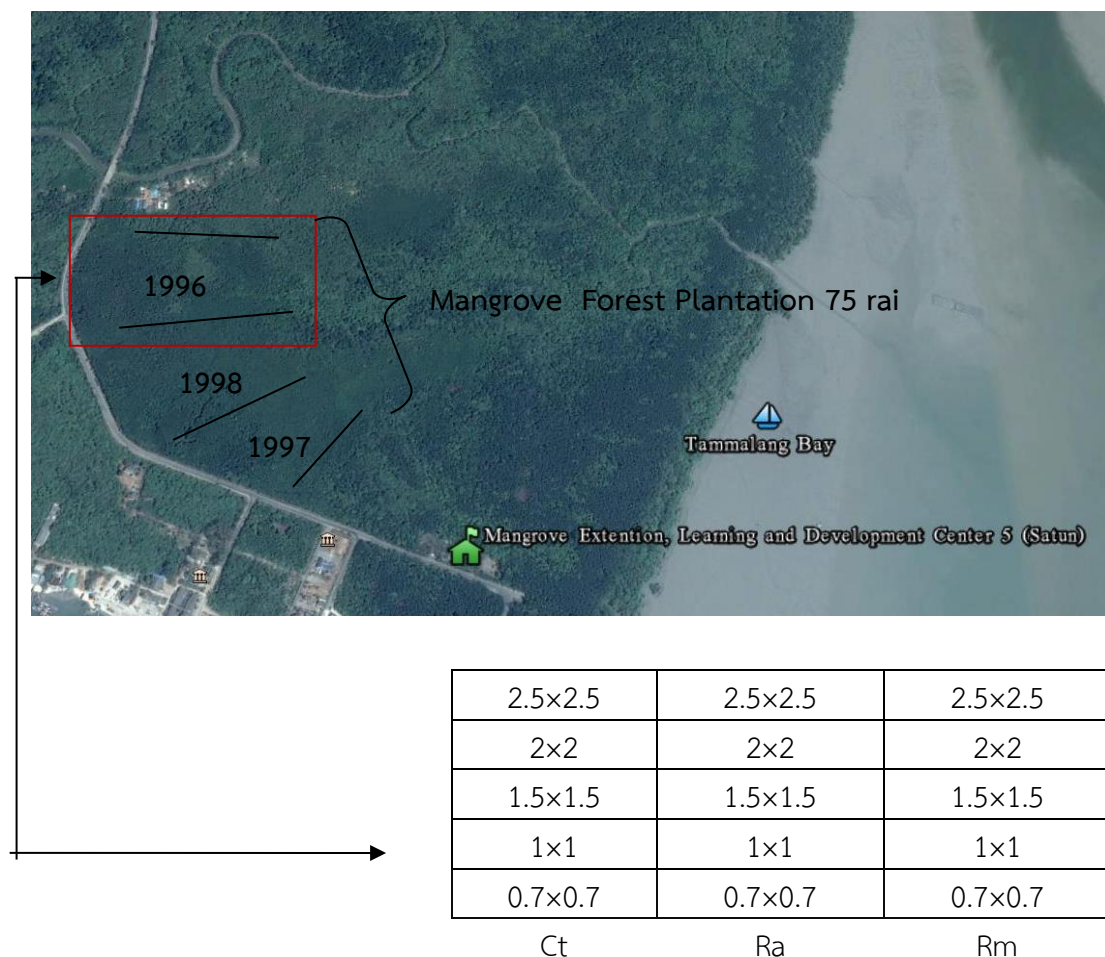


Figure 1 Study area of 75 rai mangrove forest plantation in Tammalang district, Satun province.

3. วิธีการ

3.1 ทำการสำรวจแปลงปลูก ซึ่งปลูกไว้ในปี 2539 โดยใช้ระยะปลูก 5 ระยะ ได้แก่ 0.7×0.7, 1×1, 1.5×1.5, 2×2 และ 2.5×2.5 เมตร ตามลำดับ โดยแต่ละแปลงมีขนาด 40×40 เมตร หรือ 1 ไร่ มีจำนวน ต้นไม้ 3,200, 1,600, 700, 400 และ 250 ต้น ตามลำดับ ทำเครื่องหมายแปลง โดยนำเสาปูนคอนกรีตไปฝัง บริเวณรอยต่อระหว่างแปลงพร้อมทาสีแดงที่หัวเสา เพื่อความสะดวกในการติดตามเก็บวัดข้อมูลในครั้งต่อไป

3.2 สุ่มวัดความโตและความสูงของไม้โปร่งแดง โกงกางใบเล็ก และโกงกางใบใหญ่ แปลงละ 100 ต้น ในแต่ละระยะปลูก โดยเริ่มเก็บข้อมูลเมื่อปี 2544 อย่างต่อเนื่อง จนถึงปี 2558 ทำการเก็บข้อมูลปีละ 1 ครั้ง

3.3 วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยความโต ความสูง เปรียบเทียบทางสถิติการเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 3 ชนิด ในแต่ละระยะปลูก ที่อายุ 19 ปี หาอัตราการเติบโตในช่วง 14 ปี (พ.ศ. 2544–2558) ตรวจนับอัตราการรอดตายในแปลงปลูก เมื่ออายุ 20 ปี (พ.ศ. 2559) และคำนวณหาศักยภาพของพันธุ์ไม้กับระยะปลูกที่เหมาะสม

ผลและวิจารณ์

1. อัตราการรอดตาย

ในปี พ.ศ. 2539 ได้ทำการปลูกสาธิตสวนป่าชายเลน โดยใช้พันธุ์ไม้ 3 ชนิด ได้แก่ โปรงแดง โกงกางใบเล็ก และโกงกางใบใหญ่ ปลูกโดยใช้ฝักและใช้ระยะปลูกที่แตกต่างกัน ได้แก่ ระยะ 0.7×0.7 เมตร ใช้ฝักจำนวน 3,200 ฝัก ระยะ 1×1 เมตร ใช้ฝักจำนวน 1,600 ฝัก ระยะ 1.5×1.5 เมตร ใช้ฝักจำนวน 700 ฝัก ระยะ 2×2 เมตร ใช้ฝักจำนวน 400 ฝัก ส่วนในระยะ 2.5×2.5 เมตร ใช้ฝักจำนวน 250 ฝัก โดยเริ่มทำการเก็บข้อมูลเมื่อปี พ.ศ. 2544 เมื่อต้นไม้มีอายุ 5 ปี จนถึงปัจจุบันปี พ.ศ. 2558 ต้นไม้มีอายุ 19 ปี และได้ตรวจนับอัตราการรอดตายในแต่ละแปลงปลูกในปี พ.ศ. 2559 เมื่อต้นไม้มีอายุ 20 ปี โดยมีอัตราการรอดตายดังแสดงผลไว้ใน Table 1

Table 1 Survival rate of *Ceriops tagal* (Ct), *Rhizophora apiculata* (Ra) and *Rhizophora mucronata* (Rm) in different spacings at Satun province.

Year	Species	Spacing (m)				
		0.7×0.7	1×1	1.5×1.5	2×2	2.5×2.5
1996	All sp.	3,200	1,600	700	400	250
	Ct	1,362	912	608	321	100
	SR (%)	42	57	86	80	40
2015	Ra	463	475	392	269	70
	SR (%)	14	29	56	67	28
	Rm	457	322	155	42	30
	SR (%)	14	20	22	10	12

จาก Table 1 พบว่า ปี พ.ศ. 2559 โปรงแดง ที่ระยะ 1.5×1.5 เมตร มีอัตราการรอดตายมากที่สุด รองลงมาคือ ระยะ 2×2, 1×1, 0.7×0.7 และ 2.5×2.5 เมตร โดยคิดเป็นร้อยละ 86, 80, 57, 42 และ 40 ตามลำดับ โกงกางใบเล็ก ที่ระยะ 2×2 เมตร มีอัตราการรอดตายมากที่สุด รองลงมาคือ ระยะ 1.5×1.5, 1×1, 2.5×2.5 และ 0.7×0.7 เมตร โดยคิดเป็นร้อยละ 67, 56, 29, 28 และ 14 ตามลำดับ และโกงกางใบใหญ่ ที่ระยะ 1.5×1.5 เมตร มีอัตราการรอดตายมากที่สุด รองลงมาคือ ระยะ 1×1, 0.7×0.7, 2.5×2.5 และ 2×2 เมตร โดยคิดเป็นร้อยละ 22, 20, 14, 12 และ 10 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ที่ระยะปลูก 1×1, 1.5×1.5 และ 2×2 เมตร มีอัตราการรอดตายของต้นไม้นี้สูงกว่าในระยะ 0.7×0.7 และ 2.5×2.5 เมตร เนื่องจากการปลูกที่ไม่ได้มีการจัดการตามหลักงานวนวิธี ทำให้ในระยะปลูกแคบต้นไม้ต้องแข่งขันกันเองเมื่ออายุมากขึ้น ขณะที่ในระยะปลูกกว้างตอนเป็นกล้าไม้ ไม่สามารถแข่งขันกับวัชพืชและไม้ดั้งเดิมในพื้นที่ได้ อย่างไรก็ตามยังพบว่า โปรงแดงมีอัตราการรอดตายสูงกว่าโกงกางใบเล็กและโกงกางใบใหญ่ในทุกระยะปลูก ขณะเดียวกันโกงกางใบใหญ่มีอัตราการรอดตายต่ำกว่าโปรงแดงและโกงกางใบเล็กในทุกระยะปลูกเช่นกัน สิ่งสำคัญในการปลูกป่าชายเลน นอกจากเรื่องการปลูกก็เป็นเรื่องการบำรุงรักษา มีสิ่งสำคัญที่ควรพิจารณาดำเนินการ เช่น การขุดแพรก การปลูกซ่อม การกำจัดวัชพืช การลิดกิ่ง และการตัดขยายระยะ (จิตต์, 2528) แต่เนื่องจากปัญหาการปลูกป่าชายเลนในพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมมักประสบปัญหาเกี่ยวกับภาวะดินแข็ง

ปูแสมหรือลิงแสมกัดฝักหรือลำต้น มูลแม่หอบขบวนการท่วมถึงของน้ำทะเล ดินมีสภาพเป็นกรดจัดและวัชพืชปกคลุมหนาแน่น ทำให้ต้นไม้ที่ปลูกเติบโตไม่ดีหรือตายได้ ในการปลูกป่าชายเลนนั้นจะประสบผลสำเร็จหรือไม่อยู่ในช่วง 2-3 ปีแรก เพราะเป็นระยะที่ต้นตลอดจนรากแก้วแทงลงดินในระดับลึกเพื่อดูดความชื้น ในช่วงฤดูแล้งที่เลนแห้ง ต้นไม้ในป่าชายเลนก็จะอยู่คงทนถาวรต่อไป (นพรัตน์, 2535) ถ้าหากหวังผลให้ไม้ต้นไม่ขึ้นปกคลุมในเบื้องต้น ควรปลูกโดยใช้ระยะปลูกแคบ ถึงแม้ว่าจะมีอัตราการตายสูง แต่ยังคงมีปริมาณต้นไม้คงเหลืออยู่มากกว่า ดังนั้นในพื้นที่ป่าชายเลนเสื่อมโทรม จึงควรปลูกต้นไม้โดยใช้ระยะปลูกแคบ คือ 0.7×0.7, 1×1 และ 1.5×1.5 เมตร เพื่อให้เหลือจำนวนต้นไม้มาก (มงคล และ ประนอม, 2547)

2. การเติบโต

การศึกษาการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของต้นโปรงแดง โกงกางใบเล็ก และ โกงกางใบใหญ่ ที่ปลูกในปี พ.ศ. 2539 โดยใช้ระยะปลูกแตกต่างกัน 5 ระยะ เมื่อต้นไม้มีอายุ 19 ปี ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยตาราง ANOVA หาค่าเฉลี่ยความโตและความสูงของพันธุ์ไม้ทั้ง 3 ชนิด ในปี พ.ศ. 2558 ได้ผลดังแสดงไว้ใน Table 2

Table 2 Comparative DBH and height of 3 mangrove species in different spacings in 2015 (19-year-old) at Satun province.

Spacing (m)	DBH (cm)			Height (m)		
	Ct	Ra	Rm	Ct	Ra	Rm
0.7×0.7	5.16±1.08	8.02±1.57	8.44±2.12	5.69±0.08	11.21±0.94	10.54±1.63
1×1	5.84±1.00	7.66±1.28	9.02±2.06	5.89±0.57	11.14±0.59	10.02±1.18
1.5×1.5	6.97±1.22	7.41±1.33	9.47±1.82	6.45±0.53	10.99±0.78	10.75±1.12
2×2	7.59±1.93	8.13±1.30	12.34±1.34	6.44±0.58	11.91±0.63	11.83±1.17
2.5×2.5	6.53±1.40	10.62±2.26	12.86±1.56	6.51±0.55	11.21±1.03	12.30±1.08

2.1 การเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง

จาก Table 2 เมื่อต้นไม้มีอายุ 19 ปี พบว่า โปรงแดงที่ระยะ 2×2 เมตร มีการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางดีที่สุด รองลงมาคือ ระยะ 1.5×1.5, 2.5×2.5, 1×1 และ 0.7×0.7 เมตร ตามลำดับ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยระหว่าง 5.16–7.59 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $F_{4,494} = 47.815$, $p < 0.001$ จากการศึกษาของ มงคล และ ประนอม (2547) ที่จังหวัดสตูล พบว่า ระยะปลูกที่เหมาะสมในการปลูกไม้โปรงแดงเพื่อฟื้นฟูสภาพป่าที่ผ่านการทำไม้ของจังหวัดสตูล ได้แก่ ระยะตั้งแต่ 0.7×0.7, 1×1, 1.5×1.5 และ 2×2 เมตร สำหรับระยะ 2.5×2.5 เมตร ไม่แนะนำให้ปลูก

โกงกางใบเล็กที่ระยะ 2.5×2.5 เมตร มีการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางดีที่สุด รองลงมาคือ ระยะ 2×2, 0.7×0.7, 1×1 และ 1.5×1.5 เมตร ตามลำดับ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยระหว่าง 7.41–10.62 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $F_{4,465} = 53.274$, $p < 0.001$ จากการศึกษาของ มงคล และ ประนอม (2547) ที่จังหวัดสตูล พบว่า ไม้โกงกางใบเล็กเมื่อใช้ระยะปลูก 0.7×0.7, 1×1 และ 1.5×1.5 เมตร จะให้ค่าความโตค่อนข้างอยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงกัน แต่เมื่ออายุมากขึ้นการใช้ระยะปลูก 2×2 และ 2.5×2.5 เมตร จะให้ค่าความโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางดีกว่า

โก่งกางใบใหญ่ที่ระยะ 2.5×2.5 เมตร มีการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางดีที่สุด รองลงมาคือ ระยะ 2×2, 1.5×1.5, 1×1 และ 0.7×0.7 เมตร ตามลำดับ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ระหว่าง 8.44–12.86 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $F_{4,361} = 51.210$, $p < 0.001$ จากการศึกษาของ มงคล และ ประนอม (2547) ที่จังหวัดสตูล พบว่า โดยส่วนใหญ่แล้วการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางของ โก่งกางใบใหญ่เมื่อใช้ระยะปลูก 2×2 และ 2.5×2.5 เมตร จะให้ค่าความโตที่ดีกว่าระยะปลูกอื่น ระยะปลูก 0.7×0.7 เมตรให้ค่าความโตค่อนข้างต่ำ

จาก Figure 2 แสดงค่าเฉลี่ยทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ทั้ง 3 ชนิด ในแต่ละระยะปลูก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544–2558 ต้นไม้อายุ 5–19 ปี จะเห็นว่า ทั้งโปรงแดง โก่งกางใบใหญ่ และโก่งกางใบเล็กในแต่ละระยะปลูก มีแนวโน้มการเติบโตแบบไม่คงที่ ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในไม้โปรงแดง ยกเว้น โก่งกางใบเล็กที่ระยะปลูก 1×1 เมตร ที่มีแนวโน้มการเติบโตที่เพิ่มสูงขึ้นค่อนข้างปกติ ค่าความแตกต่างดังกล่าวอาจเนื่องมาจากการปรับเปลี่ยนสรีระของลำต้น การแก่งแย่งเพื่อการเติบโตจนล้มตายเกิดเป็นช่องว่างและการสะสมวัดต้นไม้ก็เป็นได้

2.2 การเติบโตทางด้านความสูง

จาก Table 2 เมื่อต้นไม้มีอายุ 19 ปี พบว่า โปรงแดง ที่ระยะ 2.5×2.5 เมตร มีการเติบโตทางด้านความสูงได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ระยะ 1.5×1.5, 2×2, 1×1 และ 0.7×0.7 เมตร ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยความสูง ระหว่าง 5.69–6.51 เมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $F_{4,494} = 43.667$, $p < 0.001$ จากการศึกษาของ มงคล และ ประนอม (2547) ที่จังหวัดสตูล พบว่า ระยะปลูก 0.7×0.7 เมตร ให้ค่าความสูงมากที่สุด ส่วนระยะปลูก 1×1 และ 1.5×1.5 เมตร มีค่าความสูงใกล้เคียงกัน ซึ่งลักษณะการเติบโตทางด้านความสูงของโปรงแดง มักแปรผกผันกับความโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางในแต่ละระยะปลูก

โก่งกางใบเล็กที่ระยะ 2×2 เมตร มีการเติบโตทางด้านความสูงได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ระยะ 0.7×0.7 และ 2.5×2.5 เมตร ซึ่งมีค่าการเติบโตทางด้านความสูงเท่ากัน 1×1 และ 1.5×1.5 เมตร ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยความสูง ระหว่าง 10.99–11.91 เมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $F_{4,465} = 19.727$, $p < 0.001$ จากการศึกษาของ มงคล และ ประนอม (2547) ที่จังหวัดสตูล พบว่า ระยะปลูก 0.7×0.7 เมตร มีค่าความสูงมากที่สุด และที่ระยะปลูก 1.5×1.5, 2×2 และ 2.5×2.5 เมตร ความสูงอยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงกันแต่น้อยกว่า 1×1 เมตร

โก่งกางใบใหญ่ที่ระยะ 2.5×2.5 เมตร มีการเติบโตทางด้านความสูงได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ระยะ 2×2, 1.5×1.5, 0.7×0.7 และ 1×1 เมตร ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยความสูงระหว่าง 10.02–12.30 เมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $F_{4,361} = 25.06$, $p < 0.001$ จากการศึกษาของ มงคล และ ประนอม (2547) ที่จังหวัดสตูล พบว่า ความสูงของโก่งกางใบใหญ่ที่ใช้ระยะปลูก 0.7×0.7 เมตร จะมีค่าสูงสุด สำหรับการใช้ระยะปลูกอื่นๆ พบว่า ความสูงค่อนข้างแปรผันไม่แน่นอนว่าระยะปลูกใดจะให้ค่าความสูงรองลงมาหรือมีค่าต่ำสุด

จาก Figure 3 แสดงค่าเฉลี่ยทางด้านความสูงของต้นไม้ทั้ง 3 ชนิดในแต่ละระยะปลูก ในปี พ.ศ. 2544–2558 ต้นไม้อายุ 5–19 ปี จะเห็นว่า ต้นไม้ทั้ง 3 ชนิดในแต่ละระยะปลูกมีแนวโน้มการเติบโตทางด้านความสูงแบบไม่คงที่ โดยเฉพาะในไม้โก่งกางใบใหญ่และโก่งกางใบเล็ก แต่จากการศึกษาของ ประนอม (2549) พบว่า โก่งกางใบใหญ่ที่อายุไม่เกิน 10 ปี จะมีความสูงใกล้เคียงกันในทุกระยะ ขณะที่โปรงแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นค่อนข้างปกติ ยกเว้น ระยะปลูก 2×2 และ 2.5×2.5 เมตร เนื่องจากสภาพภายในแปลงปลูกถูกปลูกเสริมจากโครงการอื่นในระยะแรก ทำให้ไม่ได้รับอิทธิพลจากระยะปลูกอย่างแท้จริง

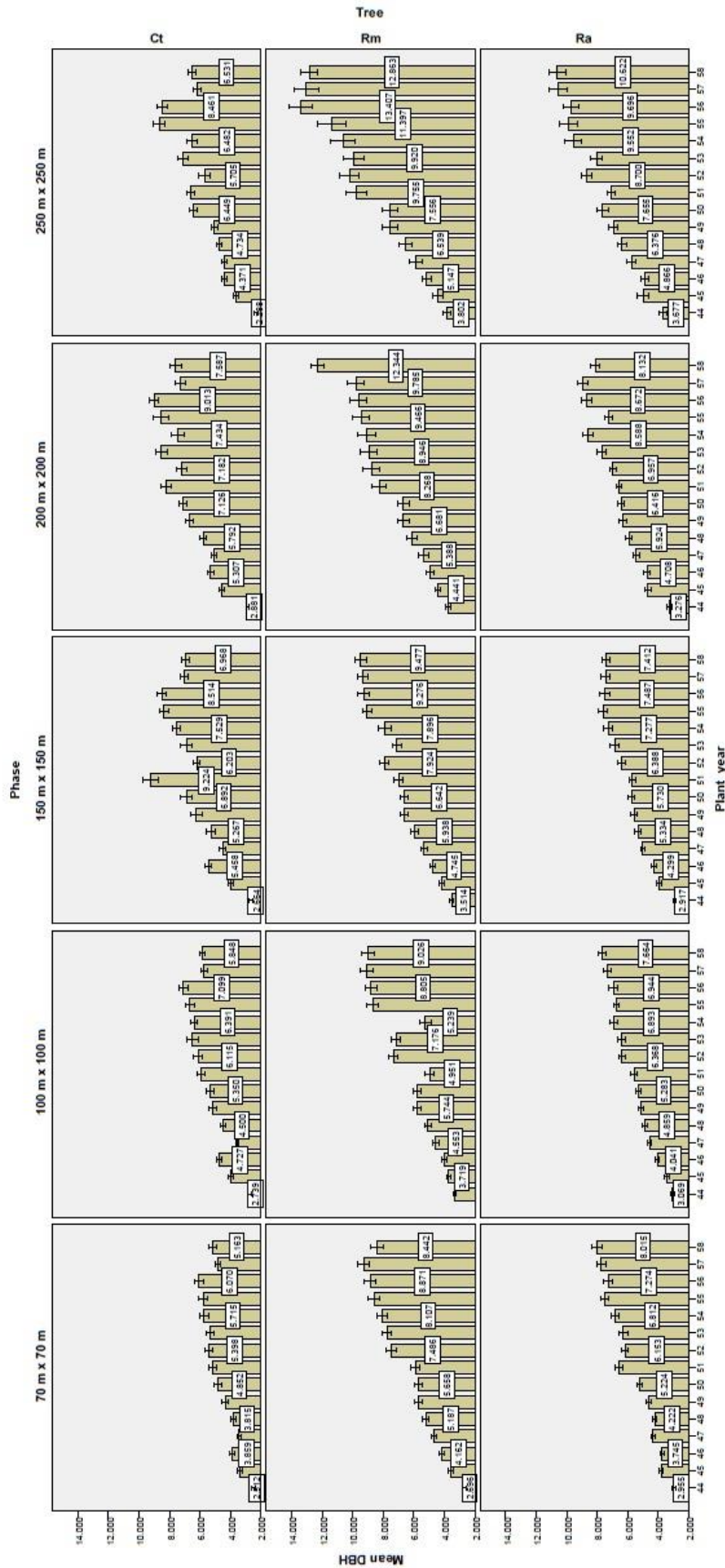


Figure 2 Trend of mean DBH of 3 mangrove species in different spacings since year 2001–2015 (5–19-year-old) at Satun province.

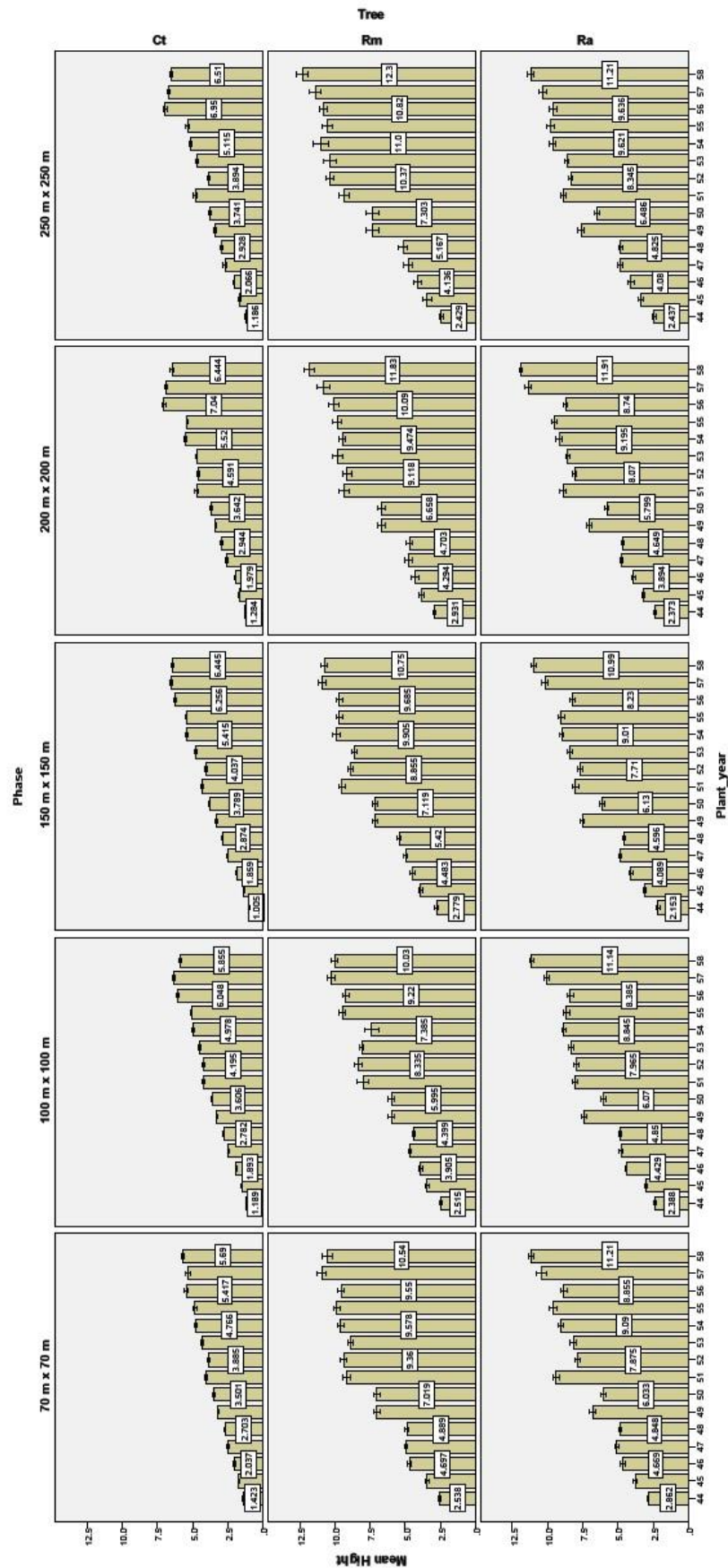


Figure 3 Trend of mean Height of 3 mangrove species in different spacings since year 2001 – 2015 (5–19-year-old) at Satun province.

3. อัตราการเติบโต

ได้ทำการศึกษาอัตราการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 3 ชนิด คือ โปรงแดง โกงกางเล็ก และโกงกางใบใหญ่ ที่ปลูกเมื่อปี พ.ศ. 2539 ในระยะที่แตกต่างกัน 5 ระยะ ในพื้นที่ป่าชายเลนเสื่อมโทรมจังหวัดสตูล โดยคำนวณอัตราการเติบโตในช่วงระยะเวลา 14 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2544–2558 ต้นไม้ อายุ 5–19 ปี ได้ผลดังแสดงไว้ใน Table 3

Table 3 Comparative of growth rate of 3 mangrove species in different spacings since 2001–2015 at Satun province.

Spacing (m)	Ct		Ra		Rm	
	DBH (cm)	Height (m)	DBH (cm)	Height (m)	DBH (cm)	Height (m)
0.7×0.7	0.19	0.31	0.36	0.60	0.41	0.57
1×1	0.22	0.33	0.33	0.63	0.41	0.54
1.5×1.5	0.31	0.39	0.32	0.63	0.43	0.60
2×2	0.34	0.37	0.35	0.68	0.61	0.64
2.5×2.5	0.30	0.38	0.50	0.63	0.65	0.71

3.1 อัตราการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง ในช่วงระยะเวลา 14 ปี พบว่า โปรงแดง มีอัตราการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุด คือ ระยะ 2×2 เมตร รองลงมาคือ 1.5×1.5, 2.5×2.5, 1×1 และ 0.7×0.7 เมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.34, 0.31, 0.30, 0.22 และ 0.19 เซนติเมตรต่อปี ตามลำดับ โกงกางใบเล็ก มีอัตราการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุด คือ ระยะ 2.5×2.5 เมตร รองลงมาคือ 0.7×0.7, 2×2, 1×1 และ 1.5 ×1.5 เมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.5, 0.36, 0.35, 0.33 และ 0.32 เซนติเมตรต่อปี ตามลำดับ โกงกางใบใหญ่ มีอัตราการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุด คือ ระยะ 2.5×2.5 เมตร รองลงมาคือ 2×2, 1.5×1.5 ที่ระยะ 1×1 และ 0.7×0.7 เมตร มีค่าเท่ากัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.65, 0.61, 0.43 และ 0.41 เซนติเมตรต่อปี ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า โปรงแดงมีอัตราการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางค่อนข้างต่ำใน 2 ระยะแรกอย่างเด่นชัด ส่วนโกงกางใบเล็กมีค่าใกล้เคียงกันทุก ระยะ ยกเว้น ที่ระยะ 2.5×2.5 เมตร จะโตได้ดีมาก และโกงกางใบใหญ่จะโตโดดเด่นที่ระยะ 2.5×2.5 และ 2×2 เมตร ส่วนระยะแคบ จะโตใกล้เคียงกัน

3.2 อัตราการเติบโตทางด้านความสูง ในช่วงระยะเวลา 14 ปี พบว่า โปรงแดง มีอัตราการเติบโตทางด้านความสูงมากที่สุด คือ ระยะ 1.5×1.5 เมตร รองลงมาคือ 2.5×2.5, 2×2, 1×1 และ 0.7×0.7 เมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.39, 0.38, 0.37, 0.33 และ 0.31 เมตรต่อปี ตามลำดับ โกงกางใบเล็ก มีอัตราการเติบโตทางด้านความสูงมากที่สุด คือ ระยะ 2×2 เมตร รองลงมาคือ 1×1, 1.5×1.5, 2.5×2.5 เมตร มีอัตราการเติบโตเท่ากัน และระยะ 0.7×0.7 เมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.68, 0.63 และ 0.60 เมตรต่อปี ตามลำดับ โกงกางใบใหญ่ มีอัตราการเติบโตทางด้านความสูงมากที่สุด คือ ระยะ 2.5×2.5 เมตร รองลงมาคือ 2×2, 1.5×1.5, 0.7×0.7 และ 1×1 เมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.71, 0.64, 0.60, 0.57 และ 0.54 เมตรต่อปี ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า โปรงแดง และโกงกางใบเล็ก มีความสูงไม่แตกต่างกันมากในแต่ละระยะ ปลูก ขณะที่โกงกางใบใหญ่จะสูงได้ดีที่ระยะ 1.5×1.5 เมตรขึ้นไป ดังนั้นการปลูกไม้โกงกางใบใหญ่ไม่ควรใช้ระยะปลูกที่น้อยกว่า 1.5×1.5 เมตร

จากการศึกษาอัตราการเติบโต พบว่า โกงกางใบใหญ่ ที่ระยะ 2.5×2.5 เมตร มีอัตราการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงมากที่สุด คือ 0.65 เซนติเมตรต่อปี และ 0.71 เมตรต่อปี ตามลำดับ จากการศึกษาของ มงคล และ ประนอม (2547) ที่จังหวัดสตูล เมื่อต้นไม้อายุ 7 ปี พบว่า โปรงแดง มีอัตราการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางมากที่สุด และโกงกางใบเล็ก มีอัตราการเติบโตทางด้านความสูงมากที่สุด นอกจากนี้โดยภาพรวมระยะปลูกที่ให้อัตราการเติบโตที่ดีที่สุดทั้งทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงส่วนใหญ่ของต้นไม้ทั้ง 3 ชนิด คือ ระยะปลูก 1×1 เมตร ในขณะที่ข้อมูลที่ทำการศึกษา ในปี พ.ศ. 2558 ต้นไม้อายุ 19 ปี ระยะปลูกที่ให้อัตราการเติบโตในภาพรวมดีที่สุด คือ ระยะปลูก 2×2 และ 2.5×2.5 เมตร ตามลำดับ

4. ศักยภาพของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนและระยะปลูกที่เหมาะสมเพื่อปลูกในพื้นที่ป่าชายเลนเสื่อมโทรม จังหวัดสตูล

จากผลการศึกษาอัตราการรอดตาย การเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง และอัตราการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ โปรงแดง โกงกางใบเล็ก และโกงกางใบใหญ่ ที่ระยะปลูกต่างกัน 5 ระยะ ในพื้นที่ป่าชายเลนเสื่อมโทรมของจังหวัดสตูลทำการหาศักยภาพของพันธุ์ไม้และระยะปลูกที่เหมาะสม โดยการให้คะแนนดังนี้

- 5 คะแนน คือ ดีที่สุด
- 4 คะแนน คือ ดีมาก
- 3 คะแนน คือ ปานกลาง
- 2 คะแนน คือ น้อย
- 1 คะแนน คือ น้อยที่สุด

ซึ่งผลรวมการให้คะแนนทั้งหมดแสดงไว้ใน Table 5 พอสรุปผลได้ดังนี้ โปรงแดง ที่ระยะ 1.5×1.5 เมตร ได้ผลรวมคะแนนสูงสุด คือ 22 คะแนน รองลงมาคือ โกงกางใบใหญ่ ที่ระยะ 2.5×2.5 เมตร ผลรวมคะแนนเท่ากับ 21 คะแนน และลำดับที่ 3 คือ โปรงแดงและโกงกางใบเล็ก ที่ระยะ 2×2 เมตร ผลรวมคะแนนเท่ากัน คือ 20 คะแนน ระยะปลูกที่เหมาะสมในระยะยาวสำหรับปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนเสื่อมโทรมของจังหวัดสตูล สำหรับไม้โปรงแดง คือ ระยะปลูก 1.5×1.5 และ 2×2 เมตร ส่วนไม้โกงกาง คือ ระยะปลูก 2×2 และ 2.5×2.5 เมตร

Table 5 The potentiality of appropriate tree mangrove spacing for reforestation in the over-cutting mangrove area at Satun province.

Spacing (m)	Survival rate (%)	DBH (cm)	Height (m)	Growth rate		Total
				DBH (cm yr ⁻¹)	Height (m yr ⁻¹)	
Ct						
0.7×0.7	2 (42)	1 (5.16)	1 (5.69)	1 (0.19)	1 (0.31)	6
1×1	3 (57)	2 (5.84)	2 (5.86)	2 (0.22)	2 (0.33)	11
1.5×1.5	5 (86)	4 (6.97)	4 (6.45)	4 (0.31)	5 (0.39)	22
2×2	4 (80)	5 (7.59)	3 (6.44)	5 (0.34)	3 (0.37)	20
2.5×2.5	1 (40)	3 (6.53)	5 (6.51)	3 (0.30)	4 (0.38)	16

Table 5 (Continued)

Spacing (m)	Survival rate (%)	DBH (cm)	Height (m)	Growth rate		Total
				DBH (cm yr ⁻¹)	Height (m yr ⁻¹)	
Ra						
0.7×0.7	1 (14)	3 (8.02)	3 (11.21)	4 (0.36)	1 (0.60)	12
1×1	3 (29)	2 (7.66)	2 (11.14)	2 (0.33)	2 (0.63)	11
1.5×1.5	4 (56)	1 (7.41)	1 (10.99)	1 (0.32)	2 (0.63)	9
2×2	5 (67)	4 (8.13)	5 (11.91)	3 (0.35)	3 (0.68)	20
2.5×2.5	2 (28)	5 (10.62)	4 (11.21)	5 (0.50)	2 (0.63)	18
Rm						
0.7×0.7	3 (14)	1 (8.44)	2 (10.54)	1 (0.41)	2 (0.57)	9
1×1	4 (20)	2 (9.02)	1 (10.02)	1 (0.41)	1 (0.54)	9
1.5×1.5	5 (22)	3 (9.47)	3 (10.75)	2 (0.43)	3 (0.60)	16
2×2	1 (10)	4 (12.34)	4 (11.83)	3 (0.61)	4 (0.64)	16
2.5×2.5	2 (12)	5 (12.86)	5 (12.30)	4 (0.65)	5 (0.71)	21

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากผลการศึกษาอัตราการรอดตาย การเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง อัตราการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง และศักยภาพของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนกับระยะปลูกที่เหมาะสมในพื้นที่ป่าชายเลนเสื่อมโทรมของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 3 ชนิด คือ โปรงแดง โกงกางใบเล็ก และโกงกางใบใหญ่ ที่ระยะปลูกต่างกัน 5 ระยะ ได้แก่ 0.7×0.7, 1×1, 1.5×1.5, 2×2 และ 2.5×2.5 เมตร ตามลำดับ แต่ละแปลงมีขนาด 40×40 เมตร ซึ่งเริ่มปลูกในปี พ.ศ. 2539 และเก็บข้อมูลทุกปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544–2558 อายุต้นไม้รวม 19 ปี ในพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมของจังหวัดสตูล สรุปได้ว่า ระยะปลูกที่เหมาะสมในระยะยาวสำหรับปลูกไม้โปรงแดง คือ ระยะปลูก 1.5×1.5 และ 2×2 เมตร ส่วนไม้โกงกาง คือ ระยะปลูก 2×2 และ 2.5×2.5 เมตร

ข้อเสนอแนะ

1. พันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เหมาะสมในการปลูกฟื้นฟูป่าเสื่อมโทรมที่เป็นดินเลนค่อนข้างแข็ง น้ำทะเลท่วมถึงเป็นครั้งคราว แนะนำให้ปลูกไม้โปรงแดงและโกงกางใบเล็ก คุณสมบัติเด่นของโปรงแดง คือ ทนแล้งและมีอัตราการรอดตายสูง ส่วนไม้โกงกางใบเล็ก สามารถปรับตัวและเติบโตได้ดี ในเกือบทุกสภาพดินเลนที่น้ำทะเลท่วมถึง
2. ระยะปลูกที่เหมาะสมของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน ขึ้นกับต้นทุนที่มีและวัตถุประสงค์ในการปลูก หากเป็นการปลูกเพื่อต้องการใช้ประโยชน์จากเนื้อไม้ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ไม้ทางตรงหรือเพื่อเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอน ก็ควรใช้ระยะปลูกแคบ 1×1 และ 1.5×1.5 เมตร หากต้องการปลูกเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม สร้างสมดุลในระบบนิเวศ ก็ควรใช้ระยะปลูกกว้าง 2×2 เมตรขึ้นไป เพื่อแบ่งพื้นที่ให้พันธุ์ไม้ชนิดอื่นได้มีโอกาสสืบต่อพันธุ์ มีช่องว่างและแสง

สว่างให้สิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะสัตว์หน้าดิน ได้มีโอกาสเข้ามาใช้พื้นที่เพื่อการเติบโต และขยายพันธุ์สืบต่อไปได้

3. ในสังคมพืชป่าชายเลน หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่เป็นอย่างอื่น การนำไม้ในพื้นที่ออกไปใช้ตามหลักกวนวินนวิธี น่าจะก่อให้เกิดประโยชน์ในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลนและทรัพยากรชายฝั่งได้มากกว่าการปล่อยทิ้งไว้ตามธรรมชาติ เนื่องจากในสภาพป่าชายเลนตามธรรมชาติ มักจะเกิดการตายของต้นไม้เป็นกลุ่มๆ เกิดเป็นช่องว่างขนาดใหญ่ บ้างก็ยืนต้นตายเมื่อถึงอายุขัย บ้างก็ล้มตายเพราะโตไม่ทันไม้ใหญ่ ดังนั้นควรมีการนำไม้ออกมาใช้บ้าง แล้วปล่อยพื้นที่ให้ต้นไม้เจริญทดแทนตามธรรมชาติโดยไม่ต้องปลูก ซึ่งในวิถีชีวิตชุมชนชายฝั่ง ได้มีการพึ่งพาอาศัยโดยใช้ไม้จากป่าชายเลนเป็นนิเวศินอยู่แล้ว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 5 (สตูล) ที่ช่วยเก็บข้อมูลความโตและความสูงของต้นไม้เป็นระยะเวลายาวนานถึง 16 ปี เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2557. **คู่มือความรู้เรื่องป่าชายเลน**. บริษัท พลอยมีเดีย จำกัด, กรุงเทพฯ. จิตต์ คงแสงไชย. 2528. แนวทางการปลูกป่าชายเลนเพื่อเพิ่มผลผลิต. ใน **รายงานการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลน ครั้งที่ 5**. 26-29 กรกฎาคม. สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. นพรัตน์ บำรุงรักษ์. 2535. **การปลูกป่าชายเลน**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. ประนอม ชุมเรียง. 2549. ผลของระยะปลูกต่อการเติบโตของไม้โกงกางใบใหญ่จังหวัดสตูล. **เอกสารวิชาการฉบับที่ 13/2549**. สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, กรุงเทพฯ. มงคล ไช้มุกด์ และ ประนอม ชุมเรียง. 2547. การเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 3 ชนิดที่ปลูกในระยะต่างกันในพื้นที่ผ่านการทำไม้ ตำบลท่ามะลิ อำเภอมะนัง จังหวัดสตูล. **เอกสารวิชาการฉบับที่ 7/2549**. สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, กรุงเทพฯ.

การร่วงหล่นและปริมาณสารอาหารของซากพืชป่าชายเลนคลองกำพวน จังหวัดระนอง

Litterfall and Nutrient Accumulation in Kamphuan Mangrove Forest,
Ranong Province

เดชา ดวงนามล^{1*} วสันต์ จันทร์แดง² และ เจษฎา วงศ์พรหม²
Decha Duangnamon^{1*} Wasan Chandaeng² and Jetsada Wongprom²

¹ สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง 85120

¹ Andaman Coastal Research Station for Development, Suk Samran District, Ranong Province 85120

² คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: rdidcd@ku.ac.th

ABSTRACT

The litterfall and nutrient accumulation in Kamphuan Mangrove Forest in Ranong province were analyzed at three sampling sites based on three fertility levels: high, medium, and low. The objectives of this study were to determine the amount of litterfall year round and to estimate the content of carbon and other nutrients in litterfall. Three permanent plots (20×100 m) were set up at each site. All litters were collected every months from litter traps (1×1 m). The samples were segregated into leaves, flowers, fruits, branches, and others for chemical analysis. The results revealed that the highest annual litterfall production was 11.558 t ha⁻¹ yr⁻¹, consisting of leaves, flowers, fruits, branches and others (7.622, 0.145, 0.316, 1.500 and 1.976 t ha⁻¹ yr⁻¹, respectively). The highest amount of litterfall in Kamphuan Mangrove Forest occurred from July to October. In the litters, the amounts of carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium were 5,071.46, 108.89, 19.77, 39.52, 439.37, and 64.20 kg ha⁻¹, respectively.

Keywords: Kamphuan, Mangrove Forest, litterfall, Nutrient

บทคัดย่อ

การร่วงหล่นของซากพืชเป็นขั้นตอนสำคัญของการหมุนเวียนสารอาหาร โดยขั้นตอนการคืนอินทรีย์วัตถุ และสารอาหาร จากส่วนเหนือพื้นดินลงสู่ผิวดิน เนื่องจากซากพืชประกอบด้วยอินทรีย์วัตถุหลายรูปแบบ ดังนั้นปริมาณและลักษณะของซากพืช จึงมีส่วนสำคัญในการกำเนิดดิน และคงความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการศึกษาการร่วงหล่นและปริมาณสารอาหารของซากพืชป่าชายเลนคลองกำพวน จังหวัดระนอง ได้ดำเนินการด้วยการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 พื้นที่ตามระดับความสมบูรณ์ของป่าชายเลน แล้ว

วางแผนตัวอย่างถาวรขนาด 20×100 เมตร จำนวน 3 แปลง ในพื้นที่ที่มีระดับความสมบูรณ์มาก ปานกลาง และน้อย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการร่วงหล่นของซากพืช พร้อมทั้งศึกษาการกักเก็บคาร์บอน และสารอาหารในซากพืชที่ร่วงหล่นในระยะเวลา 1 ปี โดยใช้กระบะรองรับซากพืช ขนาด 1×1 เมตร จำนวน 5 กระบะต่อแปลง ทำการเก็บตัวอย่างทุกวันสุดท้ายของเดือน แยกส่วนที่เป็นใบ ดอก ผล กิ่ง และส่วนอื่นๆ วิเคราะห์หาไนโตรเจนและปริมาณสารอาหารในซากพืช ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ป่าชายเลนที่มีระดับความสมบูรณ์ปานกลางมีปริมาณการร่วงหล่นซากพืชมากที่สุด เท่ากับ 11.558 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี โดยแบ่งเป็นส่วนของใบ ดอก ผล กิ่ง และส่วนอื่นๆ เท่ากับ 7.622, 0.145, 0.316, 1.500 และ 1.976 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ โดยร่วงหล่นมากในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคมและมากที่สุดในเดือนตุลาคม หลังจากนั้นปริมาณการร่วงหล่นเริ่มลดน้อยลง ในขณะที่การกักเก็บคาร์บอนและการสะสมสารอาหารในซากพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม มีปริมาณมากที่สุดในป่าชายเลนที่มีระดับความสมบูรณ์ปานกลางเท่ากับ 5,071.46, 108.89, 19.77, 39.52, 439.37 และ 64.20 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี

คำสำคัญ: คลองกำพวน ป่าชายเลน การร่วงหล่น สารอาหาร

คำนำ

ป่าชายเลนเป็นป่าประเภทไม่ผลัดใบพบอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล ซึ่งมีสังคมพืชขึ้นอยู่บนดินเลนตามแนวชายฝั่งทะเล จะพบป่าชายเลนบริเวณชายฝั่งทะเล ปากแม่น้ำหรืออ่าว จากการศึกษาของ ธงชัย และ จิรวรรณ (2540) พบพื้นที่ป่าชายเลนในประเทศไทย 1.5 ล้านไร่ ซึ่งป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศที่มีคุณค่ามหาศาล และมีความสำคัญต่อมนุษย์หลายรูปแบบ ถือเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสัตว์น้ำ เป็นแหล่งอนุบาลตัวอ่อนของสัตว์น้ำ เป็นเสมือนเขื่อนป้องกันคลื่นลมจากทะเล ที่สามารถซ่อมแซมตนเองได้เมื่อได้รับความเสียหายจากพายุ นอกจากนี้ป่าชายเลนซึ่งเป็นระบบนิเวศป่าไม้หนึ่งยังมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและปริมาณคาร์บอนในชั้นบรรยากาศ เนื่องจากเป็นแหล่งดูดซับก๊าซ CO₂ จากบรรยากาศ หรือ carbon sequestration ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง เพื่อนำมาเก็บกักไว้ในรูปของชีวมวล เช่น ใบ กิ่ง ลำต้นและราก ในขณะที่เดียวกันป่าไม้ก็ปลดปล่อยก๊าซ CO₂ กลับสู่บรรยากาศโดยกระบวนการหายใจของพืช (autotrophic respiration หรือ plant respiration) ได้แก่ การหายใจของส่วนใบ ราก ลำต้น และการปล่อยก๊าซ CO₂ จากกิจกรรมของจุลินทรีย์ (heterotrophic respiration หรือ soil respiration) ผ่านกระบวนการย่อยซากพืชและสัตว์ของจุลินทรีย์ในดินและการหายใจของสัตว์ในดิน ซึ่งกระบวนการดังกล่าว มีความสำคัญต่อการหมุนเวียนของสารอาหารในป่าที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ โดยจะเริ่มจากการที่ใบ กิ่ง ดอก ผล และส่วนอื่นๆ ของพืชร่วงหล่นลงสู่ดินจากนั้นก็ค่อยๆ สลายตัวเป็นอนุภาคขนาดเล็กโดยกระบวนการทางฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยาซึ่งกระบวนการสลายตัวจะเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับสภาพสิ่งแวดล้อม กิจกรรมของจุลินทรีย์และปริมาณผลผลิตของซากพืชตามลักษณะของป่าในแต่ละบริเวณ และเมื่อซากพืชสลายตัวจะเปลี่ยนเป็นสารอาหารสะสมอยู่ตามบริเวณผิวดิน จนกระทั่งมีฝนตกสารอาหารดังกล่าวจะถูกน้ำพาไปกับน้ำที่ซึมลงไป จากนั้นรากของพืชก็จะดูดเอาสารอาหารไปใช้เพื่อการเติบโตและส่วนที่เหลือจะถูกสะสมกลายเป็นอินทรีย์วัตถุในดิน (พงษ์เทพ, 2557)

การร่วงหล่นของซากพืชเป็นขั้นตอนสำคัญของการหมุนเวียนของสารอาหาร ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงปริมาณของซากพืชที่ร่วงหล่นลงมาในรอบปีของป่าชายเลนคลองกำพวน

พร้อมทั้งศึกษาปริมาณสารอาหารในซากพืชที่ร่วงหล่น เพื่อเป็นแนวทางในการอนุรักษ์ดินของป่าชายเลน และจัดการป่าอย่างยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การวางแผนทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาที่บริเวณป่าชายเลนคลองกำพวน อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดระยอง ที่มีความอุดมสมบูรณ์แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ป่าชายเลนที่มีความสมบูรณ์มาก ปานกลาง และน้อย ซึ่งการจำแนกระดับความสมบูรณ์ของป่าชายเลนอาศัยข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล (remote sensing) ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM และจากรายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการดัชนีชี้วัดความสมบูรณ์ของป่าชายเลน โดย กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (2553) เพื่อกำหนดขอบเขตและสภาพความสมบูรณ์ของป่าชายเลนในพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีชนิดพรรณไม้เด่นแตกต่างกันในแต่ละระดับความสมบูรณ์ กล่าวคือ โกงกางใบเล็ก เป็นไม้เด่นในแปลงตัวอย่างที่มีระดับความสมบูรณ์มาก และสมบูรณ์น้อย ส่วนโกงกางใบใหญ่ พบว่าเป็นไม้เด่นในแปลงตัวอย่างที่มีความสมบูรณ์ระดับปานกลาง ทำการวางแผนตัวอย่างเพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างของป่าชายเลนและการร่วงหล่นซากพืช โดยทำการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 พื้นที่ตามระดับความสมบูรณ์ของป่าชายเลน วางแผนสำรวจ ด้วยการวางแผนตัวอย่างแบบ Transect line method (English *et al.*, 1997) จำนวน 3 แปลง โดยวางแผนให้ตั้งฉากกับชายฝั่งทะเลหรือริมคลองลึกเข้าไปในป่าชายเลนด้านใน ขนาด 20×100 เมตร ในแต่ละแนวสำรวจทำการแบ่งเป็นแปลงขนาด 20×20 เมตร

2. การเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลการร่วงหล่นซากพืชโดยใช้กระบะรองรับซากพืช (litter trap) ขนาด 1×1 เมตร โดยมีกรอบพลาสติกทั้ง 4 ด้าน ด้านล่างด้วยตาข่าย 2 มิลลิเมตร ส่วนด้านบนของกระบะรองรับซากพืชเปิดโล่งไว้เพื่อรองรับซากพืชที่ร่วงหล่นจากด้านบน ทั้งนี้ให้กั้นกระบะรองรับซากพืชในลอนสูงจากระดับน้ำทะเลเมื่อระดับน้ำขึ้นสูงสุด วางในพื้นที่วางแผนตัวอย่างบริเวณเดียวกับพื้นที่ศึกษา โดยให้กระบะรองรับซากพืชห่างกันทุกๆ 20 เมตร ที่ระยะ 10, 30, 50, 70 และ 90 เมตร ในแนวตั้งฉากจากชายคลอง จำนวน 5 กระบะต่อแปลง รวมทั้งหมด 45 กระบะ เก็บข้อมูลโดยการเก็บปริมาณของซากพืชที่ร่วงหล่นลงในแต่ละกระบะรองรับซากพืชทุกเดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2554 รวมเวลา 1 ปี

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำซากพืชที่เก็บได้จากแต่ละกระบะในแต่ละเดือนมาทำการแยกชิ้นส่วนของซากพืชออกเป็นส่วนของ ใบ ดอก ผล กิ่ง และส่วนอื่นๆ (ซากพืชชนิดอื่นๆ เช่น ไม้พื้นล่างหรือซากพืชที่ปลิวมาจากแหล่งอื่น และซากแมลงรวมถึงไข่แมลงต่างๆ) แล้วนำมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือนานจนน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำมาชั่งหาน้ำหนักแห้ง เพื่อนำไปคำนวณหาร้อยละความชื้นแล้วนำค่าดังกล่าวไปคำนวณหาน้ำหนักแห้งของซากพืชแต่ละส่วนของพรรณไม้แต่ละชนิด โดยนำน้ำหนักแห้งของซากพืชทั้ง 15 กระบะในแต่ละแปลงตัวอย่างมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อแสดงปริมาณการร่วงหล่นในรูปของน้ำหนักแห้งของแต่ละส่วนและของซากพืชรวมทั้งหมดตามสมการ

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100$$

$$\text{น้ำหนักบดแห้ง} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสด}}{100 + \text{ร้อยละความชื้น}}$$

จากนั้นนำตัวอย่างพืชแต่ละส่วนของไม้ทั้ง 5 ชนิดมาวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ที่ห้องปฏิบัติการ ปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ การวิเคราะห์ไนโตรเจน ใช้วิธีของ Dumas หรือ dry combustion ด้วยเครื่อง CN Analyzer รุ่น CN CORDER MT-700 ส่วน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม จะทำการสกัดด้วยวิธี Wet ashing ด้วยกรด HNO_3 - H_2SO_4 - HClO_4 acid mixture ในอัตราส่วน HNO_3 : H_2SO_4 : HClO_4 เท่ากับ 5:1:2 ทำการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (vanadomolybdate yellow color) ด้วยเครื่อง Spectrometer ที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร วิเคราะห์โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม โดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542) เพื่อหาปริมาณสารอาหารที่พืชปลดปล่อยคืนสู่ดินรายปี คำนวณหาปริมาณ สารอาหารที่ได้จากอัตราการคืนกลับ (return) ลงสู่ดินของซากพืชที่ร่วงหล่นของไม้แต่ละชนิด ได้จากสูตร อัตราการคืนกลับของสารอาหาร ผลผลิตซากพืช

$$\text{ปริมาณสารอาหารที่คืนกลับ} = \frac{\text{ปริมาณซากพืช}}{100} \times \text{ความเข้มข้นของสารอาหารในซากพืช}$$

ผลและวิจารณ์

1. ปริมาณซากพืชรวมทั้งหมด

จากการศึกษาการร่วงหล่นของซากพืชป่าชายเลนคลองกำพวน ในพื้นที่ที่มีระดับความสมบูรณ์มาก ปานกลาง และน้อย พบว่า บริเวณที่มีระดับความสมบูรณ์ปานกลางมีปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 11.558 ตันต่อ เฮกตาร์ต่อปี และน้อยที่สุดในบริเวณที่มีระดับความสมบูรณ์น้อยเท่ากับ 5.319 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี (Table 1) โดยมีปริมาณซากพืชร่วงหล่นมากในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคมและมากที่สุดในเดือนตุลาคม เนื่องจากเป็นช่วงฤดูมรสุม หลังจากนั้นปริมาณการร่วงหล่นเริ่มลดน้อยลง (Figure 1) ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ป่า ชายเลนบริเวณที่มีระดับความสมบูรณ์ปานกลางมีค่ามากที่สุด เนื่องจากมีโครงสร้างสังคมพืชที่มีพรรณไม้ที่มี ค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด คือ โกงกางใบใหญ่ ซึ่งแตกต่างจากบริเวณที่มีระดับความสมบูรณ์มากและ ระดับความสมบูรณ์น้อยที่มีโกงกางใบเล็กเป็นพรรณไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ บริเวณที่มีระดับความสมบูรณ์ปานกลางมีปริมาณซากพืชที่มากกว่าโดยเฉพาะในส่วนของใบ (Table 1) เมื่อ เปรียบเทียบผลผลิตและอัตราการสลายตัวของซากพืชป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ทำเหมืองแร่และป่าชายเลน ธรรมชาติ จังหวัดระนอง พบว่า มีอัตราการร่วงหล่นเท่ากับ 8.92 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี (บำรุง, 2526) ซึ่งมี ปริมาณซากพืชน้อยกว่าในการศึกษาครั้งนี้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ วิจารณ์ (2548) ที่ทำการศึกษาค ผลผลิตของซากพืช ในพื้นที่นาทุ่งร้าง อำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี ของไม้โกงกางใบใหญ่ อายุ 2, 3, 4, 5 และ 6 ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.56, 3.16, 5.66, 8.47 และ 8.96 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ โดยการร่วง หล่นของซากพืชจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีอายุมากขึ้น ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชในป่าแต่ละชนิดนั้นยังขึ้นอยู่กับ ภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และความหนาแน่นของหมู่ไม้อีกด้วย ซึ่งต้นไม้ในป่าเขตร้อนชื้นนั้นจะมีการร่วงหล่น

ตลอดทั้งปี และอัตราการร่วงหล่นมักจะสูงในช่วงฤดูร้อนและฤดูแล้ง คือ ช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม (Klinge, 1974)

Table 1 Annual litterfall production in Kamphuan Mangrove Forest, Ranong province.

Plot	Litterfall (t ha ⁻¹ yr ⁻¹)					Total
	leaves	flowers	fruits	branches	others	
Low	4.03	0.14	0.13	0.29	0.73	5.32
	(75.71)	(2.65)	(2.53)	(5.38)	(13.74)	(100.00)*
Medium	7.62	0.14	0.32	1.50	1.98	11.56
	(65.94)	(1.25)	(2.73)	(12.98)	(17.09)	(100.00)*
High	7.01	0.24	0.21	1.50	1.97	10.93
	(64.16)	(2.21)	(1.90)	(13.70)	(18.02)	(100.00)*

Remark Numbers in parentheses represent the percentage of all litter.

2. ปริมาณซากพืชส่วนต่างๆ

ซากพืชส่วนของใบจะร่วงหล่นมากตั้งแต่ช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม โดยมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกันยายน ซึ่งเป็นช่วงของฤดูมรสุม และปริมาณซากพืชก็จะเริ่มลดปริมาณลงในเดือนต่อไป โดยปริมาณซากพืชส่วนของใบคิดเป็นร้อยละ 68 ของซากพืชทั้งหมด ในขณะที่ส่วนของส่วนอื่นๆ และส่วนของกิ่งมีการร่วงหล่นที่ไม่แน่นอน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 16 และ 11 ของซากพืชทั้งหมด ตามลำดับ ส่วนของดอกมีปริมาณมากในช่วงเดือนพฤศจิกายนและเริ่มลดปริมาณลงในเดือนต่อไป ในขณะที่ส่วนของผลนั้นจะมีปริมาณมากตั้งแต่เดือนพฤษภาคมและมิถุนายน โดยทั้งดอกและผลคิดเป็นร้อยละ 2 ของซากพืชทั้งหมด

3. ปริมาณสารอาหารในซากพืช

ความเข้มข้นของสารอาหารในซากพืชแต่ละส่วนแสดงใน Table 2 จากการศึกษาปริมาณสารอาหารในซากพืชที่ร่วงหล่น บริเวณป่าชายเลนคลองกำพวน พบว่า พื้นที่ป่าชายเลนที่มีระดับความสมบูรณ์มากมีปริมาณสารอาหารมากที่สุด โดยมีปริมาณคาร์บอนมากที่สุดเท่ากับ 5,295.97 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี ส่วนแคลเซียม ไนโตรเจน แมกนีเซียม โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส มีปริมาณมากที่สุดในพื้นที่ป่าชายเลนที่มีระดับความสมบูรณ์ปานกลาง มีค่าเท่ากับ 439.37, 108.89, 64.20, 39.52 และ 19.77 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการศึกษานี้กับพื้นที่อื่นๆ เช่น พื้นที่จังหวัดระนอง พบว่า ปริมาณสารอาหาร แคลเซียม มีมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ไนโตรเจน โพแทสเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส ตามลำดับ (บำรุง, 2526) ปริมาณสารอาหารเหล่านี้จะถูกย่อยสลายไปโดยจุลินทรีย์ เป็นสารอาหารในดินสำหรับต้นไม้ใช้ในการเติบโตต่อไป แต่เนื่องจากระบบป่าชายเลนมีคลื่นและกระแสน้ำทำให้สารอาหารบางส่วนถูกพัดพาออกไปจากพื้นที่ ในขณะที่เดียวกันสารอาหารบางส่วนก็ถูกพัดเข้ามาในพื้นที่ด้วยเช่นกัน จึงทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณสารอาหารในแต่ละพื้นที่

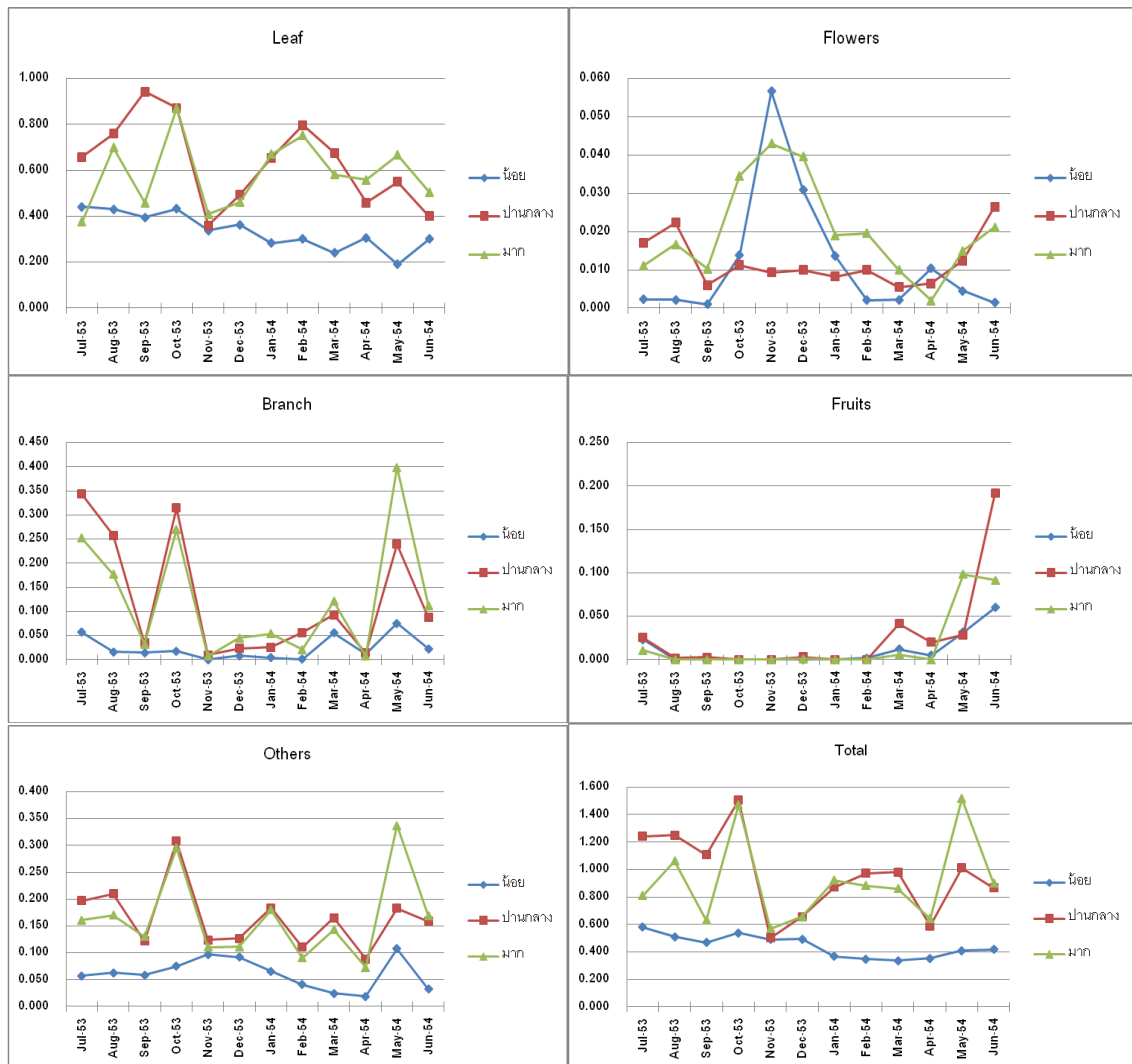


Figure 1 Monthly litterfall production in Kamphuan Mangrove Forest, Ranong province.

Table 2 Nutrient concentrations (%dry weight) in litterfall at Kamphuan Mangrove Forest, Ranong province.

Component	Litterfall (t ha ⁻¹ yr ⁻¹)	(%dry weight)					Nutrient content (kg ha ⁻¹ yr ⁻¹)						
		C	N	P	K	Ca	Mg	C	N	P	K	Ca	Mg
Low													
leaf	4.03	46.82	0.71	0.13	0.33	5.59	0.92	1,885.23	28.41	5.33	13.20	224.97	36.97
flowers	0.14	46.65	1.33	0.19	0.65	1.11	0.16	65.69	1.87	0.26	0.91	1.56	0.23
fruits	0.13	47.54	0.68	0.12	0.43	2.96	0.58	64.05	0.91	0.16	0.58	3.99	0.79
branch	0.29	47.11	0.54	0.08	0.06	4.08	0.20	134.78	1.54	0.23	0.18	11.67	0.58
others	0.73	47.03	0.81	0.13	0.37	3.43	0.47	343.58	5.94	0.95	2.68	25.09	3.41
Total	5.32							2,493.35	38.68	6.94	17.54	267.27	41.98
Medium													
leaf	7.62	42.18	0.99	0.17	0.30	4.01	0.60	3,215.01	75.46	12.75	22.84	305.94	45.79
flowers	0.14	46.79	0.60	0.21	0.08	6.58	0.26	67.82	0.86	0.30	0.12	9.54	0.38
fruits	0.32	47.74	0.98	0.16	0.39	1.31	0.56	150.64	3.08	0.50	1.25	4.14	1.78
branch	1.50	48.28	0.85	0.18	0.58	3.06	0.46	724.26	12.68	2.68	8.65	45.84	6.92
others	1.98	46.25	0.85	0.18	0.34	3.74	0.47	913.73	16.82	3.53	6.67	73.91	9.33
Total	11.56							5,071.46	108.89	19.77	39.52	439.37	64.20
High													
leaf	7.01	48.98	0.72	0.20	0.33	4.07	0.64	3,433.60	50.47	14.29	22.82	285.24	44.68
flowers	0.24	46.72	0.50	0.13	0.08	7.08	0.28	112.93	1.20	0.32	0.18	17.11	0.67
fruits	0.21	46.49	0.56	0.20	0.38	0.40	0.08	96.60	1.16	0.41	0.78	0.83	0.16
branch	1.50	47.89	0.76	0.22	0.56	3.03	0.48	717.01	11.43	3.35	8.43	45.40	7.13
others	1.97	47.52	0.63	0.19	0.34	3.64	0.37	935.83	12.50	3.71	6.60	71.78	7.23
Total	10.93							5,295.97	76.76	22.08	38.81	420.36	59.87

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาการร่วงหล่นและปริมาณสารอาหารของซากพืชป่าชายเลนคลองกำพวน จังหวัดระนอง ในระยะเวลา 1 ปี พบว่า พื้นที่ป่าชายเลนที่มีระดับความสมบูรณ์ปานกลางมีปริมาณการร่วงหล่นซากพืชมากที่สุด เท่ากับ 11.558 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี โดยแบ่งเป็นส่วนของใบ ดอก ผล กิ่ง และส่วนอื่นๆ เท่ากับ 7.622, 0.145, 0.316, 1.500 และ 1.976 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ โดยร่วงหล่นมากในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคมและมากที่สุดในเดือนตุลาคม ในขณะที่การกักเก็บคาร์บอนและการสะสมสารอาหารในซากพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เท่ากับ 5,071.46, 108.89, 19.77, 39.52, 439.37 และ 64.20 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2553. **รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการดัชนีชี้วัดความสมบูรณ์ของป่าชายเลน**. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ทัศนีย์ อุตตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทรเจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธงชัย จารุพัฒน์ และ จิรวรรณ จารุพัฒน์. 2540. การใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 (TM) ติดตามสภาพความเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าชายเลนในประเทศไทย, น. 1-9. ใน **การสัมมนาแบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 10 การจัดการและการอนุรักษ์ป่าชายเลนบทเรียนในรอบ 20 ปี**. 25-28 สิงหาคม 2540. โรงแรม เจ.บี. หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. คณะกรรมการทรัพยากรธรรมชาติและป่าชายเลนแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- บำรุง คูหา. 2526. **ผลผลิตและอัตราการสลายตัวของซากพืชในป่าชายเลนบริเวณใกล้พื้นที่ทำเหมืองแร่ และป่าชายเลนธรรมชาติ จังหวัดระนอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พงษ์เทพ หาญพัฒน์. 2557. การทบทวนวิธีการศึกษาผลผลิตและการย่อยสลายเศษซากชีวมวลในวัฏจักรคาร์บอนต่อการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในป่าเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า. **วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) 6 (12) : 134-146**.
- วิจารณ์ มีผล. 2548. การเติบโตและผลผลิตซากพืชของไม้โกงกางใบใหญ่ที่ปลูกในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำ อำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี, น. 133-141. ใน **การประชุมวิชาการระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ป่าชายเลน: รากฐานเศรษฐกิจพอเพียงของชุมชนชายฝั่ง**. 12-14 กันยายน พ.ศ. 2550 ณ โรงแรมฮอลิเดย์ อินน์ รีสอร์ท รีเจนท์บีช ชะอำ เพชรบุรี. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- English, S., C. Wilkinson and V. Baker. 1997. **Survey Manual for Tropical Marine Resources**. Australian Institute of Marine Science, Townsville.
- Klinge, H. 1974. **Litter Production on Tropical Ecosystems**. IBP-Synthesis Meeting, Kuala Lumpur.

ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนในดินของสวนป่าไม้โตเร็วต่างถิ่น
ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

Soil Carbon and Nitrogen Contents of Exotic Fast-Growing Tree Plantations
at the Royal Agricultural Station Angkhang, Chiang Mai Province

สุรเดช ธีรสวรรณ์¹ รุ่งเรือง พูลศิริ^{1*} และ สาทิศ ดิลกสัมพันธ์¹
Suradech Terasuwan¹ Roongreang Poolsiri^{1*} and Sapit Diloksumpun¹

¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: fforrrp@ku.ac.th

ABSTRACT

The soil carbon and nitrogen contents were studied and compared in three exotic, fast-growing, plantation species—*Acacia confusa* Merr., *Fraxinus griffithii* C.B. Clarke., and *Liquidambar formosana* Hance.—at the Royal Agricultural Station Angkhang, Chiang Mai province. Three plantation ages were investigated (27, 30, and 33 years). A randomized complete block design was used, with age classes as blocks and each block had three replications. In each plot, three soil pits were randomly dug and divided into three depths (0-10, 10-30, and 30-50 cm). The soil samples were analyzed for carbon (C), nitrogen (N) and the carbon and nitrogen ratio (C:N ratio). The results showed that all three exotic, fast-growing, plantation species had soil carbon and soil nitrogen contents in the ranges 12.20-49.20 and 1.38-3.59 g kg⁻¹, respectively. The highest values were at 0-10 cm soil depth and decreased with soil depth. The carbon contents at the different soil depths were not significantly different among tree species. However, the nitrogen contents were significantly different among tree species except at 0-10 cm. The soil in the *A. confusa* plantations had higher carbon and nitrogen contents in the ranges 15.81-49.03 and 2.65-5.38 g kg⁻¹, respectively, followed by the *F. griffithii* plantations (15.13-49.20 and 2.80-4.57 g kg⁻¹, respectively) and the values were lowest in the *L. formosana* plantations (12.20-46.37 and 1.38-3.59 g kg⁻¹, respectively). Furthermore, the carbon contents were highly positively correlated with the nitrogen contents in all species. All plantations had a carbon and nitrogen ratio less than 13:1 with it being lowest in the *A. confusa* plantations (6.01-9.12) followed by the *F. griffithii* plantations (6.93-10.95) and highest in the *L. formosana* plantations (8.85-12.85). However, all three exotic, fast-growing, tree species had an important role in soil carbon and nitrogen storage and as such could mitigate the effects of climate change.

Keywords: exotic fast-growing trees, carbon, nitrogen, carbon and nitrogen ratio

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนในดินได้ดำเนินการในสวนป่าไม้โตเร็วต่างถิ่น ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 3 ชนิดไม้ ได้แก่ กระถินดอย (*Acacia confusa* Merr.) จันทน์ทองเทศ (*Fraxinus griffithii* C.B. Clarke.) และเมเปิลหอม (*Liquidambar formosana* Hance) ใน 3 ชั้นอายุ คือ อายุ 27, 30 และ 33 ปี เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนในดินของไม้แต่ละชนิด โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) โดยให้ชั้นอายุเป็นบล็อก (block) จำนวน 3 ซ้ำ ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินในแปลงละ 3 หลุม ที่ 3 ระดับความลึก คือ 0-10, 10-30 และ 30-50 เซนติเมตร นำดินตัวอย่างมาวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน (C) ไนโตรเจน (N) และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า สวนป่าไม้โตเร็วต่างถิ่นทุกชนิดไม่มีปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจน อยู่ในช่วง 12.20-49.20 และ 1.38-3.59 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยมีค่ามากที่สุดที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร และลดลงไปตามความลึก และทุกระดับความลึกมีปริมาณคาร์บอนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ปริมาณไนโตรเจนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยกระถินดอยมีปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนมากที่สุด มีค่าอยู่ในช่วง 15.81-49.03 และ 2.65-5.38 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ รองลงมาคือ จันทน์ทองเทศ มีค่าอยู่ในช่วง 15.13-49.20 และ 2.80-4.57 กรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณน้อยที่สุดในเมเปิลหอม มีค่าอยู่ในช่วง 12.20-46.37 และ 1.38-3.59 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้คาร์บอนยังมีความสัมพันธ์สูงมากเชิงบวกกับไนโตรเจนในทุกชนิดไม้ ทั้งยังมีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) น้อยกว่า 13:1 โดยกระถินดอยมีค่าน้อยที่สุด รองลงมาคือ จันทน์ทองเทศ และมีค่ามากที่สุดในเมเปิลหอม มีค่าอยู่ในช่วง 6.01-9.12, 6.93-10.95 และ 8.85-12.85 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไม้โตเร็วต่างถิ่นต่างมีบทบาทสำคัญในการกักเก็บคาร์บอนและไนโตรเจนในดิน จึงสามารถช่วยบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

คำสำคัญ: ไม้โตเร็วต่างถิ่น คาร์บอน ไนโตรเจน สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เพื่อใช้ในการเกษตรเป็นปัญหาที่สำคัญในทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่สูงของดอยอ่างขาง เป็นหนึ่งในพื้นที่สูงที่เกิดปัญหาเหล่านี้ ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่ ล้วนเป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธารที่สำคัญ (รุ่งเรือง, 2548ก) โดยทั่วไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรจะทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินและจากดินอยู่ในช่วง 90-200 และ 25 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (อรรถชัย, 2547) ปริมาณคาร์บอนที่สูญเสียจะเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการเผาปุ๋ยพืชของสิ่งมีชีวิต แล้วจะถูกปลดปล่อยกลับสู่บรรยากาศ (ลดาวัลย์ และ มณฑล, 2549) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลทำให้ช่วงฤดูกาลต่างๆ มีการแปรผันไม่แน่นอน อุณหภูมิสูงขึ้น (เจษฎา, 2548) ความอุดมสมบูรณ์ของดินทั้งสมบัติดินทางกายภาพและทางเคมีจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่เสื่อมลง เนื่องจากการกร่อนของดินโดยเกิดเมื่อมีฝนตกหนักอย่างต่อเนื่อง และต่อมาปี พ.ศ. 2524 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงมีพระราชดำริให้โครงการหลวงดำเนินการศึกษาวิจัยไม้โตเร็วทั้งไม้พื้นเมืองและไม้ต่างถิ่นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง เพื่อปลูกทดแทนให้เกิดป่าไม้ใหม่และเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำ (มูลนิธิโครงการหลวง, 2554) เพราะระบบรากของต้นไม้เหล่านี้จะช่วยยึดดินจึงสามารถลดอัตราการกร่อน

ของดิน (พงษ์ศักดิ์, 2537) อีกทั้งดินยังช่วยกักเก็บคาร์บอน จึงสามารถช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ เพราะดินเป็นตัวแทนของระบบนิเวศบกที่สำคัญของแหล่งอินทรีย์คาร์บอน (Kutsch *et al.*, 2009) รวมถึงทำให้พื้นที่ต้นน้ำที่เสื่อมโทรมกลับมาสมบูรณ์ดังเดิม ทั้งยังสามารถใช้ประโยชน์จากป่าไม้ในด้านต่างๆ (วิฑูรย์, ม.ป.ป.)

ปัจจุบันไม้โตเร็วต่างถิ่นเป็นที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายในทางภาคเหนือ เช่น ดอยอ่างขาง เนื่องจากไม้โตเร็วต่างถิ่นมีการปรับตัวได้ดี และมีการเติบโตที่รวดเร็ว ทั้งสามารถอยู่ร่วมกับไม้พื้นเมืองได้ (อาจอง, 2555) และไม้ต่างถิ่นที่นำมาปลูกในพื้นที่ส่วนใหญ่ พบว่า มีการเติบโตได้ดีในพื้นที่สูง (มูลนิธิโครงการหลวง, 2554) และมีรอบตัดฟันไม่เกิน 15 ปี (ณรงค์, 2545) ซึ่งไม้ต่างถิ่นที่กล่าวมานั้น ได้แก่ กระถินดอย จันทร์ทองเทศ และเมเปิลหอม เป็นต้น ไม้โตเร็วต่างถิ่นยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ได้อีก เช่น ทำเครื่องมือทางการเกษตร เฟอร์นิเจอร์ การก่อสร้าง เพาะเห็ดหอม ทำเครื่องเรือน ปรับปรุงภูมิทัศน์เพื่อใช้เป็นที่พักผ่อนหย่อนใจ (พงษ์ศักดิ์, 2537) อีกทั้งดินยังช่วยลดอุณหภูมิในบรรยากาศ เพราะดินสามารถกักเก็บคาร์บอนไว้ได้ รวมถึงยังสามารถกักเก็บสารอาหารที่เป็นประโยชน์ โดยสะสมไว้อยู่ในรูปของอินทรีย์วัตถุและฮิวมัส (Kutsch *et al.*, 2009) อินทรีย์วัตถุที่สะสมอยู่ในดินจะถูกย่อยสลายโดยสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในดิน เนื่องจากสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ต้องการอินทรีย์วัตถุที่สะสมคาร์บอนเพื่อใช้เป็นพลังงาน และใช้ไนโตรเจนเพื่อขยายประชากร (Attiwill and Leeper, 1987) การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุที่มีประสิทธิภาพจะต้องมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) อยู่ในช่วง 20:1 ถึง 30:1 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) แต่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชเมื่อมีสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าใกล้เคียง 10:1 จึงเป็นผลให้คาร์บอนมีความสัมพันธ์กับไนโตรเจน (รุ่งเรือง, 2548)

ในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ได้ทำการปลูกไม้โตเร็วต่างถิ่นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525 จนมีอายุในปีปัจจุบัน คือ ปี พ.ศ. 2558 รวมแล้วปลูกมาเป็นเวลา 33 ปี โดยปลูกเพื่อฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดินและสิ่งแวดล้อม รวมถึงบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพราะดินเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยกักเก็บคาร์บอน อีกทั้งการย่อยสลายและปลดปล่อยความเป็นประโยชน์ต่อพืชจะต้องมีคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสม ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการศึกษาปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนในดินของไม้โตเร็วต่างถิ่นภายหลังการปลูกไม้โตเร็วชนิดต่างๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ครั้งนี้ได้ดำเนินการในสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ตั้งอยู่ในตำบลแม่งอน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,400-1,800 เมตร พื้นที่มีความลาดชัน อยู่ระหว่างร้อยละ 35-55 ลักษณะของดินสร้างตัวมาจากการผุพังของหินดินดาน หินทรายแป้ง หรือบางส่วนของหินแปรปะปน โดยจำแนกดินเป็นกลุ่มดินหลักที่เรียกว่า Reddish Brown Lateritic อยู่ในชุดดินบ้านหลวง และ Red Brown Earths จัดอยู่ในชุดดินอ่างขาง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวถึงดินเหนียว และมีอินทรีย์วัตถุสูงมาก (บุญยงค์, 2523) ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนในปี 2553-2554 พบว่า มีอากาศหนาวเย็นยาวนานและมีอุณหภูมิต่ำมากในฤดูหนาว ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 6.40 องศาเซลเซียสในเดือนกุมภาพันธ์ และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 23.70 องศาเซลเซียสในเดือนเมษายน และในเดือนพฤศจิกายน มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุด ร้อยละ 88.20 และ 46.90 ตามลำดับ มีปริมาณน้ำฝนรวม 2,394.30 มิลลิเมตรต่อปี (มูลนิธิโครงการหลวง, 2555) อดีตพื้นที่บริเวณนี้เป็นป่าดิบเขา แต่มีการบุกรุกทำลายป่า จึงมีสภาพเป็นไร่เลื่อนลอย และเป็นพื้นที่เสื่อมโทรม ลักษณะพืชพรรณที่ขึ้นทดแทนส่วนใหญ่เป็นไม้พุ่มและไม้ล้มลุก (สำนักงาน

คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2525) แต่ปัจจุบันได้ดำเนินการฟื้นฟูและปลูกเป็นแปลงทดลอง โดยการปลูกไม้โตเร็วต่างถิ่นเพื่อความยั่งยืนในพื้นที่ประมาณ 806 ไร่ (มูลนิธิโครงการหลวง, 2554)

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาในแปลงปลูกสวนป่าไม้โตเร็วต่างถิ่น จำนวน 3 ชนิดไม้ และ 3 ชั้นอายุ ได้แก่ กระถินดอย จันทน์ทองเทศ และ เมเปิลหอม ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ ปลูกเมื่อปี พ.ศ. 2525, 2528 และ 2531 โดยมีช่วงชั้นอายุห่างกัน 3 ปี ที่มีระยะปลูก (spacing) 2.0x2.5 เมตร โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ randomized complete block design (RCBD) โดยให้ชั้นอายุของชนิดไม้เป็นบล็อก (block) ทำการวางแปลงตัวอย่าง ขนาด 20x20 เมตร จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีสิ่งทดลอง (treatment) คือ ชนิดไม้ในสวนป่าไม้ต่างถิ่น ทำการเก็บตัวอย่างดินในแปลงที่ทำการศึกษา โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลอง แปลงละ 3 หลุม ที่ 3 ระดับความลึก คือ 0-10, 10-30 และ 30-50 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยใช้ split tube soil sampler เก็บตัวอย่างดินและนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ นำตัวอย่างดินออกมาผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง หลังจากดินแห้งแล้วนำดินไปทุบหรือบดให้ละเอียด แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรง (สำหรับร่อนดิน) ขนาด 0.5 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน ไนโตรเจน และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินของแต่ละระดับความลึก โดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบเผา (Dumas method หรือ dry combustion) ด้วยเครื่อง CHNS/O Elemental Analyzer เครื่องจะแสดงค่าของปริมาณคาร์บอน และไนโตรเจนในดินในรูปร้อยละความเข้มข้นโดยรวม และใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) และหาความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลและวิจารณ์

1. ปริมาณคาร์บอนในดิน (soil carbon content)

สวนป่าไม้โตเร็วต่างถิ่นในพื้นที่ศึกษาทุกชนิดมีปริมาณคาร์บอนในดินอยู่ในช่วง 12.20-49.20 กรัมต่อกิโลกรัม และสวนป่าทุกชนิดที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีปริมาณคาร์บอนมากที่สุด โดยมีปริมาณคาร์บอนมากกว่า 46 กรัมต่อกิโลกรัม โดยปริมาณคาร์บอนของกระถินดอย จันทน์ทองเทศ และ เมเปิลหอม มีค่าอยู่ในช่วง 15.81-49.03, 15.13-49.20 และ 12.20-46.37 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Table 1) และลดลงตามความลึก โดยปริมาณคาร์บอนที่ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร มีร้อยละการเปลี่ยนแปลงลดลงไปจากที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร โดยกระถินดอยมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด รองลงมาคือ จันทน์ทองเทศ และเมเปิลหอม มีค่าเท่ากับร้อยละ -67.76, -69.24 และ -73.70 ตามลำดับ (Table 2) อีกทั้งผลรวมปริมาณคาร์บอนตั้งแต่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร ของทุกชนิดไม่มีการสะสมปริมาณคาร์บอนมากกว่า 81 กรัมต่อกิโลกรัม โดยกระถินดอยมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ จันทน์ทองเทศ และเมเปิลหอม มีค่าเท่ากับ 91.61, 91.06 และ 81.30 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณคาร์บอนในดินของกระถินดอยมีปริมาณมากที่สุดนั้นเป็นผลมาจากกระถินดอยมีปริมาณมวลชีวภาพของลำต้นและมวลชีวภาพรวมมากกว่าจันทน์ทองเทศและเมเปิลหอม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น มวลชีวภาพรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ประทักษ์, 2556) อีกทั้งการกักเก็บคาร์บอนของหมู่ไม้แต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับปริมาณมวลชีวภาพ (Meunpong *et al.*, 2010) เพราะคาร์บอนที่สะสมในรูปของมวลชีวภาพของไม้ต้นเมื่อเกิดการตายหรือร่วงหล่นของซากพืชลงสู่บนพื้นป่าก็จะเกิดการย่อยสลายกลายเป็นฮิวมัส มีสารอาหารและคาร์บอนสะสมอยู่ในดิน (รุ่งเรือง, 2548ข)

Table 1 Carbon and nitrogen contents and carbon and nitrogen ratio (C/N ratio) in soil of different species.

Soil depth (cm)	Tree species	C (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	C/N ratio
0-10	<i>A. confusa</i>	49.03 ^a (±10.23)	5.38 ^a (±0.97)	9.12 ^c (±0.76)
	<i>F. griffithii</i>	49.20 ^a (±10.80)	4.57 ^a (±1.13)	10.95 ^b (±0.56)
	<i>L. formosana</i>	46.37 ^a (±04.88)	3.59 ^a (±0.22)	12.85 ^a (±0.61)
	p-value	0.74	0.11	0.00
10-30	<i>A. confusa</i>	26.77 ^a (±06.15)	3.40 ^a (±0.42)	7.61 ^a (±1.04)
	<i>F. griffithii</i>	26.73 ^a (±06.25)	3.03 ^{ab} (±0.61)	8.86 ^a (±1.15)
	<i>L. formosana</i>	22.74 ^a (±05.58)	2.08 ^b (±0.16)	10.85 ^a (±1.80)
	p-value	0.57	0.05	0.07
30-50	<i>A. confusa</i>	15.81 ^a (±02.60)	2.65 ^a (±0.48)	6.01 ^b (±0.65)
	<i>F. griffithii</i>	15.13 ^a (±03.50)	2.28 ^a (±0.60)	6.93 ^b (±1.02)
	<i>L. formosana</i>	12.20 ^a (±04.05)	1.38 ^b (±0.32)	8.85 ^a (±0.04)
	p-value	0.43	0.03	0.02
Total	<i>A. confusa</i>	91.61	11.42	
	<i>F. griffithii</i>	91.06	9.87	
	<i>L. formosana</i>	81.30	7.05	

a, b, c = Values within columns followed by the same letter are not statistically different at 0.05 significance level. (±) = standard deviations in parentheses.

Table 2 Percentage changes of carbon and nitrogen contents and carbon and nitrogen ratio (C/N ratio) in soil of different species.

Soil properties	Tree species	Soil depth (cm)		
		0-10	10-30	30-50
Percentage changes with depth (%)				
C	<i>A. confusa</i>	0	-45.41	-67.76
	<i>F. griffithii</i>	0	-45.66	-69.24
	<i>L. formosana</i>	0	-50.96	-73.70
N	<i>A. confusa</i>	0	-36.76	-50.77
	<i>F. griffithii</i>	0	-33.65	-50.15
	<i>L. formosana</i>	0	-42.01	-61.52
C/N ratio	<i>A. confusa</i>	0	-14.22	-34.05
	<i>F. griffithii</i>	0	-18.55	-38.00
	<i>L. formosana</i>	0	-15.99	-32.65

แต่อย่างไรก็ตามไม้ทั้ง 3 ชนิด ในทุกระดับความลึก ปริมาณคาร์บอนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) การที่ปริมาณคาร์บอนในดินไม่มีความแตกต่างกัน เป็นผลมาจากไม้ทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืช และการย่อยสลายที่ไม่แตกต่างกัน (ภุชนาฏ, 2550) ขณะที่ รุ่งเรือง (2547) และ ประทักษ์ (2556) ได้ศึกษาสมบัติดินของไม้โตเร็วต่างถิ่นในสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของแต่ละชนิดไม้ไม่มีความแตกต่างกัน จึงเป็นผลให้คาร์บอนในดินแต่ละชนิดไม้ไม่แตกต่างกัน เพราะอินทรีย์วัตถุในดินจะมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 50-60 (อรรถชัย, 2547)

2. ปริมาณไนโตรเจนในดิน (soil nitrogen content)

สวนป่าไม้โตเร็วต่างถิ่นที่ศึกษาทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณไนโตรเจนในดินอยู่ในช่วง 1.38-5.38 กรัมต่อกิโลกรัม และที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีปริมาณไนโตรเจนในดินมากที่สุด โดยมีปริมาณมากกว่า 3.50 กรัมต่อกิโลกรัม โดยปริมาณไนโตรเจนของกระถินดอย จันทร์ทองเทศ และเมเปิลหอม มีค่าอยู่ในช่วง 2.65-5.38, 2.28-4.57 และ 1.38-3.59 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Table 1) และลดลงตามความลึก โดยปริมาณไนโตรเจนที่ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร มีร้อยละการเปลี่ยนแปลงลดลงไปจากที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร โดย จันทร์ทองเทศมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด รองลงมาคือ กระถินดอย และเมเปิลหอม มีค่าเท่ากับร้อยละ -50.15, -50.77 และ -61.52 ตามลำดับ (Table 2) อีกทั้งผลรวมปริมาณไนโตรเจนตั้งแต่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร ของทุกชนิดไม้มีการสะสมปริมาณไนโตรเจนมากกว่า 7 กรัมต่อกิโลกรัม และไม้ทั้ง 3 ชนิด ในทุกระดับความลึก ปริมาณไนโตรเจนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้น ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยกระถินดอยมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ จันทร์ทองเทศ และเมเปิลหอม มีค่าเท่ากับ 11.42, 9.87 และ 7.05 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับการที่กระถินดอยมีปริมาณไนโตรเจนมากที่สุดนั้น เป็นผลมาจากกระถินดอยอยู่ในวงศ์ Leguminosae ที่อยู่ในตระกูลถั่ว (พงษ์ศักดิ์, 2537) เพราะพืชตระกูลถั่วมีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนได้มากกว่าตระกูลอื่นๆ เนื่องจากรากของไม้ชนิดนี้มีไรโซเบียม และจะให้ไนโตรเจนโดยการร่วงหล่นของซากพืชและรากโดยการย่อยสลายแล้วจึงปลดปล่อยไนโตรเจนลงสู่ดิน (Atta *et al.*, 2013)

3. สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (carbon and nitrogen ratio: C/N ratio)

สวนป่าไม้โตเร็วต่างถิ่นทุกชนิดและทุกระดับความลึก พบว่า กระถินดอยมีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนน้อยที่สุด รองลงมาคือ จันทร์ทองเทศ และเมเปิลหอม มีค่าอยู่ในช่วง 6.01-9.12, 6.93-10.95 และ 8.85-12.85 ตามลำดับ (Table 1) และที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ทุกชนิดไม้มีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมากที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ที่ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร ยกเว้น ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อีกทั้งลดลงตามความลึก โดยเมเปิลหอมมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด รองลงมาคือ กระถินดอย และจันทร์ทองเทศ มีค่าเท่ากับร้อยละ -32.65, -34.05 และ -38.00 ตามลำดับ (Table 2) อย่างไรก็ตามสวนป่าไม้โตเร็วต่างถิ่นมีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนน้อยกว่า 13:1 ซึ่งมีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนใกล้เคียง 10:1 ค่านี้จะแสดงความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในดินและจะเป็นประโยชน์ต่อการเติบโตของพืชมุ่ย (รุ่งเรือง, 2548ก) ซึ่งสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนจะสัมพันธ์กับการย่อยสลายซากพืช (Lemma and Olsson, 2006) รวมถึงมีผลต่อการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยกระบวนการของจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการเติบโต (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) อย่างไรก็ตามการย่อยสลายของซากใบจะขึ้นอยู่กับสารประกอบคาร์บอนที่ย่อยยากอย่างลิกนิน และเซลลูโลส (ภุชนาฏ, 2550) จึงทำให้ซากมีมากขึ้นในขณะที่ไนโตรเจนจะลดลงทำให้สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีช่วงที่ห่างกันมากขึ้น จะมีผล

ให้ไนโตรเจนไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ ดังนั้นจุลินทรีย์จึงดึงไนโตรเจนจากดินรอบข้างไปใช้ จึงส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนในดินลดลง และอาจทำให้เกิดภาวะขาดไนโตรเจนที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ (สุนทรี, 2554) เนื่องจากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเหล่านี้ต้องการคาร์บอนเพื่อเป็นแหล่งพลังงานโดยจะนำไปใช้ย่อยสลายจากกระบวนการหายใจของเซลล์และใช้ไนโตรเจนเพื่อในการขยายประชากร (Attiwill and Leeper, 1987)

4. ความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน (relationship between carbon and nitrogen : C/N ratio)

สวนป่าไม้โตเร็วต่างถิ่นทุกชนิดตั้งแต่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร พบว่า คาร์บอนมีความสัมพันธ์สูงมากเชิงบวกกับสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ $r = 1.00$, $p < 0.01$ และมีความสัมพันธ์สูงเชิงบวกกับไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ $r = 0.83$, $p < 0.01$ (Figure 1 และ Table 3) จึงอธิบายได้ว่า การมีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน และปริมาณไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้นหรือลดลงมีแนวโน้มที่มีปริมาณคาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามไปด้วย การที่คาร์บอนมีความสัมพันธ์สูงมาก และสูงเชิงบวกกับสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน และไนโตรเจนในดิน ตามลำดับ เนื่องจากสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีผลต่อการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน โดยย่อยสลายซากพืชให้กลายเป็นอินทรีย์วัตถุหรือฮิวมัส และจะสะสมอยู่ในดิน ซึ่งส่วนใหญ่อินทรีย์วัตถุจะมีไนโตรเจนและคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) จึงส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนและสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อการสะสมปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนในดินของสวนป่าไม้โตเร็วต่างถิ่น

Table 3 Correlation coefficient between carbon and nitrogen contents and carbon and nitrogen ratio (C/N ratio) in soil of all species.

Soil depth (cm)	Tree species	N		C/N ratio	
		r-value	p-value	r-value	p-value
0-50	All species	0.83	0.00	1.00	0.00
	<i>A. confusa</i>	0.99	0.00	0.94	0.00
	<i>F. griffithii</i>	0.98	0.00	0.91	0.00
	<i>L. formosana</i>	0.98	0.00	0.90	0.00

ความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนในแต่ละชนิดไม้ ตั้งแต่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร พบว่า คาร์บอนมีความสัมพันธ์สูงมากเชิงบวกกับไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในทุกชนิดไม้ โดยกระถินดอยมีความสัมพันธ์มากที่สุด รองลงมาคือ จันทร์ทองเทศ และเมเปิลหอม มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ $r = 0.99$, $p < 0.01$; $r = 0.98$, $p < 0.01$; $r = 0.98$, $p < 0.01$) ตามลำดับ ขณะที่สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในทุกชนิดไม้มีความสัมพันธ์สูงมากอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยกระถินดอยมีความสัมพันธ์มากที่สุด รองลงมาคือ จันทร์ทองเทศ และเมเปิลหอม มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ $r = 0.94$, $p < 0.01$; $r = 0.91$, $p < 0.01$; $r = 0.90$, $p < 0.01$) ตามลำดับ (Figure 2 และ Table 3)

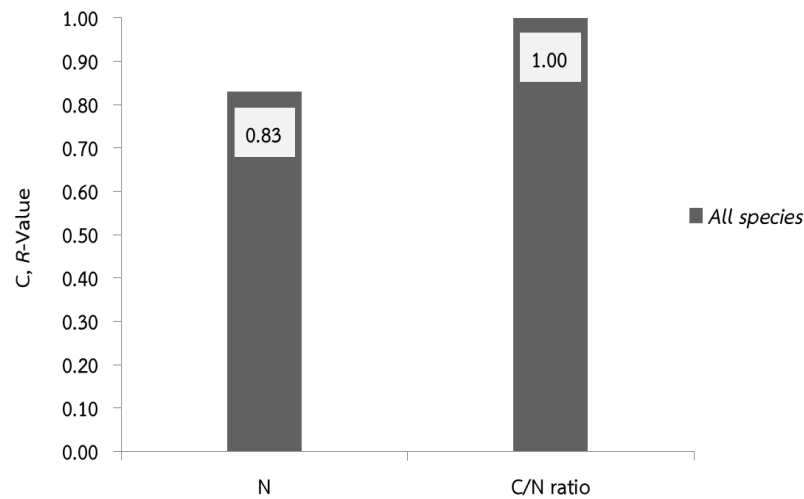


Figure 1 Correlation coefficient between carbon and nitrogen contents and carbon and nitrogen ratio (C/N ratio) in soil of all species.

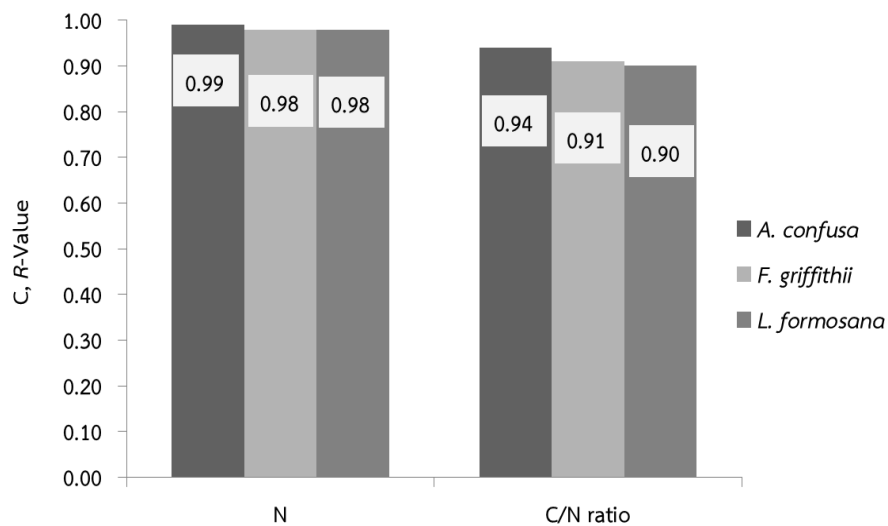


Figure 2 Correlation coefficient between carbon and nitrogen contents and carbon and nitrogen ratio (C/N ratio) in soil of different species.

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. สวนป่าไม้โตเร็วต่างถิ่นทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนมากที่สุด คือ ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร อีกทั้งยังมีการสะสมปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนมากกว่า 81 และ 7 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยกระถินดอยมีการสะสมมากที่สุด รองลงมาคือ จันทน์ทองเทศ และเมเปิ้ลหอม ตามลำดับ

2. ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจน และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในทุกชนิดไม้มีการเปลี่ยนแปลงลดลงตามความลึกของดิน

3. คาร์บอนมีความสัมพันธ์สูงและสูงมากกับไนโตรเจนและสัดส่วนคาร์บอนกับไนโตรเจนตามลำดับ ในทุกชนิดไม้

ข้อเสนอแนะ

สถานีเกษตรหลวงอ่างขางควรส่งเสริมให้ชาวบ้านบนพื้นที่สูงปลูกไม้โตเร็วต่างถิ่นทั้ง 3 ชนิด เพื่อสะสมคาร์บอน เพราะทั้ง 3 สวนป่าสามารถสะสมคาร์บอนไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามการปลูกไม้แต่ละชนิดจะต้องคำนึงถึงการใช้ประโยชน์จากไม้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถานีเกษตรหลวงอ่างขางจังหวัดเชียงใหม่ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน) (สพภ.) ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 9. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เจษฎา เหลืองแจ่ม. 2548. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการป่าไม้, น. 35-50. ใน **รายงานการประชุมวิชาการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ณรงค์ โฉมเฉลา. 2545. ไม้โตเร็วอเนกประสงค์กับวัฒนธรรมทางจิตใจ, น. 83-101. ใน **รายงานการประชุมไม้อเนกประสงค์กับวัฒนธรรมไทย**. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- บุญยงค์ ภูผาเรือง. 2523. การสำรวจจำแนกดินและการกำหนดศักยภาพของที่ดินบริเวณเทือกเขาดอยอ่างขาง **จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประทักษ์ พาโคกหม. 2556. ผลของการตัดขยายระยะต่อสมบัติของดิน มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และองค์ประกอบของไม้พื้นล่างในสวนป่าไม้ต่างถิ่น บริเวณดอยอ่างขาง **จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พงษ์ศักดิ์ ปิ่นแก้ว. 2537. ไม้กระถินดอย, น. 25-35. ใน **นิสิตวนวัฒนวิทยา, ผู้รวบรวม**. ไม้โตเร็วต่างถิ่น. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ภูษณา แสงอ่อน. 2550. ปริมาณการร่วงหล่นและการสลายตัวของซากพืชในสวนป่าไม้ต่างถิ่น ณ ดอยอ่างขาง **จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มูลนิธิโครงการหลวง. 2554. งานป่าไม้บนดอยอ่างขาง. **วารสารสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง** 3 (3): 1-28.
- _____. 2555. สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่. แหล่งที่มา: <http://www.royalprojectthailand.com/station-angkhong>, 10 พฤษภาคม 2558.

- รุ่งเรือง พูลศิริ. 2547. การปลูกสร้างสวนป่าไม้โตเร็วต่างถิ่นต่อสมบัติทางเคมีของดิน ณ ดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. ใน **รายงานวิจัยประจำปี 2547. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.**
- _____. 2548ก. คาร์บอนและไนโตรเจนในดินของสวนป่าไม้ต่างถิ่นบนดินที่สูงทางภาคเหนือของไทย, น. 107-115. ใน **รายงานการประชุมวิชาการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.**
- _____. 2548ข. ผลกระทบของการปลูกไม้โตเร็วต่อคุณสมบัติของดิน การหมุนเวียนธาตุอาหารพืช และการกระจายของราก, น. 4-1-4-89. ใน **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการ “การวิจัยเบื้องต้นเพื่อแก้ปัญหาความยากจน โดยการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดิน โดยปลูกไม้โตเร็ว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.**
- ลดาวัลย์ พวงจิตร และ มณฑล จำเริญฤกษ์. 2549. ปัจจัยแวดล้อมด้านภูมิอากาศ, น. 80-130. ใน **ลดาวัลย์ พวงจิตร, ผู้รวบรวม. วนวัฒนวิทยา พื้นฐานการปลูกป่า. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.**
- วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง. ม.ป.ป. **การพัฒนาพันธุ์ไม้โตเร็วของกรมป่าไม้เพื่อการปลูกสวนป่าเชิงเศรษฐกิจ. สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.**
- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2525. **การวิเคราะห์และรวบรวมสรุปผลการสำรวจและวางแผนการใช้ที่ดิน พื้นที่ภาคเหนือของประเทศ 2523-2525. โครงการสำรวจลุ่มน้ำทางภาคเหนือของประเทศไทย ด้วยภาพถ่ายทางอากาศ, กรุงเทพฯ.**
- สุนทรีย์ ยิ่งซึ้งชาลย์. 2554. **ใช้อินทรีย์วัตถุให้ถูกประเภท. แหล่งที่มา:**
<http://www.cab.ku.ac.th/suntaree/pdf/54OrganiMatterExplain.pdf>, 18 ธันวาคม 2559.
- อรรถชัย จินตะเวช. 2547. **การสะสมคาร์บอน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.**
- อาจอง ประพัทธ์สุนทรสาร. 2555. **ชนิดไม้ต่างถิ่น. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.**
- Atta, H.E., I. Aref and A. Ahmed. 2013. Effect of Acacia spp. on soil properties in the highlands of Saudi Arabia. **Life Sci. J.** 10(4): 100-105.
- Attwill, P.M. and G.W. Leeper. 1987. **Forest soils and nutrient Cycles.** Melbourne University Press, Carlton.
- Kutsch, W., M. Bahn and A. Heinemeyer. 2009. **Soil Carbon Dynamics: An Integrated Methodology.** Cambridge University Press, Cambridge.
- Lemma, B. and M. Olsson. 2006. Soil ^{15}N and nutrients under exotic tree plantations in the southwestern Ethiopian highlands. **For. Ecol. Manage.** 237: 124-134.
- Meunpong, P., C. Wachrinrat, B. Thaiutsa, M. Kanzaki and K. Meekaew. 2010. Carbon pools of indigenous and exotic trees species in a forest plantation, Prachuap Khiri Khan, Thailand. **Kasetsart J. Nat. Sci.** 44: 1044-1057.

สมบัติบางประการของดินภายหลังการฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ร้าง
ณ สถานีวิจัยวนศาสตร์พังงา

Some Soil Properties after Mining Reclamation
at Phangnga Forestry Research Station

วงศ์ธร คงชุม¹ รุ่งเรือง พูลศิริ^{1*} สันต์ เกตุปราณีต¹ และ เจษฎา วงศ์พรหม¹
Wongsathorn Kongchum^{1*} Roongreang Poolsiri¹ San Kaitpraneet¹
and Jetsada Wongprom¹

¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: fforrrp@ku.ac.th

ABSTRACT

The study compared some soil properties of a sandy area after planting *Acacia mangium* to rehabilitate an abandoned mining area. The experimental plots were based on a completely randomized design in *A. mangium* plantations aged 14 and 27 years. Four soil depths (0-10, 10-20, 20-30 and 30-50 cm) were sampled and the physical and chemical properties were analyzed. The results showed that the texture was sandy soil and the soil bulk density and soil particle density were highest in the abandoned area (1.78 and 1.74 g cm⁻³, respectively). The soil pH was strongly acidic in the 27-year-old *A. mangium* plantation. The organic matter, nitrogen, phosphorus, potassium, and magnesium contents were greatest in the 27-year-old plantation (1.62%, 0.11%, 5.73 mg kg⁻¹, 14.83 mg kg⁻¹, and 10.67 mg kg⁻¹, respectively) followed by the 14-year-old *A. mangium* plantation (1.03%, 0.05%, 6.40 mg kg⁻¹, 13.32 mg kg⁻¹, and 9.44 mg kg⁻¹, respectively) and the abandoned mining area (0.70%, 0.01%, 7.64 mg kg⁻¹, 6.33 mg kg⁻¹, and 2.92 mg kg⁻¹, respectively). However, the calcium content was greatest in the 14-year-old *A. mangium* plantation (21.44 mg kg⁻¹). Therefore, planting *A. mangium* in abandoned mining areas can play an important role in improving the soil fertility and increasing the nutrient level of soil.

Keywords: Soil properties, Reclamation, *Acacia mangium*, Phangnga Forestry Research Station

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติดินบางประการภายหลังการปลูกกระถินเทพาเพื่อฟื้นฟูพื้นที่ในเหมืองแร่ร้าง มีแปลงดำเนินการในพื้นที่ 3 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ทิ้งร้าง แปลงปลูกกระถินเทพาอายุ 14 และ 27 ปี โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ทำการ

เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-10, 10-20, 20-30 และ 30-50 เซนติเมตร และนำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ผลการศึกษาพบว่า ทั้ง 3 พื้นที่ที่มีเนื้อดินเป็นดินทราย ความหนาแน่นรวมและความหนาแน่นอนุภาคในพื้นที่ที่ทิ้งร้างมีค่ามากที่สุด มีค่า 1.78 และ 1.74 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่แปลงกระถินเทพา อายุ 27 ปี ดินเป็นกรดจัด pH 4.5 และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม มากที่สุด รองลงมาคือ แปลงกระถินเทพา อายุ 14 ปี และพื้นที่ที่ทิ้งร้าง มีค่าร้อยละ 1.62 ร้อยละ 0.11, 5.73, 14.83 และ 10.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ร้อยละ 1.03 ร้อยละ 0.05, 6.40, 13.32 และ 9.44 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และร้อยละ 0.70 ร้อยละ 0.01, 7.64, 6.33 และ 2.92 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตามปริมาณแคลเซียมมีมากที่สุดในแปลงกระถินเทพา อายุ 14 ปี มีค่า 21.44 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นจากการศึกษาพบว่า การปลูกสร้างสวนป่ากระถินเทพาในพื้นที่เหมืองแร่ร้างมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงดินและเพิ่มปริมาณสารอาหารในดิน

คำสำคัญ: สมบัติดิน การฟื้นฟู กระถินเทพา สถานีวิจัยวนศาสตร์พังงา

คำนำ

การทำเหมืองแร่เป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมทางด้านสิ่งแวดล้อม ให้กับระบบนิเวศป่าไม้และดิน โดยสมบัติดินทางกายภาพและเคมีจะถูกเปลี่ยนแปลงหลังจากถูกทำเหมืองแร่ อนุภาคของดินหลังทำเหมืองแร่ส่วนใหญ่จะเป็นดินทราย และมีปริมาณสารอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และอินทรีย์วัตถุ มีอยู่น้อยมาก ค่าพีเอช (pH) จะอยู่ในช่วงกรดจัด (วรัตน์, 2510) โดยดินที่ผ่านการทำเหมืองแร่มาแล้วจะไม่มีโครงสร้าง ชั้นดินมีการอัดตัวกันแน่น ทำให้ลดความสามารถในการหาอาหารได้ ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำและมีการระบายน้ำมากเกินไป จึงเป็นสาเหตุให้ดินมีน้ำไม่เพียงพอต่อการเติบโตของพืช (เพลินจิตร, 2541) ดังนั้นการฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมโทรมจากการทำเหมืองแร่ด้วยการปลูกสร้างสวนป่าจึงเป็นอีกรูปแบบหนึ่งในการปรับปรุงพื้นที่เสื่อมโทรม โดยเฉพาะการปลูกสร้างสวนป่ากระถินเทพา (*Acacia mangium* willd.) (มโนชญ์, 2533) เนื่องจากกระถินเทพาเป็นไม้ตระกูลถั่วที่สามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศ สามารถเติบโตได้ในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เช่น ในดินที่เป็นดินลูกรัง ดินทราย ทนต่อสภาพแห้งแล้ง ดินเค็ม และกรดจัดได้ และมีศักยภาพในการปรับปรุงดินในพื้นที่เสื่อมโทรม เนื่องจากการตรึงไนโตรเจนไว้ที่ราก (National Research Council, 1983) โดยกระถินเทพาที่ปลูกในพื้นที่เหมืองแร่ร้าง เป็นไม้ที่มีการเติบโตดีและให้ผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับไม้โตเร็วชนิดอื่นๆ เช่น ยูคาลิปตัส คามาลูเลนซิส สนทะเล และกระถินณรงค์ เป็นต้น (มโนชญ์, 2533) ดังนั้นกระถินเทพาจึงถูกนำมาปลูกสร้างสวนป่าอย่างแพร่หลายในพื้นที่เหมืองแร่ร้าง

สถานีวิจัยวนศาสตร์พังงา เป็นอีกพื้นที่หนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากการทำเหมืองแร่ดีบุก ซึ่งการทำเหมืองแร่ เป็นการทำเหมืองขุด ทำให้มีการนำดินจากชั้นล่างขึ้นมาถม ทำให้ดินมีสมบัติที่ไม่ดีเกิดขึ้น เนื่องจากการทำลายโครงสร้างของดิน ทำให้ดินมีคุณภาพ และมีปริมาณสารอาหารในดินที่ลดลง มีอินทรีย์วัตถุน้อย และมีค่า pH เป็นกรดจัด จากอิทธิพลการทำเหมืองแร่ และการสลายตัวของซากพืช (อภีรักษ์, 2528) จนไม่สามารถเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจได้ตามปกติ หลังการปลูกสร้างสวนป่ากระถินเทพาทำให้สมบัติดินบางประการมีการปรับปรุงดีขึ้น เช่น ปริมาณอินทรีย์วัตถุจะมีเพิ่มมากขึ้นอยู่ในระดับปานกลางหลังปลูกสร้างสวนป่ากระถินเทพาไปแล้ว 14 ปี (จรงค์ และคณะ, 2545) ดังนั้นการศึกษาสมบัติดินทางกายภาพในสวนป่ากระถินเทพา เช่น ลักษณะเนื้อดิน ความหนาแน่นของดิน ความหนาแน่นอนุภาคของดิน ความพรุนรวม และสมบัติดินทางเคมี

เช่น pH ของดิน อินทรีย์วัตถุและปริมาณสารอาหารในดิน จะเป็นข้อมูลให้ทราบถึงการพัฒนาของดินหลังการฟื้นฟูมาแล้วและทราบถึงวิธีการฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ร้างให้สามารถนำมาใช้วางแผนในการจัดการสวนป่ากระถินเทพาในพื้นที่เหมืองแร่ร้างให้เกิดประโยชน์สูงสุด

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ลักษณะพื้นที่

สถานีวิจัยวนศาสตร์พังงา มีลักษณะพื้นที่เป็นดินลูกรัง ดินทราย และ ดินร่วนปนดินทราย ซึ่งตกตะกอนทับถม กระจายกระจายทั่วไป ทำให้เกิดพื้นที่ไม่มีความสม่ำเสมอ ลักษณะภูมิอากาศ ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือทำให้มีฝนตกชุก มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 4,748.5 มิลลิเมตรต่อปี มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปัจจุบันเป็นพื้นที่เหมืองแร่ร้างที่มีการทดลองปลูกไม้โตเร็วเพื่อฟื้นฟูพื้นที่และปรับปรุงดิน

2. การเก็บตัวอย่างดิน

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีหลังจากที่ทำการฟื้นฟูเหมืองแร่ร้างโดยมีการปลูกกระถินเทพาที่มีอายุแตกต่างกัน ในพื้นที่ดินปล่อยทิ้งร้าง พื้นที่ดินที่ปลูกกระถินเทพา อายุ 14 ปี และพื้นที่ดินที่ปลูกกระถินเทพา อายุ 27 ปี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) มีพื้นที่ทดลอง (treatment) 3 พื้นที่ คือ พื้นที่ทิ้งร้าง พื้นที่ปลูกกระถินเทพาอายุ 14 และพื้นที่ปลูกกระถินเทพาอายุ 27 ปี ทำการเก็บดินใน 3 พื้นที่ด้วยกระบอกเก็บดิน (split tube soil sampler) โดยแบ่งแปลงย่อยพื้นที่ละ 3 แปลง โดยแต่ละแปลงย่อย มีขนาด 40×40 เมตร โดยทำการเก็บตัวอย่างดิน ที่ระดับความลึก 0-10, 10-20, 20-30 และ 30-50 เซนติเมตร และนำตัวอย่างมาเพื่อวิเคราะห์สมบัติดินทางกายภาพและทางเคมีในห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

ทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ เนื้อดิน โดย hydrometer method ความหนาแน่นรวม โดย core method ความหนาแน่นอนุภาค โดยใช้วิธี pycnometer วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ พีเอชของดิน (pH) โดยใช้ pH meter ใช้อัตราส่วนของดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1 โดยน้ำหนัก ปริมาณไนโตรเจน (N) ทั้งหมด โดยใช้วิธี Dumas ด้วยเครื่อง CHNS analyzer ปริมาณฟอสฟอรัส (P) สกัดโดย Bray II method และนำสารละลายที่สกัดได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ด้วยเครื่อง spectrometer ปริมาณโพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ที่แลกเปลี่ยนได้ สกัดด้วย 1 N NH_4OAc และนำสารละลายที่สกัดได้ไปวิเคราะห์ ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrometer

ผลและวิจารณ์

1. สมบัติทางกายภาพของดิน

สมบัติทางกายภาพของดินภายหลังจากการฟื้นฟูเหมืองแร่ร้าง พบว่า เนื้อดินเป็นดินทราย โดยมากกว่าร้อยละ 85 มีอนุภาคทรายเป็นองค์ประกอบหลัก โดยอนุภาคทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในดินชั้น 0-10 และ 20-30 เซนติเมตร โดยแปลงปลูกกระถิน

เทพาอายุ 27 ปี มีอนุภาคทรายและทรายแป้งน้อยที่สุด ส่วนอนุภาคดินเหนียว พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยแปลงปลูกกระถินเทพาอายุ 27 ปี มีอนุภาคดินเหนียวมากที่สุดทุกระดับความลึกของดิน รองลงมาได้แก่ แปลงกระถินเทพา อายุ 14 ปี และพื้นที่ทิ้งร้าง ในขณะที่ความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นอนุภาค และความพรุนของดิน ส่วนใหญ่มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น ความหนาแน่นรวม ในระดับความลึก 10-20 เซนติเมตร (Table 1) จะเห็นได้ว่า อนุภาคของดินทรายจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อสวนป่ากระถินเทพามีอายุเพิ่มมากขึ้นในทางตรงกันข้ามอนุภาคดินเหนียวจะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ บุญวงศ์ และ ชรัตน์ (2533) ที่ได้ทำการศึกษาในพื้นที่อำเภอท้ายเหมือง จังหวัดพังงา พบว่า หลังการฟื้นฟูปริมาณอนุภาคดินทรายค่อยๆ ลดลง และมีอนุภาคดินเหนียวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป การลดปริมาณลงของอนุภาคดินทราย อาจเนื่องมาจากการสะสมและการย่อยสลายของซากพืช ที่ส่งผลให้อินทรีย์วัตถุในดินมีค่าเพิ่มมากขึ้นและเกิดการรวมตัวของดิน (Zhao *et al.*, 2013) ในขณะที่การฟื้นฟูพื้นที่เหมืองด้วยการปลูกสร้างสวนป่าจะมีบทบาทอย่างมากต่อการลดลงของความหนาแน่นของดินและการเพิ่มขึ้นของความพรุน รวมไปถึงความสามารถในการกักเก็บน้ำในดิน (Zhao *et al.*, 2013; Bohre and Chaubey, 2014)

เมื่อเปรียบเทียบกับสมบัติทางกายภาพของดินก่อนการฟื้นฟูด้วยการปลูกสร้างสวนป่ากระถินเทพาครั้งนี้กับการศึกษาของ อภิรักษ์ (2528) ที่ศึกษาสมบัติดินภายในสถานีวิจัยวนศาสตร์พังงา พบว่า การศึกษาครั้งนี้ อนุภาคของทรายยังคงมีอยู่ในปริมาณมาก อนุภาคดินเหนียวมีค่าเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากภาคใต้มีปริมาณฝนตกมาก อาจจะทำให้เกิดมีการชะละลายของอนุภาคดินเหนียวจากพื้นที่ข้างเคียงไหลมาโดยมีอินทรีย์วัตถุเป็นตัวดักพวกอนุภาคดินเหนียวไว้ทำให้เกิดการเพิ่มของอนุภาคดินเหนียวในพื้นที่ ในขณะที่ความหนาแน่นรวมของดินมีค่าลดลง ซึ่งความหนาแน่นของดินที่ลดลงนั้นมีความคล้ายคลึงกับเหมืองแร่ที่ถูกทิ้งร้างและมีการทดแทนตามธรรมชาติเป็นเวลายาวนาน (บุญวงศ์ และ ชรัตน์, 2533) อย่างไรก็ตามการลดลงของความหนาแน่นและการเพิ่มขึ้นของอนุภาคดินเหนียว น่าจะมีบทบาทต่อการเจริญทดแทนตามธรรมชาติและการตั้งตัวของกล้าไม้ของไม้ป่าในพื้นที่

2. สมบัติทางเคมีของดิน

สมบัติทางเคมีของดินภายหลังการฟื้นฟูเหมืองแร่ พบว่า ค่าพีเอช (pH) มีความเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง มีค่าระหว่าง 4.81-5.97 โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ที่ระดับความลึก 20-50 เซนติเมตร ซึ่งในพื้นที่ดินทรายที่ปลูกกระถินเทพา อายุ 27 ปี มี pH เป็นกรดมากที่สุด มีค่า 4.81 รองลงมาคือ แปลงกระถินเทพา อายุ 14 ปี และพื้นที่ทิ้งร้าง มีค่า 5.27 และ 5.97 ตามลำดับ (Table 2) เนื่องจากกระถินเทพามีการร่วนหล่นและมีการย่อยสลายตัวของซากพืชในปริมาณค่อนข้างมาก อาจทำให้ pH ของดินมีความเป็นกรดจัด ส่วนอินทรีย์วัตถุพบว่าภายหลังจากการฟื้นฟูแล้วมีการเพิ่มของอินทรีย์วัตถุ โดยในแปลงกระถินเทพา อายุ 27 ปี มีอินทรีย์วัตถุมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.03 รองลงมาได้แก่ แปลงกระถินเทพา อายุ 14 ปี และพื้นที่ทิ้งร้าง มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.78 และ 0.43 ตามลำดับ ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของซากพืชทำให้มีปริมาณของอินทรีย์วัตถุมากขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่อำเภอตะกั่วป่า ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 4,748.5 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งจะทำให้ซากพืชมีอัตราการย่อยสลายค่อนข้างสูง เช่นเดียวกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินของแปลงกระถินเทพา อายุ 27 ปี จะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมากที่สุดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.05 รองลงมาได้แก่ แปลงกระถินเทพา อายุ 14 ปี และพื้นที่ทิ้งร้าง จะมีไนโตรเจนทั้งหมดน้อยที่สุด มีค่าร้อยละ 0.04 และ 0.01 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุและไนโตรเจนทั้งหมดในดิน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) สำหรับดินชั้นบน ซึ่งบ่งบอกถึงศักยภาพของกระถินเทพาในการเพิ่มสารอาหารให้แกดิน เนื่องจากกระถินเทพาเป็นพืชตระกูลถั่วจึงมีการตรึงไนโตรเจนได้ และมีการปลดปล่อยของอินทรีย์วัตถุทำให้มีไนโตรเจนที่มากขึ้นด้วย

Table 1 Physical properties of soil in abandoned mining area, reclamation area with 14- and 27-year-old *Acacia mangium* willd. plantations at Phangnga Forestry Research Station.

Properties	Depth (cm)	Abandoned mining area	14-year-old <i>A. mangium</i>	27-year-old <i>A. mangium</i>	F-value
Sand (%)	0-10	91.23 ^a ±1.04	91.18 ^a ±0.50	89.33 ^b ±0.37	7.17 [*]
	10-20	91.23±2.06	90.23±0.43	87.97±3.06	1.75 ^{ns}
	20-30	90.07 ^a ±0.58	90.94 ^a ±0.26	84.33 ^b ±9.18	8.34 [*]
	30-50	90.57±0.47	91.39±0.29	81.71±9.21	3.06 ^{ns}
Silt (%)	0-10	3.99 ^a ±0.62	0.71 ^b ±0.62	2.24 ^a ±1.02	13.35 [*]
	10-20	3.30±1.47	1.17±1.35	3.93±2.71	1.79 ^{ns}
	20-30	3.37 ^a ±0.70	0.74 ^b ±0.59	5.60 ^a ±0.46	7.24 [*]
	30-50	3.21±0.52	0.83±0.85	4.86±2.01	1.79 ^{ns}
Clay (%)	0-10	4.77 ^b ±1.50	8.21 ^a ±0.37	8.42 ^a ±0.79	12.24 [*]
	10-20	5.56 ^b ±0.83	8.56 ^a ±1.18	8.09 ^a ±0.37	10.55 [*]
	20-30	6.56 ^b ±0.51	8.32 ^{ab} ±0.51	10.07 ^a ±4.84	7.60 [*]
	30-50	6.23 ^b ±0.53	7.77 ^b ±0.85	13.43 ^a ±4.23	5.39 [*]
Bulk density (g cm ⁻³)	0-10	1.17±0.59	0.97±0.83	1.06±0.10	4.58 ^{ns}
	10-20	1.78 ^a ±0.06	1.44 ^b ±0.15	1.48 ^b ±0.07	9.77 [*]
	20-30	1.71±0.11	1.63±0.11	1.70±0.13	0.38 ^{ns}
	30-50	1.00±0.99	0.90±0.87	0.92±0.92	5.41 ^{ns}
Particle density (g cm ⁻³)	0-10	2.64±0.44	2.69±0.66	2.68±0.41	0.59 ^{ns}
	10-20	2.64±0.03	2.68±0.03	2.69±0.11	0.40 ^{ns}
	20-30	2.62±0.53	2.62±0.41	2.64±0.72	0.04 ^{ns}
	30-50	2.62±0.05	2.64±0.01	2.71±0.12	1.12 ^{ns}
Porosity (%)	0-10	34.73±0.99	17.53±6.07	21.21±4.78	4.24 ^{ns}
	10-20	38.24±2.79	20.01±4.30	31.25±2.57	2.11 ^{ns}
	20-30	35.80±6.40	15.55±3.70	28.29±2.76	4.07 ^{ns}
	30-50	33.77±3.71	17.25±4.89	30.72±5.68	2.21 ^{ns}

Remarks * = significant different at $p < 0.05$; letters a and b in the same row indicate significant different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test and ns = non-significance

Table 2 Chemical properties of soil in abandoned mining area, reclamation area with 14- and 27-year-old *Acacia mangium* willd. plantations at Phangnga Forestry Research Station.

Properties	Depth (cm)	Abandoned mining area	14-year-old <i>A. mangium</i>	27-year-old <i>A. mangium</i>	F-value
pH	0-10	5.95 ^a ±0.27	5.35 ^a ±0.30	4.56 ^b ±0.96	54.70 ^{**}
	10-20	6.04 ^a ±1.76	5.02 ^{ab} ±0.58	4.57 ^b ±0.21	12.30 [*]
	20-30	5.84 ^a ±0.28	5.13 ^b ±0.53	4.99 ^b ±0.11	5.03 [*]
	30-50	6.05 ^a ±0.45	5.57 ^{ab} ±0.18	5.12 ^b ±0.16	32.45 [*]
	Mean	5.97	5.27	4.81	
OM (%)	0-10	0.70 ^b ±0.48	1.37 ^{ab} ±0.79	1.62 ^a ±0.38	5.04 [*]
	10-20	0.59±0.47	0.99±0.14	0.91±0.57	0.70 ^{ns}
	20-30	0.25±0.06	0.44±0.15	0.72±0.57	1.43 ^{ns}
	30-50	0.19±0.11	0.33±0.25	0.86±0.47	3.87 ^{ns}
	Mean	0.43	0.78	1.03	
N (%)	0-10	0.01±0.06	0.05±0.38	0.11±0.31	9.43 [*]
	10-20	0.01±0.00	0.04±0.05	0.04±0.11	18.25 [*]
	20-30	0.01±0.00	0.03±0.11	0.02±0.01	3.80 ^{ns}
	30-50	0.01±0.00	0.02±0.01	0.01±0.00	1.00 ^{ns}
	Mean	0.01	0.04	0.05	
P (mg kg ⁻¹)	0-10	7.64±0.82	6.40±0.39	9.91±1.01	0.63 ^{ns}
	10-20	4.35±0.29	9.08±1.85	10.30±1.34	4.92 ^{ns}
	20-30	4.72 ^b ±0.97	3.85 ^b ±0.69	11.44 ^a ±0.35	5.73 [*]
	30-50	5.26 ^b ±1.19	5.76 ^b ±0.86	12.31 ^a ±1.24	6.95 [*]
	Mean	5.49	6.27	10.99	
K (mg kg ⁻¹)	0-10	6.33 ^b ±1.08	13.32 ^a ±3.60	14.83 ^a ±2.80	7.81 [*]
	10-20	7.47±4.91	9.57±3.98	9.60±1.10	0.36 ^{ns}
	20-30	5.17±0.60	8.09±2.90	8.17±2.90	1.52 ^{ns}
	30-50	5.01±0.43	7.71±13.74	6.19±1.77	2.37 ^{ns}
	Mean	6.00	9.67	9.70	
Ca (mg kg ⁻¹)	0-10	10.69±2.20	21.44±11.71	18.45±3.02	1.84 ^{ns}
	10-20	11.17±2.07	14.41±0.24	9.27±1.69	1.32 ^{ns}
	20-30	10.26±0.54	11.13±0.99	9.58±3.29	0.45 ^{ns}
	30-50	9.12±0.54	11.90±4.00	7.86±1.14	2.19 ^{ns}
	Mean	10.31	14.72	11.29	

Table 2 (Continued)

Properties	Depth (cm)	Abandoned mining area	14-year-old <i>A. mangium</i>	27-year-old <i>A. mangium</i>	F-value
Mg (mg kg ⁻¹)	0-10	2.92±0.61	9.44±5.62	10.67±3.87	3.12 ^{ns}
	10-20	3.21±0.41	4.09±1.34	3.77±0.48	0.80 ^{ns}
	20-30	3.12±0.05	2.63±0.24	4.75±2.78	1.43 ^{ns}
	30-50	2.85±0.11	4.77±0.72	3.45±0.49	0.85 ^{ns}
Mean		3.03	5.23	5.66	

Remarks * = significant different at $p < 0.05$; letters a and b in the same row indicate significant different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test. and ns = non – significance

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในแปลงกระถินเทพา อายุ 27 ปี มีปริมาณมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 10.99 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ แปลงกระถินเทพา อายุ 14 ปี และพื้นที่ทิ้งร้าง มีค่า 6.27 และ 5.49 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ที่ระดับความลึก 20-30 และ 30-50 เซนติเมตร ซึ่งมีมากที่สุดแปลงกระถินเทพา อายุ 27 ปี ในขณะที่แปลงกระถินเทพา อายุ 14 ปี และพื้นที่ทิ้งร้าง มีค่าใกล้เคียงกัน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่มีมากในแปลงกระถินเทพา อายุ 27 ปี อาจเนื่องมาจากสวนป่ามีการฟื้นฟูที่ยาวนานและได้อิทธิพลจากการปลดปล่อยสารอาหารจากอินทรีย์วัตถุและการสลายตัวของแร่ ในขณะที่ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในแต่ละระดับความลึกของดินมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ยกเว้น โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ที่พบมากในแปลงกระถินเทพา อายุ 27 และ 14 ปี นอกจากนี้ปริมาณสารอาหารในดิน ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าลดลงเมื่อระดับความลึกของดินเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นดินชั้นบนจึงมีบทบาทสำคัญในการสะสมสารอาหารและอินทรีย์วัตถุในการปลดปล่อยสารอาหารให้แก่พืชเพื่อใช้ในการเติบโตและเร่งการทดแทนตามธรรมชาติให้เร็วยิ่งขึ้น ซึ่งอินทรีย์วัตถุที่เพิ่มมากขึ้นนี้จึงเป็นบทบาทสำคัญของกระถินเทพา เนื่องจากกระถินเทพาเป็นไม้ที่ให้ซากพืชที่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับยูคาลิปตัส และสัก (ชิงชัย และคณะ, 2552) จงรัก และคณะ (2545) พบว่า การร่วงหล่นของซากพืชที่ร่วงหล่นลงสู่ดินจะเป็นการเพิ่มสารอาหารให้แก่ผิวน้ำดิน จึงทำให้สารอาหารที่อยู่ผิวน้ำดินที่ปลูกกระถินเทพามีสารอาหารเพิ่มมากขึ้น แต่ในทางตรงกันข้ามสำหรับดินชั้นล่างที่ส่วนใหญ่จะมีสารอาหารที่ลดลงซึ่งเกิดจากในพื้นที่เหมืองแร่ร้างเป็นดินตะกอนซึ่งเกิดจากการทำเหมืองแร่ ซึ่งเป็นดินที่มีสารอาหารต่ำอยู่แล้ว และต้นไม้มิมีการดูดสารอาหารเข้าไปใช้ในการสร้างผลผลิตและส่วนประกอบของต้นไม้ นอกจากนี้ส่วนหนึ่งอาจจะเกิดจากการชะละลายของสารอาหารให้ลงสู่ดินชั้นล่าง และมีการสูญเสียไปจากดินชั้นล่าง เนื่องจากมีฝนตกชุกมาก ซึ่งสอดคล้องกับ Oktavia *et al.* (2015) ที่พบว่า หลังจากการทำเหมืองแร่ดีบุกแล้วเสร็จแล้วมีการปลูกไม้โตเร็วเข้าไปฟื้นฟูสมบัติดินเป็นระยะเวลา 130 ปี พบว่ามีสมบัติดินทางด้านกายภาพและเคมีที่ดีขึ้น โดยมีอนุภาคทรายที่ลดน้อยลง ในขณะที่อนุภาคดินเหนียวและปริมาณสารอาหารมีค่ามากขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบกับสมบัติดินก่อนการฟื้นฟูเหมืองแร่ร้าง พบว่า pH เป็นกรดปานกลาง มีค่า 5.78 ส่วนสารอาหาร ได้แก่ อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีในปริมาณที่น้อยมาก มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.19, 1.58, 11.25, 47.33 และ 4.17 พีพีเอ็ม (ppm)

ตามลำดับ สารอาหารมีปริมาณที่ต่ำ ทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ทำให้มีความเป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยมาก เนื่องจากการชะละลายของดินที่เกิดจากการฉีดแยกแร่ ทำให้เกิดการสูญเสียสารอาหาร (อภีรักษ์, 2528)

3. การฟื้นฟูเหมืองแร่ร้าง

สมบัติดินหลังจากการทำเหมืองแร่ จะทำให้พืชที่อยู่ในบริเวณเหมืองแร่นั้นมีการเติบโตที่ไม่ดี เนื่องจากรากของพืชไม่สามารถหาอาหารได้ เพราะว่าสมบัติดินทางกายภาพจะไม่มีโครงสร้างดิน เนื้อดินจะเป็นดินทราย มีความหนาแน่นรวมในชั้นผิวดินสูง มีการอัดตัวของชั้นดินมาก ทำให้มีความพรุนในปริมาณค่อนข้างต่ำ และมีการอุ้มน้ำที่ต่ำมาก ในด้านสมบัติทางเคมี พบว่า มีความเป็นกรดปานกลาง มีสารอาหารในดินที่อยู่ในระดับที่น้อยมาก ทำให้ดินนั้นมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ทำให้ต้นไม้ไม่สามารถเติบโตได้เต็มที่ (ชรัตน์, 2526) การปลูกสร้างสวนป่ากระถินเทพาในพื้นที่เหมืองแร่ร้าง จึงมีบทบาทสำคัญในการฟื้นฟูสมบัติทางกายภาพ เช่น โครงสร้างดิน ความหนาแน่นรวม ความพรุน เนื้อดิน รวมไปถึงสมบัติทางเคมี และการเพิ่มสารอาหารให้แก่ดิน หลังจากการฟื้นฟูสภาพหลังจากการทำเหมืองแร่ พบว่า เนื้อดินมีอนุภาคดินเหนียวเพิ่มมากขึ้น ความหนาแน่นรวมของดินลดน้อยลง มีอินทรีย์วัตถุ และสารอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม มีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ ทรงธรรม และคณะ (2537) ที่พบว่า หลังจากมีการทำลายป่าเพื่อใช้ที่ดินและปล่อยทิ้งร้าง จะทำให้ค่าปฏิกิริยาของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้รวมทั้ง ปริมาณความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินลดลง แต่ภายหลังการฟื้นฟูด้วยการปลูกกระถินยักษ์ซึ่งทำให้อินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าสูงขึ้น แต่ค่าปฏิกิริยาของดินไม่มีการเปลี่ยนแปลง และมีอินทรีย์วัตถุในดินชั้นล่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

การปรับปรุงดินโดยการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อฟื้นฟูสภาพพื้นที่ จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการฟื้นฟูดินที่ผ่านการทำเหมืองแร่ให้ดินมีสภาพดีขึ้น กระถินเทพาเป็นไม้ที่เติบโตได้ดีในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม เนื่องจากกระถินเทพาเป็นพืชตระกูลถั่วที่ช่วยปรับปรุงดิน ซึ่งสามารถตรึงไนโตรเจนได้ และเป็นชนิดไม้ที่เติบโตดีมากรวมเหมาะสำหรับการปลูกเพื่อฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ร้าง (มโนชญ์, 2533) ดังนั้นการปลูกสร้างสวนป่าด้วยกระถินเทพาเพื่อฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ร้างจึงส่งผลทำให้ดินมีการพัฒนาที่ดีขึ้น ปรับปรุงสมบัติดินทั้งทางกายภาพของดินและเพิ่มปริมาณสารอาหารให้แก่ดินเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการปลูกสร้างสวนป่ากระถินเทพา

สรุปและข้อเสนอแนะ

1. สมบัติทางกายภาพหลังจากการฟื้นฟูเหมืองแร่ร้าง พบว่า ในพื้นที่ปลูกกระถินเทพา อายุ 27 ปี มีอนุภาคดินเหนียวที่เพิ่มมากขึ้น มากกว่าพื้นที่ปลูกกระถินเทพา อายุ 14 ปี และพื้นที่ทิ้งร้าง เนื่องจากภายหลังจากการฟื้นฟูแล้วทำให้มีอนุภาคดินเหนียวเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นรวมในระดับความลึก 10-20 เซนติเมตรมีความแตกต่างกัน โดยในพื้นที่ทิ้งร้างจะมีความหนาแน่นรวมมากที่สุด ส่วนความหนาแน่นอนุภาค และความพรุนทั้งสามพื้นที่ไม่พบความแตกต่างกัน

2. ค่า pH มีความแตกต่างกันในทุกระดับชั้น เนื่องจากการปลูกต้นกระถินเทพามีการร่วนหล่นของซากพืชและการย่อยสลาย ทำให้ดินมีความเป็นกรดมากขึ้น โดยในพื้นที่ปลูกกระถินเทพา อายุ 27 ปีจะเป็นกรดมากที่สุด รองลงมาได้แก่ พื้นที่ปลูกกระถินเทพา อายุ 14 ปี และพื้นที่ทิ้งร้าง

3. ปริมาณสารอาหารในดิน ภายหลังจากการฟื้นฟูเหมืองแร่แล้ว พบว่า ในพื้นที่ปลูกกระถินเทพา อายุ 27 ปี มีปริมาณสารอาหารมากกว่าพื้นที่ปลูกกระถินเทพา อายุ 14 ปี และพื้นที่ทิ้งร้าง โดยจะมีปริมาณ อินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมมากที่สุด แต่ปริมาณแคลเซียมจะพบในพื้นที่ ปลูกกระถินเทพา อายุ 14 ปีสูงที่สุด

4. ภายหลังจากการฟื้นฟูเหมืองแร่ พบว่า พื้นที่ปลูกกระถินเทพา อายุ 27 ปี เป็นพื้นที่ที่ดีกว่าพื้นที่ปลูก กระถินเทพา อายุ 14 ปี และพื้นที่ทิ้งร้าง เพราะว่ามีสมบัติทางกายภาพมีอนุภาคดินเหนียวที่เพิ่มขึ้น มีความ หนาแน่นลดลง และสมบัติทางเคมีพบว่า มีปริมาณสารอาหารที่มากกว่าพื้นที่ปลูกกระถินเทพา อายุ 14 ปี และ พื้นที่ทิ้งร้าง ดังนั้นการปลูกกระถินเทพาเพื่อฟื้นฟูพื้นที่นานขึ้นก็จะทำให้ทิศทางของดินมีสมบัติดินทั้งทางกายภาพ และเคมีที่ดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถานีวิจัยวนศาสตร์พังงา จังหวัดพังงา ที่ให้พื้นที่เก็บข้อมูลและเจ้าหน้าที่สถานีวิจัยวนศาสตร์ พังงาที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- จงรัก วชิรจันทร์รัตน์, พงษ์ศักดิ์ สหุพานุ, วิษณุภาส สังพาลี, เสริมพงศ์ นวลงาม, พรเทพ เหมือนพงษ์, ระเบียง ศรียงพาน, ลภโชค ถาวรวงษ์ และ บุญวงศ์ ไทยอุดสำห. 2545. ผลของการปลูกสร้างสวนป่าไม้ กระถินเทพาต่อผลผลิตของไม้และคุณสมบัติของดินในพื้นที่เหมืองแร่บริเวณสถานีวิจัยวนศาสตร์ บางม่วง จังหวัดพังงา, น. 261-284. ใน รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 7. ส่วน วนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- ชรัตน์ รุ่งเรืองศิลป์. 2526. สมบัติของดินภายหลังจาก ทำเหมืองแร่ดีบุก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชิงชัย วิริยะบัญชา, วิโรจน์ รัตนพรเจริญ และ สิริพันธ์ ดิยานนท์. 2552. ผลผลิตปฐมภูมิสุทธิตะกัภาพในการ สะสมคาร์บอนของไม้เศรษฐกิจ บางชนิด, น. 365-376. ใน การประชุมวิชาการ ทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 2. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
- ทรงธรรม สุขสว่าง, บุญมา ดีแสง และ ประภา คล้ายมุข. 2537. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีภายหลังการ ปลูกป่าฟื้นฟูต้นน้ำแม่กลอง จ.กาญจนบุรี, น. 224-236. ใน การประชุมวิชาการป่าไม้ประจำปี 2537. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- บุญวงศ์ ไทยอุดสำห และ ชรัตน์ รุ่งเรืองศิลป์. 2533. ผลกระทบของการทำเหมืองแร่ดีบุกต่อสมบัติของดิน. วารสารวนศาสตร์ 9 : 73-82.
- เพลินจิตร ชุมเรียง. 2541. การทดสอบดินกำเนิดไม้สนทะเลซึ่งปลูกบนที่ดินเหมืองแร่. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มนอชญ มาตรพลการ. 2533. การทดสอบชนิดไม้ที่เหมาะสมสำหรับปลูกบนดินเหมืองแร่เก่า ท้องที่ อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิรัตน์ ตันภิบาล. 2510. มลดินเหมืองแร่. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- อภิรักษ์ อนันต์ศิริวัฒน์. 2528. ผลผลิตมวลชีวภาพกับสมบัติดินบางประการของดินเหมืองแร่ร้าง บาง
ม่วง ตะกั่วป่า พังงา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Bohre, P. and O.P. Chaubey. 2014. Restoration of degraded lands through plantation forests.
Global J. Sci. Frontier Res. 14(1): 19-27.
- National Research Council. 1983. **Mangium and Other Fast-Growing Acacias for the
Humid Tropics**. National Academy Press, Washington, DC.
- Oktavia, D., Y. Setiadi and I. Hilwan. 2015. The comparison of soil properties in heath
forest and post-tin mined land: Basic for ecosystem restoration. **Procedia
Environmental Sciences** 28: 124–131.
- Zhao, Z., I. Shahrour, Z. Bai, W. Fan, L. Feng and H. Li. 2013. Soil development in opencast
coal mine spoils reclaimed for 1-13 years in the West-Northern Loess Plateau of China.
European J. Soil Biol. 55: 40-46.

การสะสมไนโตรเจนในระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีไฟป่าและไม่มีไฟป่า
บริเวณสถานีวนวัฒนวิจัยอินทิล จังหวัดเชียงใหม่

Nitrogen Storage in a Dry Dipterocarp Forest Ecosystem With and Without Fire
at Intakin Silvicultural Research Station, Chiang Mai Province

อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์^{1*} สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล¹ และ สมชาย นองเนื่อง¹
Ampai Pornleesangsuan^{1*} Saroj Wattanasuksakul¹ and Somchai Nongnuang¹

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: p.ampai44@gmail.com

ABSTRACT

Nitrogen storage in the ecological system of dry dipterocarp forest (DDF) with and without annual fire for 10 years was studied at the In Takin Silvicultural Research Station, In Takin sub-district, Mae Tang district, Chiang Mai province. Plant species composition in the forests were assessed for frequency, density, dominance, and important value index. The species diversity index of forest communities was based on a Shannon-Wiener function. The amounts of nitrogen storage in the biomass, soil, and litterfall were analyzed. In total, 45 species (38 genera and 26 families) were recorded in DDF without fire. *Dipterocarpus tuberculatus* had the highest importance, followed by *Shorea obtusa*, *Gluta usitata*, *Aporosa villosa*, and *Canarium subulatum*, respectively. The basal area was 23.34 m² ha⁻¹ and the Shannon-Wiener index of species diversity was 3.20. In DDF with annual fire, 42 tree species in 36 genera and 23 families were observed. The most dominant tree was *D. tuberculatus*, followed by *S. obtusa*, *G. usitata*, *D. obtusifolius*, and *A. villosa*, respectively. The basal area was 20.83 m² ha⁻¹ and the Shannon-Wiener index of species diversity was 3.24. There was no significant difference between the nitrogen storage in the DDF ecological system with and without fire. However, nitrogen storage in DDF not subjected to fire (8,615 kg ha⁻¹ divided into biomass, soil, and litterfall of 582, 7,994, and 39 kg ha⁻¹, respectively) was higher than the nitrogen storage in DDF with annual fire (8,365 kg ha⁻¹ divided into biomass, soil, and litterfall in the order of 485, 7,850, and 30 kg ha⁻¹, respectively). The control of forest fires in DDF could preserve litterfall which will decompose to organic nitrogen.

Keywords: nitrogen storage, biomass, soil, litterfall, dry dipterocarp forest

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการสะสมไนโตรเจนในระบบนิเวศป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่าเกิดขึ้นไม่น้อยกว่า 10 ปี กับป่าเต็งรังที่มีไฟไหม้ทุกปี ที่สถานีวิจัยวนวัฒนวิทยา ตำบลอินทขิล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ โดยวางแผนสุ่มตัวอย่างขนาด 100x100 เมตร จำนวน 2 แปลงต่อพื้นที่ วัดเส้นรอบวงลำต้นเพียงอกและความสูงของพันธุ์ไม้ทุกชนิดที่สูง 1.50 เมตรขึ้นไป ทำการประเมินชนิดพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ในป่าจากค่าความถี่ของการพบ ความหนาแน่น ความเด่น และดัชนีความสำคัญ ดัชนีความหลากหลายชนิดพันธุ์ ใช้ Shannon-Wiener function หาปริมาณการสะสมไนโตรเจนในระบบนิเวศ ได้แก่ มวลชีวภาพป่าไม้ ดิน และซากพืช พบว่า ป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่า มีพันธุ์ไม้ทั้งหมด 45 ชนิด ใน 38 สกุล 26 วงศ์ มีไม้พลวงเป็นพันธุ์ไม้เด่นที่สุด รองลงมาคือ เต็ง รักใหญ่ เหมือดหลวง และมะเก็ม มีพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ 23.34 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 3.20 ส่วนป่าเต็งรังที่มีไฟป่ามีพันธุ์ไม้ทั้งหมด 42 ชนิด ใน 36 สกุล 23 วงศ์ พันธุ์ไม้เด่นที่สุด คือ ไม้พลวง รองลงมาได้แก่ เต็ง รักใหญ่ เหียง และเหมือดหลวง มีพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ 20.83 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 3.24 ป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่าและมีไฟป่าทุกปี มีปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในระบบนิเวศแตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามพบป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่ามีปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในระบบนิเวศเท่ากับ 8,615 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ โดยสะสมในมวลชีวภาพ ดิน และซากพืชเท่ากับ 582, 7,994 และ 39 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าป่าเต็งรังที่มีไฟป่าทุกปี โดยมีปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในระบบนิเวศเท่ากับ 8,365 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ โดยสะสมในมวลชีวภาพ ดิน และซากพืชคิดเป็น 485, 7,850 และ 30 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ การควบคุมไฟในป่าเต็งรังทำให้ซากพืชที่ย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุในดินซึ่งเป็นแหล่งที่มาของธาตุไนโตรเจนในดินไม่ถูกทำลาย

คำสำคัญ: การสะสมไนโตรเจน มวลชีวภาพ ดิน ซากพืช ป่าเต็งรัง

คำนำ

ป่าเต็งรัง (dry dipterocarp forest) เป็นสังคมพืชป่าผลัดใบ (deciduous forest) ที่มีลักษณะเฉพาะพบเฉพาะบนแผ่นดินใหญ่ของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เท่านั้น ปกติจะขึ้นในพื้นที่แห้งแล้งที่มีระยะ 5-6 เดือนต่อปี ได้รับปริมาณน้ำฝน 900-1,200 มิลลิเมตรต่อปี ป่าเต็งรังมักพบขึ้นตามภูเขาที่มีโขดหิน ดินชั้น ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีหินลูกรังปะปน ต้นไม้ที่พบกระแจะ แกรน คดงอ ขึ้นกระจายอยู่ห่างๆ ในพื้นที่ค่อนข้างราบจะเป็นดินทราย ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่มีลำต้นตรงและเติบโตค่อนข้างดี ป่าเต็งรังเป็นป่าโปร่ง เรือนยอดชั้นบนประกอบด้วยพันธุ์ไม้วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) ที่ผลัดใบอย่างน้อย 2 ชนิดจาก 5 ชนิด (Bunyavejchewin *et al.*, 2011) เป็นไม้สกุล *Dipterocarpus* 3 ชนิด คือ ยางเหียง (*D. obtusifolius*) ยางพลวง (*D. tuberculatus*) และยางกราด (*D. intricatus*) ซึ่งเป็นชนิดพันธุ์ไม้ในสกุล *Dipterocarpus* ที่ผลัดใบเพียง 3 ชนิดในโลก ส่วนอีกสองชนิดเป็นพันธุ์ไม้ของสกุล *Shorea* คือ เต็ง (*Shorea obtusa*) และรัง (*S. siamensis*) ซึ่งเป็นสองในสามชนิดพันธุ์ไม้ของสกุล *Shorea* ที่ผลัดใบ (สรายุทธ, 2555) ป่าเต็งรังจัดเป็นสังคมป่าถาวรที่มีไฟป่าเป็นตัวกำหนด (fire climax community) หากไม่มีไฟป่าจะเปลี่ยนสภาพไปเป็นป่าชนิดอื่น (Cooling, 1968)

ไฟจะทำความเสียหายแก่ต้นไม้ โดยไฟจะไหม้เปลือก ทำให้เปลือกหลุด นอกจากนี้ไฟจะเผาไหม้ใบ ราก และเนื้อเยื่อเจริญของลำต้นทำให้การเติบโตของต้นไม้ลดลง ต้นไม้ในป่าเต็งรังจำเป็นต้องปรับตัวให้เข้า

กับสภาพแวดล้อมที่มีไฟฟ้า เช่น การมีเปลือกหนา เพื่อไม่ให้ไฟไหม้เข้าไปถึงเนื้อไม้ มีช่วงเวลาการออกดอก และโปรยเมล็ดให้ปลอดภัยอันตรายจากไฟฟ้า พันธุ์ไม้บางชนิดอาศัยไฟฟ้าในการเร่งการงอกของเมล็ด เช่น มะค่าแต้ มะค่าโมง เป็นต้น ถ้าไม้ในป่าเต็งรังส่วนใหญ่มักจะสร้างรากให้แข็งแรงในดินก่อนการสร้างลำต้น ไม้มีผลต่อการเติบโตและการตายของไม้ยืนต้นในป่าเต็งรังน้อยมาก แต่จะมีผลต่อต้นไม้รุ่นและกล้าไม้ทั้งด้านการเติบโตและการตาย (วรพรรณ และ สันต์, 2551) ป่าเต็งรังที่ถูกไฟไหม้ทุกปีจะกลายสภาพเป็นป่าโปร่ง ความหนาแน่นของต้นไม้ลดลง การเติบโตช้าลง ขาดการเจริญทดแทนตามธรรมชาติ เพราะมีแต่กล้าไม้และพวกเครือเถาและหญ้า ทำให้ดินบริเวณที่ถูกไฟไหม้ขาดความชุ่มชื้น พื้นป่าขาดพืชต่างๆ ปกคลุมดิน อินทรีย์วัตถุและความชื้นในดินลดลง ทำให้ดินแห้งแล้งและเสื่อมโทรมลง

ไนโตรเจน เป็นสารอาหารที่สำคัญมากในการส่งเสริมการสร้างโปรตีนให้แก่พืช ทำให้พืชเติบโตและตั้งตัวได้เร็ว โดยเฉพาะในระยะแรกของการเติบโต พืชโดยทั่วไปมีความต้องการธาตุไนโตรเจนเป็นจำนวนมาก พืชที่ได้รับไนโตรเจนอย่างเพียงพอ ใบจะมีสีเขียวสด มีความแข็งแรง โตเร็ว และทำให้พืชออกดอกและผลที่สมบูรณ์ พืชเมื่อขาดไนโตรเจนจะแคระแกร็น โตช้า ใบเหลือง โดยเฉพาะใบล่างๆ จะแห้ง ร่วงหล่นเร็ว การออกดอกออกผลจะช้าและไม่ค่อยสมบูรณ์นัก ธาตุไนโตรเจนที่พืชต่างๆ ไปดึงดูดขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้นั้น จะต้องอยู่ในรูปของอนุมูลของสารประกอบ เช่น แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเตรตไอออน (NO_3^-) ธาตุไนโตรเจนในดินที่อยู่ในรูปเหล่านี้จะมาจากการสลายตัวของสารอินทรีย์วัตถุในดิน โดยจุลินทรีย์ในดินจะเป็นผู้ปลดปล่อย ธาตุไนโตรเจนในดินมักสูญเสียได้ง่ายจากการชะละลายในรูปของเกลือไนเตรต หรือเกิดการระเหยของแอมโมเนีย สำหรับแหล่งที่มาของไนโตรเจนในดินป่าไม้นั้น ในหินและแร่ทั่วไปไม่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่เลย ไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่ได้มาจากซากพืชที่ร่วงหล่นและถูกย่อยสลาย บางส่วนได้จากการตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ร่วมกับรากพืชและจุลินทรีย์ที่อยู่อย่างอิสระในดิน บางส่วนละลายมากับน้ำฝน ดินป่าไม้ที่มีไนโตรเจนน้อยจะเป็นปัจจัยจำกัดต่อการเติบโตและการให้ผลผลิตของพันธุ์ไม้ป่า แหล่งที่มาของธาตุไนโตรเจนในดินจะมาจากการผุพังสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดิน ดังนั้นเมื่อไฟป่าทำลายซากพืชและอินทรีย์วัตถุในดินจึงทำให้ดินมีธาตุไนโตรเจนลดลง

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสะสมไนโตรเจนในระบบนิเวศป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 เปรียบเทียบกับบริเวณที่เกิดไฟป่าเป็นประจำทุกปี ที่สถานีวิจัยวนวัฒนวิทยา ตำบลอินทิล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าเต็งรังต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยดำเนินการที่สถานีวิจัยวนวัฒนวิทยา ตำบลอินทิล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งอยู่ที่ กม. 45 ถนนเชียงใหม่-ฝาง หน พิกัด 47Q 0495421 UTM 2117377 พื้นที่อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 400 เมตร สภาพป่าโดยทั่วไปเป็นป่าเต็งรัง ทำการสุ่มวางแปลงตัวอย่างขนาด 100x100 เมตรในป่าเต็งรังธรรมชาติ บริเวณที่ไม่มีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 10 ปี จำนวน 2 แปลง และบริเวณที่มีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี จำนวน 2 แปลง ซึ่งทั้งสองบริเวณอยู่ห่างกันประมาณ 500 เมตร บันทึกตำแหน่งแปลงตัวอย่างทุกแปลงด้วย GPS แต่ละแปลงตัวอย่างแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10x10 เมตร เก็บข้อมูลเส้นรอบวงลำต้นเพียงอก (GBH) และความสูงของต้นไม้ทุกชนิดที่พบในแปลงตัวอย่างที่มีความสูง ≥ 1.50 เมตร เพื่อศึกษา

1. ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ในป่าเต็งรังบริเวณที่ไม่เกิดไฟป่าและบริเวณที่เกิดไฟป่าเป็นประจำ โดยวิธีการวิเคราะห์สังคมพืชเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ค่าความเด่น ความหนาแน่น ดัชนี

ความสำคัญทางนิเวศ (important value index; IVI) และความหลากหลายชนิดพันธุ์ไม้ (species diversity index) โดยใช้ Shannon-Wiener function (Krebs, 1985) สำหรับการศึกษาการเจริญทดแทนตามธรรมชาติ ใช้วิธีการนับจำนวนกล้าไม้และพืชพื้นล่างของพืชแต่ละชนิดในแปลงขนาด 2x2 เมตร ซึ่งวางตรงมุมแปลงขนาด 10x10 เมตร

2. ศึกษาพลชีวิภาพป่าไม้ ตามสมการ allometry ของ Ogino *et al.* (1967) ดังนี้

$$W_s \text{ (ลำต้น)} = 189 (D^2H)^{0.902}$$

$$W_B \text{ (กิ่ง)} = 0.125 W_s^{1.204}$$

$$1/W_L \text{ (ใบ)} = (11.4/W_s^{0.9}) + 0.172$$

เมื่อ W = มวลชีวิภาพ (หน่วยเป็น กิโลกรัมต่อเฮกตาร์)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (หน่วยเป็นเมตร)

H = ความสูงของต้นไม้ (หน่วยเป็นเมตร)

สำหรับการคำนวณมวลชีวิภาพของส่วนที่เป็นราก ใช้สมการ allometry ของ Ogawa *et al.* (1965) ดังนี้

$$W_R \text{ (ราก)} = 0.0264 (D^2H)^{0.775}$$

เมื่อ W = มวลชีวิภาพ (หน่วยเป็น กิโลกรัมต่อเฮกตาร์)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (หน่วยเป็นเซนติเมตร)

H = ความสูงของต้นไม้ (หน่วยเป็นเมตร)

3. ศึกษาการสะสมไนโตรเจนในมวลชีวิภาพป่าไม้ โดยวิเคราะห์จากความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง ใบ และราก มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.34, 0.64, 1.83 และ 0.53 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการศึกษาของ Tsutsumi *et al.* (1983)

4. ศึกษาการสะสมไนโตรเจนในดิน โดยขุดหลุมดินในแปลงป่าเต็งรังธรรมชาติบริเวณที่ไม่มีไฟป่าและมีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นประจำ พื้นที่ละ 2 หลุม รวมทั้งหมด 4 หลุม แต่ละหลุมขุดดินลึก 200 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินตามระดับความลึก 13 ระดับ คือ 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80, 80-100, 100-120, 120-140, 140-160, 160-180 และ 180-200 เซนติเมตร โดยวิธีเก็บตัวอย่างดินแบบรวม นำตัวอย่างดินแบบรวมของแต่ละชั้นวิเคราะห์หาสมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่ เนื้อดิน การกระจายของอนุภาคดินโดย hydrometer method และหาความหนาแน่นรวมโดย core method วิเคราะห์ความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมด ใช้ Micro Kjeldahl method (Bremner and Mulvaney, 1982) หาปริมาณมวลดินต่อพื้นที่ เพื่อคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในดิน

5. ศึกษาการสะสมไนโตรเจนในซากพืชที่ร่วงหล่น โดยสุ่มวางกระเบขนาด 0.5 ตารางเมตรในแปลงที่ศึกษาพันธุ์ไม้ทุกแปลงๆ ละ 3 จุด เพื่อเก็บปริมาณซากพืชที่ร่วงหล่นรายเดือนเป็นเวลา 1 ปี โดยแยกซากพืชออกเป็นใบ กิ่ง ผล และอื่นๆ นำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของไนโตรเจนในซากพืช ใช้ Micro Kjeldahl method (Bremner and Mulvaney, 1982) เพื่อคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในซากพืช

ผลและวิจารณ์

1. ลักษณะของสังคมพืชในป่าเต็งรัง

ป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่า มีพันธุ์ไม้ทั้งหมด 45 ชนิด ใน 38 สกุล 26 วงศ์ มีไม้พลวงเป็นพันธุ์ไม้เด่นที่สุด รองลงมาคือ เต็ง รักษ์ใหญ่ เหมือดหลวง และมะเกลือ มีพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ 23.34 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 3.20 ส่วนป่าเต็งรังที่มีไฟป่าเกิดขึ้นทุกปีมีพันธุ์ไม้ทั้งหมด 42 ชนิด ใน 36 สกุล 23

วงศ์ พันธ์ไม้เด่นที่สุด คือ ไม้พลวง รองลงมาได้แก่ เต็ง รักใหญ่ เหียง และเหมือดหลวง มีพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ 20.83 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 3.24 ป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่ามีจำนวนชนิดพันธุ์ไม้และพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้มากกว่าป่าเต็งรังที่มีไฟป่าเกิดขึ้นทุกปี การทดแทนของไม้พื้นล่างในป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่าพบจำนวน 75 ชนิด ความหนาแน่นเฉลี่ย 35,688 ต้นต่อเฮกตาร์ และในป่าเต็งรังที่มีไฟป่าเกิดขึ้นทุกปีพบไม้พื้นล่าง 58 ชนิด ความหนาแน่นเฉลี่ย 34,525 ต้นต่อเฮกตาร์ ต้นไม้ส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 80 ที่พบทั้งสองพื้นที่เป็นไม้ขนาดเล็กมีขนาดเส้นรอบวงต่ำกว่า 50 เซนติเมตร (Table 1) ดังนั้นหากมีการป้องกันไฟไม่ให้เกิดขึ้นในป่าเต็งรังถ้าไม้จะรอดตายและมีโอกาสเติบโตเป็นไม้ใหญ่ได้มากกว่าป่าที่ไม่มีการป้องกันไฟ ทำให้ป่ามีการฟื้นตัวและมีความสมบูรณ์ขึ้น ป่าเต็งรังที่สถานีวนวัฒนวิจัยอินทิลเป็นป่าเต็งรังที่กำลังฟื้นฟูสภาพ

Table 1 Overall data of plant communities in dry dipterocarp forest with and without fires.

	Status of DDF			
	Without fire	%	With fire	%
1 Number of species	45		42	
2 Number of genus	38		36	
3 Number of families	26		22	
4 Basal area (m ² ha ⁻¹)	23.34		20.83	
5 Dominance (%)				
(1) <i>Dipterocarpus tuberculatus</i>	58.6		45	
(2) <i>Shorea obtusa</i>	13.8		13.2	
(3) <i>Gluta usitata</i>	10.7		12.5	
(4) <i>Aporosa villosa</i>	4.2		5.5	
(5) <i>Canarium subulatum</i>	4.5		3.4	
(6) <i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	2.4		13.6	
(7) Others	5.7		6.9	
6 Density (individual ha ⁻¹)	1,809		1,827	
(1) gbh < 50 cm	1,501	82.97	1,529	83.71
(2) gbh 50-100 cm	270	14.93	277.5	15.19
(3) gbh 100-150 cm	33	1.82	18.5	1.01
(4) gbh 150-200 cm	4.5	0.25	1.5	0.08
(5) gbh 200-250 cm	0.5	0.03	0	0
7 IMI (%)				
(1) <i>Dipterocarpus tuberculatus</i>	45.2		36.4	
(2) <i>Shorea obtusa</i>	18.4		17.4	
(3) <i>Gluta usitata</i>	8.9		11.6	
(4) <i>Aporosa villosa</i>	7.4		9.1	
(5) <i>Canarium subulatum</i>	6.5		3.5	
(6) <i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	1.9		9.8	

Table 1 (continued)

		Status of DDF			
		Without fire	%	With fire	%
	(7) Others	11.9		12.1	
8	Ground covers				
	Number of species	75		58	
	Density (individual ha ⁻¹)	35,688		34,525	
9	Shannon-Wiener index of species diversity	3.2		3.24	
10	Forest biomass (t ha ⁻¹)	128.3		106.6	
	(1) W _S (stem)	82.1	64	68.6	64.4
	(2) W _B (branch)	29.3	22.8	22.9	21.5
	(3) W _L (Leaf)	2	1.6	1.9	1.8
	(4) W _R (Root)	15	11.7	13.1	12.3
11	Nutrient storage in biomass (kg ha ⁻¹)	582		485	
	(1) <i>Dipterocarpus tuberculatus</i>	390.5	67.1	249.5	51.5
	(2) <i>Shorea obtusa</i>	65.2	11.2	73.1	15.1
	(3) <i>Gluta usitata</i>	54.4	9.3	53.8	11.1
	(4) <i>Aporosa villosa</i>	20.1	3.5	51.2	10.6
	(5) <i>Canarium subulatum</i>	15.4	2.6	15.1	3.1
	(6) <i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	12.3	2.1	14.6	3
	(7) Others	24.3	4.2	27.5	5.7

2. ปริมาณมวลชีวภาพในป่าเต็งรัง

ป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่ามีมวลชีวภาพป่าไม้ 128.3 ตันต่อเฮกตาร์ แยกเป็นมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง ใบ และราก 82.1, 29.3, 2.0 และ 15.0 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วนป่าเต็งรังที่มีไฟป่ามีมวลชีวภาพป่าไม้ 106.6 ตันต่อเฮกตาร์ แยกเป็นมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง ใบ และราก 68.6, 22.9, 1.9 และ 13.1 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มวลชีวภาพสะสมในลำต้นมากที่สุด รองลงมาคือ กิ่ง ราก และใบ ตามลำดับ ปริมาณมวลชีวภาพที่สะสมในป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่ามีมากกว่าป่าเต็งรังที่มีไฟป่า (Table 1)

3. การสะสมไนโตรเจนในระบบนิเวศป่าเต็งรัง

3.1 ปริมาณไนโตรเจนในมวลชีวภาพ

ปริมาณการสะสมไนโตรเจนในมวลชีวภาพของป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่าเฉลี่ย 582 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ พบการสะสมไนโตรเจนในไม้พลวงมากที่สุด 390.5 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือ เต็ง รักใหญ่ มะกั้ม เทียง และเหมือดหลวง คิดเป็น 65.2, 54.4, 20.1, 15.4 และ 12.3 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณการสะสมไนโตรเจนในมวลชีวภาพของป่าเต็งรังที่มีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นประจำเฉลี่ย 485 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ พบการสะสมไนโตรเจนในไม้พลวงมากที่สุด 249.5 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือ เทียง เต็ง

รักใหญ่ เหมือดหลวง และมะเก็ม คิดเป็น 73.1, 53.8, 51.2, 15.1 และ 14.6 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 1)

3.2 ปริมาณไนโตรเจนในดิน

เนื้อดินของดินชั้นบน (ระดับ 0-5 เซนติเมตร) ในป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่าเป็นดินร่วนปนทราย ส่วนในป่าที่มีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นประจำเป็นดินทรายปนร่วน ปริมาณการสะสมไนโตรเจนในดินของป่าเต็งรังที่ระดับความลึก 200 เซนติเมตร บริเวณที่ไม่มีไฟป่าเฉลี่ย 7,994 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ส่วนปริมาณการสะสมไนโตรเจนในดินของป่าเต็งรังที่มีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นประจำเฉลี่ย 7,850 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (Table 2)

Table 2 Comparison of nitrogen storage in the ecology system (plant, soil and litterfall) of dry dipterocarp forest with and without fires.

Status of DDF	N	Without fire (kg ha ⁻¹)		With fire (kg ha ⁻¹)		t-value
		$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	
Plant	2	582	15.4	485	82.6	1.64
Soil	2	7,994	346	7,850	1,660	0.12
Litterfall	2	39	5.6	30	5.1	1.70
Total	2	8,615	367	8,365	1,747	0.20

3.3 ปริมาณไนโตรเจนในซากพืชที่ร่วงหล่น

การร่วงหล่นของซากพืชที่พบในกระบะเป็นชิ้นส่วนของใบทั้งหมด พบปริมาณมวลชีวภาพของซากพืชที่ร่วงหล่นในป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่าเฉลี่ย 5.47 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ส่วนปริมาณมวลชีวภาพของซากพืชที่ร่วงหล่นในป่าเต็งรังที่มีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นประจำเฉลี่ย 4.19 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ซึ่ง ศิริวัฒน์ (2519) ได้ศึกษาการร่วงหล่นของซากพืชในป่าเต็งรังบริเวณป่าสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา พบว่า มีปริมาณ 4.66 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี และ สัจจาพร (2537) ศึกษาการร่วงหล่นของซากพืชในป่าเต็งรัง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ มีปริมาณ 4.34 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ป่าเต็งรังที่มีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นประจำมีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชใกล้เคียงกัน แต่หากมีการป้องกันไฟป่าเป็นเวลานานติดต่อกันป่าจะฟื้นสภาพสมบูรณ์ขึ้น ทำให้มีการร่วงหล่นของซากพืชมากขึ้นด้วย

ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของไนโตรเจนในห้องปฏิบัติการ โดย Micro Kjeldahl method (Bremner and Mulvaney, 1982) มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.708 g/100 g สามารถประเมินปริมาณการสะสมไนโตรเจนในซากพืชที่ร่วงหล่นของป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่าได้ 39 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ส่วนปริมาณการสะสมไนโตรเจนในซากพืชที่ร่วงหล่นของป่าเต็งรังที่มีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นประจำคิดเป็น 30 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (Table 2) แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างของการสะสมไนโตรเจนในมวลชีวภาพของพืช ดิน ซากพืชที่ร่วงหล่น และในระบบนิเวศทั้งหมด พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่าและมีไฟป่าทุกปี

3.4 ปริมาณการสะสมไนโตรเจนในระบบนิเวศ

ป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่ามีปริมาณการสะสมไนโตรเจนในระบบนิเวศเฉลี่ย 8,615 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ โดยพบในดินมากที่สุดร้อยละ 92.79 รองลงมาคือ มวลชีวภาพ และซากพืช เฉลี่ยร้อยละ 6.76 และ

0.45 ตามลำดับ ส่วนป่าเต็งรังที่มีไฟป่าทุกปีมีปริมาณการสะสมไนโตรเจนในระบบนิเวศเฉลี่ย 8,365 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ โดยพบในดินมากที่สุดร้อยละ 93.85 รองลงมาคือ มวลชีวภาพ และซากพืช เฉลี่ยร้อยละ 5.80 และ 0.36 ตามลำดับ (Table 3) ซากพืชที่ร่วงหล่นมีการหมุนเวียนไนโตรเจนลงสู่พื้นป่าและดิน

Table 3 Nitrogen storage in the ecology system of dry dipterocarp forest with and without fires.

Status of DDF	Nitrogen storage							
	Plant	Soil	Litterfall	Total	Plant	Soil	Litterfall	Total
	----- (kg ha ⁻¹) -----				----- -----%----- -----			
Without fire	582	7,994	39	8,615	6.76	92.79	0.45	100
With fire	485	7,850	30	8,365	5.80	93.85	0.36	100

การศึกษาเกี่ยวกับไนโตรเจนในระบบนิเวศป่าไม้มีการศึกษากันน้อยมาก ฐปรัญญ์ และคณะ (2556) ได้ศึกษาศักยภาพการสะสมไนโตรเจนในระบบนิเวศป่าชุมชนบ้านหนองเต่า อำเภอมะนัง จังหวัด เชียงใหม่ โดยแบ่งออกเป็นพื้นที่ป่าอนุรักษ์และป่าใช้สอย ซึ่งทั้งสองพื้นที่มีสภาพทั่วไปเป็นป่าดิบเขา พบ ปริมาณการสะสมไนโตรเจนในระบบนิเวศป่าอนุรักษ์เท่ากับ 18,425 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ โดยพบสะสมใน มวลชีวภาพ และดินเท่ากับ 1,135 และ 17,290 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ส่วนป่าใช้สอยพบปริมาณการสะสม ไนโตรเจนในระบบนิเวศเท่ากับ 6,263 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ โดยพบสะสมในมวลชีวภาพ และดินเท่ากับ 313 และ 5,950 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ การสะสมไนโตรเจนในมวลชีวภาพและในดินของป่าเต็งรังจากผลการศึกษา นี้มีค่าน้อยกว่าป่าดิบเขาที่เป็นป่าอนุรักษ์ แต่มีค่ามากกว่าป่าดิบเขาที่เป็นป่าใช้สอยเนื่องจากการตัดต้นไม้ ไปใช้ประโยชน์

เสวียน (2537) ได้ศึกษาดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ดินในป่าเต็งรังที่มีไม้พลวงเด่นมีความอุดมสมบูรณ์มากที่สุด รองลงมาคือ ดินในสังคมพืชที่มีไม้เหียง ไม้เต็ง และไม้รังเด่น ตามลำดับ ดินในป่าเต็งรังที่มีไม้พลวงเด่นมีการสะสมของอินทรีย์วัตถุและไนโตรเจนมากกว่า ป่าเต็งรังที่มีไม้รังเด่นถึง 4 เท่า ซึ่งมีค่าเท่ากับ 142.6 และ 7.58 ตันต่อเฮกตาร์ ส่วนดินในป่าเต็งรังที่มีไม้ เหียงเด่นมีค่า 106.7 และ 5.4 ตันต่อเฮกตาร์ ในขณะที่ดินในป่าเต็งรังที่มีไม้เต็งเด่นมีค่า 38.6 และ 2.0 ตัน ต่อเฮกตาร์ ซึ่งสูงกว่าในดินป่าเต็งรังที่มีไม้รังเด่นเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าเท่ากับ 36.1 และ 1.8 ตันต่อเฮกตาร์ แต่ในผลการศึกษานี้เป็นป่าเต็งรังที่มีไม้พลวงเด่น พบการสะสมไนโตรเจนในดินป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่าและมีไฟ ป่าเกิดขึ้นเป็นประจำเพียง 0.582 และ 0.485 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าป่าเต็งรังในอุทยานแห่งชาติ ดอยอินทนนท์ที่จัดเป็นป่าอุดมสมบูรณ์ จึงมีการสะสมไนโตรเจนในดินมากกว่า

จากการเปรียบเทียบจำนวนชนิดพันธุ์ไม้ พื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ การทดแทนตามธรรมชาติของ ไม้พื้นล่าง มวลชีวภาพและการสะสมไนโตรเจนในระบบนิเวศป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่าเกิดขึ้นไม่น้อยกว่า 10 ปี และป่าเต็งรังที่มีไฟป่าเกิดขึ้นทุกปี พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษา นี้ ป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่ามีค่าสูงกว่าป่าเต็งรังที่มีไฟป่าเกิดขึ้นทุกปี Dhanmanonda (1994) กล่าวว่า ป่าเต็งรัง ที่ถูกทำลายต้องการระยะเวลาถึง 60 ปีในการฟื้นตัว (gap phase) และ 62 ปีในการพัฒนาการเติบโต (building phase) และใช้เวลาอีก 122 ปี ในการเติบโตและพัฒนาเพื่อเป็นป่าที่สมบูรณ์ การป้องกันไฟในป่า เต็งรังทำให้ซากพืชที่ย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุในดินซึ่งเป็นแหล่งที่มาของธาตุไนโตรเจนในดินไม่ถูกทำลาย พืชสามารถดูดไปใช้ในการเติบโตอย่างเพียงพอ ใบจะมีสีเขียวสด มีความแข็งแรง โตเร็ว และทำให้พืชออก

ดอกและผลที่สมบูรณ์ แต่ถ้าขาดไนโตรเจนต้นไม้มักจะแคระแกรน โตช้า ใบเหลือง ร่วงหล่นเร็ว การออกดอก ออกผลจะช้าและไม่ค่อยสมบูรณ์นัก ดังนั้นควรมีการป้องกันและควบคุมไฟในป่าเต็งรังไม่ให้เกิดความรุนแรง และบ่อยเกินไป จะทำให้ป่ามีเวลาฟื้นตัวและมีสภาพสมบูรณ์ขึ้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

ป่าเต็งรังที่สถานีวนวัฒนวิจัยอินทิล ตำบลอินทิล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ บริเวณที่มีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี เปรียบเทียบกับบริเวณที่ไม่มีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 10 ปี ในด้านการเติบโต การทดแทนของพันธุ์ไม้ และการสะสมไนโตรเจนในระบบนิเวศ พบว่า ป่าเต็งรังบริเวณที่ป้องกันไฟป่ามีจำนวนชนิดพันธุ์ไม้และพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้มากกว่าบริเวณที่มีไฟป่าเกิดขึ้นทุกปี การทดแทนตามธรรมชาติของไม้พื้นล่างในป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่ามีจำนวนชนิดพันธุ์และความหนาแน่นมากกว่าป่าเต็งรังที่มีไฟป่าเกิดขึ้นทุกปี นอกจากนี้การสะสมไนโตรเจนในระบบนิเวศ ได้แก่ มวลชีวภาพป่าไม้ ดิน และซากพืชของป่าเต็งรังที่ไม่มีไฟป่ามีปริมาณมากกว่าป่าเต็งรังที่มีไฟป่าเกิดขึ้นทุกปีด้วย แต่เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การเติบโต การทดแทนของพันธุ์ไม้ และการสะสมไนโตรเจนในระบบนิเวศทั้งสองบริเวณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ฐปรัญฐ์ สีสอยอ่อนแก้ว, สุนทร คำยอง และ นิวัติ อนงค์รักษ์. 2556. ศักยภาพการสะสมไนโตรเจนในระบบนิเวศป่าชุมชนบ้านหนองเต่า อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่, น. 127-135. ใน การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิชาการเครือข่ายงานวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย ครั้งที่ 2 เรื่อง ความรู้ในนิเวศวิทยาเพื่อการฟื้นฟู. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, จังหวัดเชียงใหม่.
- วรพรรณ หิมพานต์ และ สันต์ เกตุประณีต. 2551. ผลของไฟต่อพืชพรรณในป่าเต็งรังในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี. วารสารวนศาสตร์ 27 : 43-55.
- ศิริวัฒน์ ผ่องศา. 2519. การร่วงหล่นและปริมาณธาตุอาหารของซากพืชในป่าเต็งรัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน. 2555. โครงสร้างและพลวัตของป่าเต็งรัง. ส่วนวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- สัจจาพร หงษ์ทอง. 2537. การร่วงหล่นและการผุสลายของเศษซากพืชของป่าเต็งรัง รุ่นที่ 2. ส่วนวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- เสวียน เปรมประสิทธิ์. 2537. การศึกษาเชิงนิเวศวิทยาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสังคมพืชในป่าเต็งรังกับคุณสมบัติของดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Bremner, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. 31: Nitrogen-total, pp. 595-624. In A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney, eds. *Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2nd edition. Amer. Soc. Agron., Inc. Publisher, Madison.

- Bunyavejchewin, S., P.J. Baker and S.J. Davies. 2011. Seasonally dry tropical forests in continental Southeast Asia structure, composition, and dynamics, pp. 9-35. *In* W.J. McShea, S.J. Davies and N. Bhumpakphan, eds. **The Ecology and Conservation of Seasonally Dry Forests in Asia**. Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington, D.C.
- Cooling, E.N.G. 1968. **Fast Growing Timber Trees of the Lowland Tropics: *Pinus merkusii***. Commonw. For. Inst. Oxford University.
- Dhanmanonda, P. 1994. The forest growth cycle in various forest type. **Thai J. For.** 13: 68-80.
- Krebs, C.J. 1985. Species diversity I: Theory, pp 513-542. *In* **Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance**. Third edition, Harper & Row Publishers, New York.
- Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogino, and T. Kira. 1965. Comparative ecological study on three main types of forest vegetation in Thailand. II. Plant biomass. **Nature and Life in Southeast Asia** 4: 49-80.
- Ogino, K., D. Ratanawongs, T. Tsutsumi and T. Shidei. 1967. The primary production of tropical forest in Thailand. **The Southeast Asian Studies** 5(1): 122-154.
- Tsutsumi, T., K. Yoda, P. Sahunaru, P. Dhanmanonda and B. Prachaiyo. 1983. Forest: burning and regeneration. *In* K. Kyuma and C.Pairintra, eds. **Shifting Cultivation, An Experiment at Nam Phrom, Northeast Thailand, and Its Implications for Upland Farming in the Monsoon Tropics**. A Report of A Cooperative Research Between Thai-Japanese Universities.

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหมู่ไม้ผสม ภายหลังการปลูก 10 ปี
ณ พื้นที่เขากะโลง จังหวัดตราด

Changes in Structural Characteristics of Mixed Species after 10 Years Planting
at Khaokalong, Trat Province

ธนภัทร รีมฝ่าย^{1*} มณฑล จำริญญพฤกษ์¹ และ ลดาวัลย์ พวงจิตร์¹
Tanipat Rimfai^{1*} Monton Jamroenprucks¹ and Ladawan Puangchit¹

¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: tanipat.r@hotmail.com

ABSTRACT

The study was carried out in existing experimental plots of mixed planting at Khao Kalong, Trat province. The aim was to monitor the dynamics of the mixed stand about 10 years after planting. The study aimed to develop guidelines for economic forest rehabilitation. Stand structural characteristics (species, growth and succession) in the mixed stand of nurse trees and valuable native species were assessed using a randomized complete block design with three treatments and three replications. The treatments involved nurse trees, namely, *Artocarpus rigidus*, *Acacia mangium*, and *Peltophorum dasyrachis* intercropped with native species of *Xylia xylocarpa*, *Dipterocarpus alatus*, and *Hopea odorata*.

The results showed that the fastest-growing native species was *X. xylocarpa* followed by *D. alatus* and *H. odorata*; these species grew best with a nurse tree crop of *A. rigidus*, *A. mangium*, or *P. dasyrachis*. The density of all trees was 380, 369, and 464 trees per rai for the nurse-tree plots of *A. rigidus*, *A. mangium*, *P. dasyrachis*, respectively, with the density of natural regeneration being 208, 152, and 168 trees per rai, respectively. The total biomass (41.06 tonnes per rai) was highest in the plots with *A. mangium* as nurse trees followed by *P. dasyrachis* (14.07 tonnes per rai) and *A. rigidus* (9.05 tonnes per rai). The MI values of trees (39 species), poles (63 species), and seedlings (32 species) were also determined. It is recommended that forest rehabilitation using nurse trees can enhance natural succession faster than without a nurse crop and so nurse crops should be considered for the promotion and development of rehabilitation on degraded land.

Keywords: forest rehabilitation, natural succession, nurse tree

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้ดำเนินการในแปลงทดลองปลูกผสม ณ พื้นที่เขากะโลง จังหวัดตราด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของหมู่ไม้ผสมภายหลังจากการปลูกมาแล้ว 10 ปี เพื่อเสนอแนะแนวทางการฟื้นฟูป่าเชิงเศรษฐกิจ โดยการวางแผนตัวอย่างศึกษา ชนิด การเติบโต และการทดแทน ในแปลงปลูกไม้ที่เลี้ยงผสมกับไม้โตช้าที่เป็นไม้เศรษฐกิจ โดยมีแผนการทดลองแบบการสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) มี 3 ทรีทเมนต์ จำนวน 3 ซ้ำ ปลูกไม้ที่เลี้ยง 3 ชนิด ได้แก่ ขนุนป่า กระถิ่นเทพา และนนทรีป่า และไม้ผสม ได้แก่ แดง ยางนา และตะเคียนทอง

ผลการศึกษา พบว่า ไม้โตช้าที่มีการเติบโตดีที่สุด ได้แก่ แดง รองลงมาคือ ยางนา และตะเคียนทอง ตามลำดับ โดยไม้โตช้าทั้ง 3 ชนิด มีการเติบโตดีที่สุดแปลงที่มีขนุนป่าเป็นไม้ที่เลี้ยง รองลงมาคือ นนนทรีป่า และกระถิ่นเทพา ตามลำดับ ความหนาแน่นของต้นที่ปลูกในแปลงขนุนป่า กระถิ่นเทพา และนนทรีป่า เท่ากับ 380, 369 และ 464 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ และความหนาแน่นของไม้ที่เกิดจากการเจริญทดแทน เท่ากับ 208, 152 และ 168 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ ปริมาณมวลชีวภาพรวม ในแปลงที่ปลูกไม้กระถิ่นเทพาเป็นไม้ที่เลี้ยงมีมากที่สุด เท่ากับ 41.06 ต้นต่อไร่ รองลงมาได้แก่ แปลงที่ปลูกไม้ขนุนป่าและแปลงที่ปลูกไม้ขนุนป่า เท่ากับ 14.07 และ 9.05 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ ค่าดัชนีความสำคัญของพันธุ์ไม้ในไม้ต้นพบทั้งหมด 39 ชนิด ส่วนในไม้หนุมพบทั้งหมด 63 ชนิด และในกล้าไม้พบทั้งหมด 32 ชนิด จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การปลูกฟื้นฟูโดยมีไม้ที่เลี้ยง จะช่วยเร่งให้เกิดการเจริญทดแทนตามธรรมชาติได้เร็วขึ้น อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการส่งเสริมและพัฒนาวิธีการปลูกฟื้นฟูป่าเสื่อมโทรมของประเทศในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ: การฟื้นฟูป่า การทดแทนตามธรรมชาติ ไม้ที่เลี้ยง

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่นับได้ว่ามีทรัพยากรธรรมชาติอันอุดมไปด้วยพืชพรรณหลากหลายชนิด ป่าไม้ซึ่งถือได้ว่าเป็นทรัพยากรที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศที่อำนวยประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมให้แก่ประชาชนคนไทย โดยเป็นแหล่งผลิตปัจจัยเพื่อการยังชีพต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นแหล่งผลิตไม้ที่มีค่า สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย อีกทั้งยังเป็นแหล่งผลิตอาหารและของป่าหลากหลายชนิด รวมถึงเป็นแหล่งนันทนาการเพื่อพักผ่อนหย่อนใจอีกด้วย แต่ในปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรส่งผลให้ความต้องการในการใช้ทรัพยากรดังกล่าวมีมากขึ้น ปัญหาหนึ่งที่พบเด่นชัดในปัจจุบัน คือ เกิดพื้นที่เสื่อมโทรมในพื้นที่ที่เคยเป็นป่ามาก่อนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์พื้นที่และขาดการฟื้นฟูให้กลับคืนสู่สภาพเดิม ส่งผลให้ทรัพยากรป่าไม้ของประเทศไทยในปัจจุบันลดน้อยลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดลงของไม้เนื้อแข็งที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ อย่างเช่น สัก แดง พะยูง ตะเคียน เป็นต้น ซึ่งในอดีตนั้นมีอยู่อย่างแพร่หลายในประเทศไทย

สำหรับพื้นที่เขากะโลง จังหวัดตราด ซึ่งแต่เดิมเป็นพื้นที่ทุ่งหญ้า เนื่องจากในอดีตมีการทำสัมปทานไม้ จนเมื่อมีการยกเลิกทำสัมปทานไม้ พื้นที่จึงถูกทิ้งร้างไว้ ต่อมาในปี พ.ศ. 2548 ได้มีการนำไม้เข้าไปปลูกเพื่อฟื้นฟูพื้นที่ โดยใช้แนวทางการฟื้นฟูสภาพป่าโดยการปลูกไม้โตเร็วเป็นไม้เบิกนำ ควบคู่ไปกับการปลูกไม้โตช้า ซึ่ง Goosem and Tucker (1995) กล่าวว่า พื้นที่เสื่อมโทรมเหล่านั้นมีกระบวนการฟื้นฟูไปในทางที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตามยังไม่มีโตเร็วและไม้โตช้าอีกหลายชนิดที่สามารถเพิ่มศักยภาพในการปลูกและนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจได้ ดังนั้นจึงควรมีงานศึกษาวิจัยหาแนวทางในการผสมผสานระหว่างการปลูกไม้โตเร็วและไม้โตช้าแต่

ละชนิดว่าชนิดใดมีความสามารถในการเติบโตร่วมกันได้ดีและเหมาะสมภายใต้ปัจจัยแวดล้อมต่างๆ และความสามารถในการปลูกควบคู่กันได้อย่างเหมาะสม เพื่อฟื้นฟูพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมให้กลับคืนสู่สภาพที่ใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติมากที่สุด ทั้งยังช่วยในเรื่องของการพัฒนาศักยภาพของการปลูกไม้เนื้อแข็งเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจ และช่วยลดการนำเข้าไม้เนื้อแข็งจากต่างประเทศอีกด้วย

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเติบโตของไม้โตช้าที่ปลูกผสมกับไม้โตเร็วตลอดจนศึกษาการเติบโตของพันธุ์ไม้ที่เกิดขึ้นภายหลังการปลูกและการฟื้นฟูทางธรรมชาติในพื้นที่ที่เคยเป็นทุ่งหญ้ามาก่อน เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการฟื้นฟูพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม และการพัฒนาศักยภาพการปลูกไม้ภายในประเทศต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์จดบันทึก
2. เทปวัดระยะ
3. เทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้ (diameter tape)
4. Haga Altimeter สำหรับวัดความสูงต้นไม้
5. สีสเปรย์ สำหรับทำเครื่องหมาย

วิธีการ

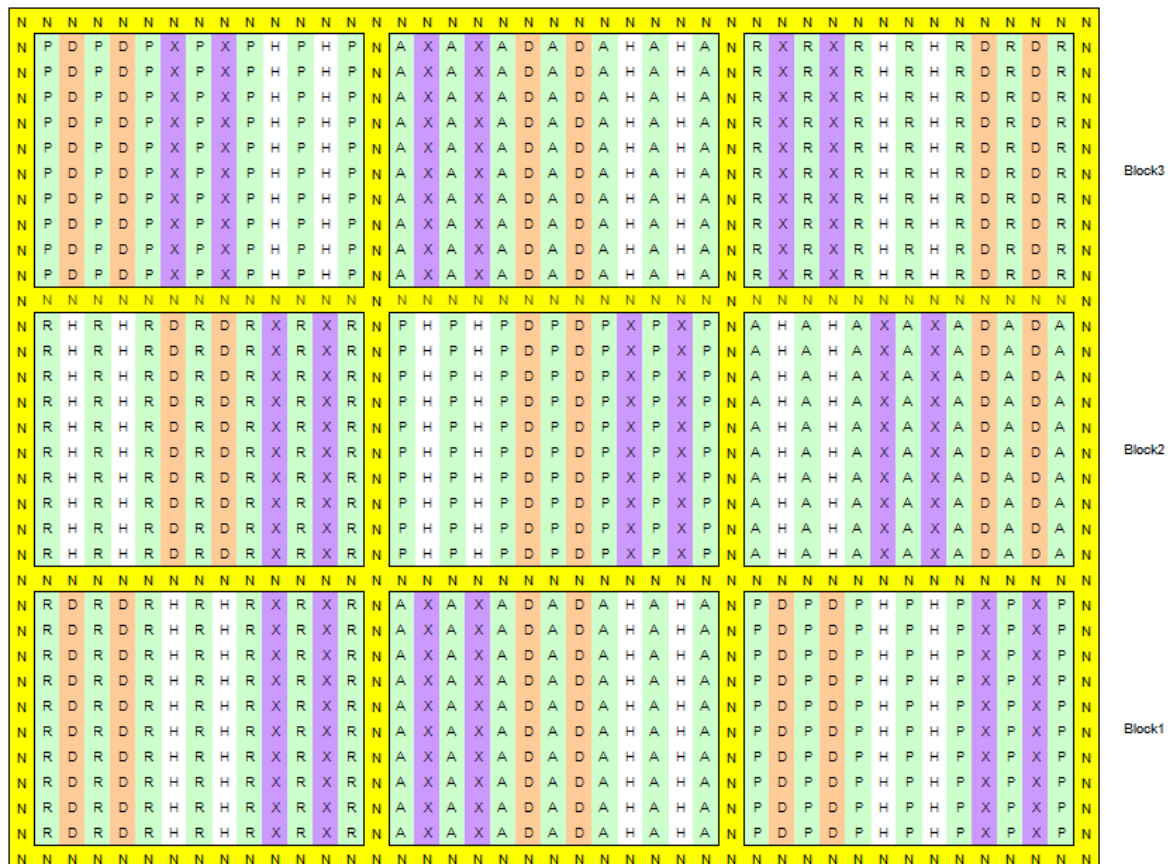
1. การวางแผนทดลอง

การศึกษานี้ได้ทำการศึกษาในแปลงทดลองการปลูกไม้โตเร็วผสมกับไม้โตช้า ในพื้นที่เขากระโหลง จังหวัดตราด อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติท่ากุ่ม-ห้วยแร่ ในอดีตเคยเป็นพื้นที่ทำสัมปทานป่าไม้ ต่อมาเมื่อรัฐบาลได้ทำการยกเลิกการทำสัมปทานป่าไม้ ในปี พ.ศ. 2532 พื้นที่ดังกล่าวจึงถูกปล่อยทิ้งไว้ตามธรรมชาติ ก่อนจะมีการเข้ามาจัดการโดยการปลูก พื้นที่มีลักษณะเป็นทุ่งหญ้า ซึ่งแปลงทดลองปลูกนี้ได้ใช้การวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) มี 3 ทรีทเมนต์ จำนวน 3 ซ้ำ จำนวน 9 แปลง ใน 1 ทรีทเมนต์ ประกอบไปด้วย ไม้โตเร็ว เป็นไม้พีเลียง 1 ชนิด ปลูกผสมกับไม้โตช้า 3 ชนิด ดังปรากฏใน Table 1

Table 1 Experimental design of nurse tree and inter planting species.

Treatment	Nurse tree spp.	Inter planting spp.
1	<i>Artocarpus rigidus</i> (ขนุนป่า)	<i>Xylia xylocarpa</i> (แดง) <i>Dipterocarpus alatus</i> (ยางนา) <i>Hopea odorata</i> (ตะเคียนทอง)
2	<i>Acacia mangium</i> (กระถินเทพา)	<i>Xylia xylocarpa</i> (แดง) <i>Dipterocarpus alatus</i> (ยางนา) <i>Hopea odorata</i> (ตะเคียนทอง)
3	<i>Peltophorum dasyrachis</i> (นนทรีป่า)	<i>Xylia xylocarpa</i> (แดง) <i>Dipterocarpus alatus</i> (ยางนา) <i>Hopea odorata</i> (ตะเคียนทอง)

การทดลองนี้จะปลูกล้อมรอบขอบแปลงแต่ละแปลงด้วยต้นคอแลน (*Nephelium hypoleucum*) โดยปลูกเป็นแถว ระยะ 2x4 เมตร มีขนาดแปลง 20x20 เมตร ใน 1 แปลง มีจำนวนต้น 130 ต้น ซึ่งต้นกล้าทั้งหมดถูกนำมาปลูกในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2548 (Figure 1)



Inter planting spp.

X = *Xylocarpus xylocarpa*

D = *Dipterocarpus alatus*

H = *Hopea odorata*

Nurse tree spp.

R = *Artocarpus rigidus*

A = *Acacia mangium*

P = *Peltophorum dasyrachis*

Boundary trees

N = *Nephelium hypoleucum*

Figure 1 Layout of experimental plots.

2. การเก็บข้อมูล

2.1 เก็บข้อมูลความสูง (height) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ของไม้โตเร็วและไม้โตช้าที่ปลูกผสมกันทั้งหมดในแปลง 20x20 เมตร

2.2 เก็บข้อมูลความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้ต้นในแปลง และบันทึกชนิดพันธุ์

2.3 เก็บข้อมูลพันธุ์ไม้ที่เกิดขึ้นใหม่ในแปลงทดลองปลูกผสม โดยวางแปลง 20x20 เมตร ทับไปบนแปลงปลูกผสม และเก็บข้อมูลชนิดพันธุ์และจำนวนของไม้หนุ่ม จากนั้นวางแปลง 1x1 เมตร ในแปลง 20x20 เมตร จำนวน 9 แปลง แต่ละแปลงห่างกัน 5 เมตร เพื่อเก็บข้อมูลชนิดพันธุ์และจำนวนของกล้าไม้

3. การวิเคราะห์

3.1 ดัชนีความสำคัญ

ทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสำคัญของชนิดพันธุ์ (importance value index, IVI) คือ ผลรวมของค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density, RD) ความมากมายสัมพัทธ์ (relative abundance, RA) และความถี่สัมพัทธ์ (relative frequency, RF) (Dangol and Shivakoti, 2001)

3.2 ความหลากหลายของชนิดพันธุ์

วิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (species diversity) โดยใช้ Shannon–Wiener index of diversity (Magurran, 2004)

3.3 การวิเคราะห์มวลชีวภาพ

วิเคราะห์ปริมาณมวลชีวภาพเหนือดิน โดยใช้สมการแอลโลเมตรีของ Tsutsumi *et al.* (1983) ที่ได้จากการศึกษาในพื้นที่ป่าดิบแล้งทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

3.4 ลักษณะ crown curve และ height curve

ศึกษาลักษณะ crown curve และ height curve โดยวิธีการของ Ogawa *et al.* (1965)

3.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ศึกษาการเติบโตของไม้ที่ปลูกผสมผสาน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA (analysis of variance)

ผลและวิจารณ์

1. ลักษณะโครงสร้าง

1.1 แปลงที่ปลูกไม้ขนุนป่าเป็นไม้พี่เลี้ยง

จากการเก็บข้อมูล พบจำนวนชนิดพันธุ์ไม้ โดยมีชนิดที่ปลูก 4 ชนิด และชนิดพันธุ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ แบ่งเป็นไม้ต้น 17 ชนิด ไม้หนุ่ม 43 ชนิด และกล้าไม้ 19 ชนิด ในไม้ต้นชนิดที่ปลูกมีความหนาแน่นเฉลี่ย 380 ต้นต่อไร่ และในชนิดพันธุ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมีความหนาแน่นเฉลี่ย 208 ต้นต่อไร่ มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.26

1.2 แปลงที่ปลูกไม้กระถินเทพาเป็นไม้พี่เลี้ยง

พบจำนวนชนิดพันธุ์ไม้ โดยมีชนิดที่ปลูก 4 ชนิด และชนิดพันธุ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ แบ่งเป็นไม้ต้น 19 ชนิด ไม้หนุ่ม 46 ชนิด และกล้าไม้ 19 ชนิด ในไม้ต้นชนิดที่ปลูกมีความหนาแน่นเฉลี่ย 396 ต้นต่อไร่ และในชนิดพันธุ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมีความหนาแน่นเฉลี่ย 152 ต้นต่อไร่ มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 1.66

1.3 แปลงที่ปลูกไม้หน่วน้ำเต้าเป็นไม้พี่เลี้ยง

พบจำนวนชนิดพันธุ์ไม้ โดยมีชนิดที่ปลูก 4 ชนิด และชนิดพันธุ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ แบ่งเป็นไม้ต้น 23 ชนิด ไม้หนุ่ม 36 ชนิด และกล้าไม้ 17 ชนิด ในไม้ต้นชนิดที่ปลูกมีความหนาแน่นเฉลี่ย 464 ต้นต่อไร่ และในชนิดพันธุ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมีความหนาแน่นเฉลี่ย 168 ต้นต่อไร่ มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 1.82

2. การเติบโต

2.1 ความโตและความสูง (ไม้ที่ปลูก และธรรมชาติ)

จากการเก็บข้อมูลความโต ความสูง ของหมู่ไม้ที่ปลูกผสมผสานทั้งหมด 9 แปลง ในพื้นที่เขาชะโลง จังหวัดตราด พบว่า ในชนิดพันธุ์ที่ปลูก ไม้โตช้าที่มีการเติบโตมากที่สุด ได้แก่ แดง (*Xylia xylocarpa*) รองลงมา คือ ยางนา (*Dipterocarpus alatus*) และตะเคียนทอง (*Hopea odorata*) ตามลำดับ และแปลงที่ไม้โตช้าเติบโต ดีที่สุด ได้แก่ แปลงที่มีไม้ขนุนป่า (*Artocarpus rigidus*) เป็นไม้พี่เลี้ยง รองลงมาคือ ไม้หนนทรีป่า (*Peltophorum dasyrachis*) และกระถินเทพา (*Acacia mangium*) ตามลำดับ (Table 2) และในชนิดพันธุ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับไม้ปลูก พบว่า ในไม้ปลูกนั้นมีการเติบโตเฉลี่ยน้อยกว่าไม้ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Table 3)

Table 2 Growth of mixed planting species at 10-year-old.

Nurse-tree spp.	Inter planting-tree spp.	10 years	
		DBH (cm)	H (m)
<i>Artocarpus rigidus</i>		2.78±2.46	3.67±2.77
	<i>Xylia xylocarpa</i>	7.87±2.98	7.59±2.53
	<i>Dipterocarpus alatus</i>	2.98±1.58	3.62±1.33
	<i>Hopea odorata</i>	1.90±0.82	3.12±0.92
<i>Acacia mangium</i>		15.15±8.11	11.91±3.87
	<i>Xylia xylocarpa</i>	3.22±1.40	4.52±2.34
	<i>Dipterocarpus alatus</i>	2.01±0.51	1.60±0.72
	<i>Hopea odorata</i>	1.16±0.56	1.86±1.16
<i>Peltophorum dasyrachis</i>		8.37±3.34	8.30±2.75
	<i>Xylia xylocarpa</i>	7.54±2.29	9.42±2.96
	<i>Dipterocarpus alatus</i>	2.39±1.11	3.27±1.18
	<i>Hopea odorata</i>	1.94±0.91	2.07±1.43

Remark ± Standard deviation

Table 3 Average growth of planted trees and natural trees.

Treatment	Planted Trees						Natural Trees					
	DBH (cm)			H (m)			DBH (cm)			H (m)		
1	3.52	±	2.90	4.29	±	2.83	7.38	±	4.11	7.66	±	2.04
2	9.34	±	8.82	7.76	±	5.56	7.76	±	6.74	7.81	±	2.71
3	6.70	±	3.76	6.83	±	3.68	7.58	±	2.67	7.53	±	1.84
Total	6.57	±	6.16	6.34	±	4.40	7.55	±	4.68	7.66	±	2.19

Remark ± Standard deviation

จากผลการศึกษา จะเห็นว่าไม้พื้เลี้ยงที่นำมาปลูกควบนั้น มีชนิดที่เติบโตโดดเด่นมาก ได้แก่ กระถินเทพา (*Acacia mangium*) และมีชนิดที่มีอัตราการเติบโตน้อยมาก ได้แก่ ขนุนป่า (*Artocarpus rigidus*) อาจเป็นเพราะไม่ใช่พันธุ์ไม้ดั้งเดิม ดังนั้นไม้พื้เลี้ยงก็ยังมีข้อจำกัดในการเลือกชนิดให้เหมาะกับพื้นที่ปลูก (Urbanska, 1997) ไม้ที่เกิดตามธรรมชาติ จะมาจากแม่ไม้ในพื้นที่บริเวณนั้น ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ดั้งเดิม จึงมีข้อได้เปรียบกว่า คือ มีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในท้องถิ่นได้ดี และมีความต้านทานต่อศัตรูพืช โรคและแมลง เหมาะสำหรับการนำมาปลูกฟื้นฟู หากต้องการให้คงอยู่ในระบบนิเวศเดิม (Evans, 1992) แต่ในเริ่มแรกของการปลูกพื้นที่นั้น ควรจะมีไม้พื้เลี้ยง เพื่อให้กล้าไม้ที่ปลูก มีสิ่งปกคลุม เพิ่มความปลอดภัยในการเติบโตของกล้าไม้ อย่างในประเทศไทยที่มีการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว แต่ทรัพยากรป่าไม้ยังลดลง ดังนั้นการใช้เทคนิคทางวนวัฒนในการฟื้นฟู จะช่วยให้นำไปสู่การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน (Sakai *et al.*, 2009)

2.2 ลักษณะ crown curve และ height curve

crown curve และ height curve จะใช้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงชั้นของเรือนยอด กล่าวคือ จุดที่ crown curve และ height curve เริ่มชันอย่างทันที ซึ่งแสดงว่าความหนาแน่นของจำนวนชั้นเรือนยอดกำลังเปลี่ยนแปลงไปสู่อีกชั้นเรือนยอดหนึ่งที่จุดนั้น (Ogawa *et al.*, 1965) เมื่อนำข้อมูลจำนวนต้นในแต่ละความสูงมาคิดเป็นร้อยละของทั้งหมด มาสร้างกราฟการกระจาย จะเห็นได้ว่า crown curve กราฟมีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำเบี้ยว ส่วน height curve มีลักษณะคล้ายรูปตัว L หายขึ้น จาก Figure 2 พบว่า ในทรีทเมนต์ที่ 1 และ 3 ลักษณะเส้นกราฟมีความสม่ำเสมอ ไม่มีจุดที่มีความชันขึ้นทันที ส่วนในทรีทเมนต์ที่ 2 crown curve และ height curve มีจุดที่มีความชันขึ้นอย่างทันที 1 จุด ดังนั้นในทรีทเมนต์ที่ 2 สามารถจัดชั้นความสูงได้ 2 ชั้น ส่วนทรีทเมนต์ 1 และ 3 จัดชั้นความสูงได้ 1 ชั้น สรุปได้ว่า ทรีทเมนต์ที่ 2 มีลักษณะโครงสร้างป่าดีที่สุด

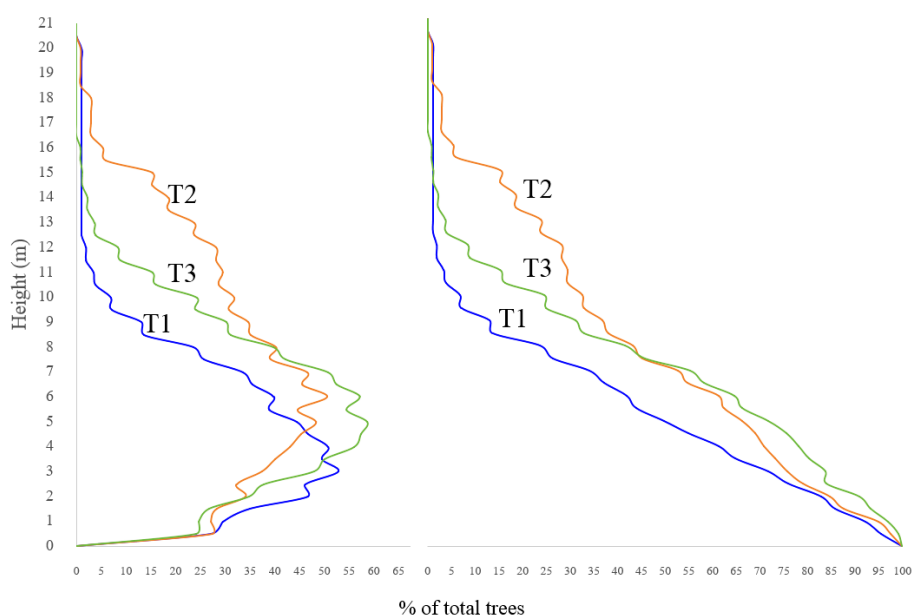


Figure 2 Crown curve and height curve of each Treatment showing different height and canopy structure.

Remarks T1 = Treatment 1 (*A. rigidus* with *X. xylocarpa*, *D. alatus* and *H. odorata*)
 T2 = Treatment 2 (*A. mangium* with *X. xylocarpa*, *D. alatus* and *H. odorata*)
 T3 = Treatment 3 (*P. dasyrachis* with *X. xylocarpa*, *D. alatus* and *H. odorata*)

3. เปรียบเทียบลักษณะหมุ่ไม้ผสมตามชนิดไม้ที่เลี้ยง

จากการศึกษาลักษณะหมุ่ไม้เปรียบเทียบระหว่างอายุ 5 ปี และ 10 ปี พบว่า จำนวนความหนาแน่นเฉลี่ยต้นต่อไร่ในไม้ที่ปลูก อายุ 5 ปี ทรีทเมนต์ที่ 1 เท่ากับ 460 ทรีทเมนต์ที่ 2 เท่ากับ 464 และทรีทเมนต์ที่ 3 เท่ากับ 492 และอายุ 10 ปี ทรีทเมนต์ที่ 1 เท่ากับ 380 ทรีทเมนต์ที่ 2 เท่ากับ 396 และทรีทเมนต์ที่ 3 เท่ากับ 464 ส่วนในไม้ที่เกิดจากการทดแทนตามธรรมชาติ อายุ 5 ปี ทรีทเมนต์ที่ 1 เท่ากับ 76 ทรีทเมนต์ที่ 2 เท่ากับ 60 และทรีทเมนต์ที่ 3 เท่ากับ 44 และอายุ 10 ปี ทรีทเมนต์ที่ 1 เท่ากับ 208 ทรีทเมนต์ที่ 2 เท่ากับ 152 และทรีทเมนต์ที่ 3 เท่ากับ 168 จากผลการศึกษาจะเห็นว่า ในปีที่ 10 จำนวนความหนาแน่นเฉลี่ยในไม้ที่ปลูกมีจำนวนลดลง แต่ในชนิดที่เกิดจากการเจริญทดแทนตามธรรมชาติ มีความหนาแน่นเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้น จำนวนชนิดพันธุ์ใหม่ที่มีพบ อายุ 5 ปี ทรีทเมนต์ที่ 1 พบ 19 ชนิด ทรีทเมนต์ที่ 2 พบ 21 ชนิด และทรีทเมนต์ที่ 3 พบ 20 ชนิด และอายุ 10 ปี ทรีทเมนต์ที่ 1 พบ 49 ชนิด ทรีทเมนต์ที่ 2 พบ 53 ชนิด และทรีทเมนต์ที่ 3 พบ 46 ชนิด โดยจะเห็นว่าในพื้นที่ศึกษามีไม้ชนิดใหม่เกิดขึ้น รวมทั้งมีดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์เพิ่มมากขึ้นด้วย ทั้งนี้อาจเกิดจากการนำพาเมล็ดจากแหล่งไม้ใกล้เคียงเข้ามาในพื้นที่ ทำให้มีการเจริญทดแทนมากขึ้น Ruangpanit (1991) กล่าวว่า การทดแทนของสังคมพืช คือ การที่สังคมพืชหนึ่งค่อยๆ เข้าไปแทนที่สังคมพืชอีกกลุ่มหนึ่งและทดแทนกันไปเรื่อยๆ จนในที่สุดจะถึงจุดหนึ่งที่โครงสร้างและกิจกรรมของสังคมอยู่ในสภาพคงที่ ซึ่งจัดว่าเป็นสังคมถาวรที่ยังคงไว้แต่ความแปรผันภายในเท่านั้น เมื่อไม้ปลูกมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้น พร้อมกับไม้ต้นชนิดอื่นเข้ามาในพื้นที่ ทำให้พื้นที่เรือนยอดปกคลุมมากขึ้น ส่วนปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินและความหลากหลายของชนิดพันธุ์ก็เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน อาจจะระบุได้ว่าพื้นที่ได้มีการฟื้นฟูจนถึงขั้น rehabilitation คือ ฟื้นฟูระบบนิเวศเดิมกลับมาได้บางส่วน (Lamb and Gilmour, 2003) (Table 5)

Table 5 Comparison of 5- and 10-year-old stand structure.

Treatment	Attribute	Regeneration	5 Years	10 Years
1	Density (tree rai ⁻¹)	Planted	460	380
		Natural	76	208
	Number of Species	Planted	4	4
		Natural	19	49
	Biomass (t rai ⁻¹)*	all	0.2	9.05
2	SWI		1.34	2.26
	Density (tree rai ⁻¹)	Planted	464	396
		Natural	60	152
	Number of Species	Planted	4	4
		Natural	21	53
	Biomass (t rai ⁻¹)*	all	8.06	41.06
	SWI		0.95	1.66

Table 5 (Continued)

Treatment	Attribute	Regeneration	5 Years	10 Years
3	Density (tree rai^{-1})	Planted	492	464
		Natural	44	168
	Number of Species	Planted	4	4
		Natural	20	46
	Biomass (t rai^{-1})*	all	0.49	14.7
	SWI**		1.01	1.82

Remarks * Using allometry equation of Tsutsumi *et al.* (1983)

** SWI = Shannon–Wiener index

4. ดัชนีความสำคัญของพันธุ์ไม้

จากการศึกษาการฟื้นฟูตามธรรมชาติโดยสำรวจชนิดพันธุ์ไม้ที่เกิดขึ้นใหม่นอกเหนือจากต้นที่ปลูกของไม้ต้น ไม้หนุ่ม และกล้าไม้ ในแปลงทดลองทั้งหมด พบพันธุ์ไม้ชนิดนอกเหนือจากที่ปลูก ในไม้ต้น ทรีทเมนต์ที่ 1 พบ 17 ชนิด ทรีทเมนต์ที่ 2 พบ 19 ชนิด และทรีทเมนต์ที่ 3 พบ 17 ชนิด โดย 10 อันดับแรกของแต่ละทรีทเมนต์ แสดงใน Table 6 ส่วนในไม้หนุ่ม ทรีทเมนต์ที่ 1 พบ 43 ชนิด ทรีทเมนต์ที่ 2 พบ 46 ชนิด และทรีทเมนต์ที่ 3 พบ 36 ชนิด โดย 10 อันดับแรกของแต่ละทรีทเมนต์ แสดงใน Table 7 และในกล้าไม้ ทรีทเมนต์ที่ 1 พบ 19 ชนิด ทรีทเมนต์ที่ 2 พบ 19 ชนิด และทรีทเมนต์ที่ 3 พบ 17 ชนิด โดย 10 อันดับแรกของแต่ละทรีทเมนต์ แสดงใน Table 8

Table 6 Importance value index (IVI) of trees species in the study stands.

Treatment	No.	Species	IVI
1	1	<i>Nephelium hypoleucum</i>	75.56
	2	<i>Lagerstroemia macrocarpa</i>	47.17
	3	<i>Irvingia malayana</i>	27.82
	4	<i>Barringtonia macrostachya</i>	18.79
	5	<i>Calophyllum thorelii</i>	16.2
	6	<i>Microcos paniculata</i>	14.91
	7	<i>Artocarpus rigidus</i>	12.33
	8	<i>Ficus hispida</i>	12.33
	9	<i>Aporosa octandar</i>	11.04
	10	<i>Mangifera caloneura</i>	9.75
2	1	<i>Lagerstroemia macrocarpa</i>	45.35
	2	<i>Nephelium hypoleucum</i>	41.84
	3	<i>Horsfieldia irya</i>	33.07
	4	<i>Artocarpus rigidus</i>	22.54

Table 6 (Continued)

Treatment	No.	Species	IVI
2	5	<i>Calophyllum thorelii</i>	19.04
	6	<i>Microcos paniculata</i>	17.28
	7	<i>Jatropha curcas</i>	15.53
	8	<i>Irvingia malayana</i>	12.02
	9	<i>Semecarpus cochinchinensis</i>	10.26
	10	<i>Acacia mangium</i>	8.51
3	1	<i>Nephelium hypoleucum</i>	66.25
	2	<i>Artocarpus rigidus</i>	29.74
	3	<i>Aporosa villosa</i>	29.74
	4	<i>Lagerstroemia macrocarpa</i>	17.05
	5	<i>Calophyllum thorelii</i>	15.46
	6	<i>Irvingia malayana</i>	15.46
	7	<i>Microcos paniculata</i>	12.28
	8	<i>Cratoxylum formosum</i>	10.7
	9	<i>Barringtonia macrostachya</i>	9.11
	10	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	9.11

Table 7 Importance value index (IVI) of sapling species in the study stands.

Treatment	No.	Species	IVI
1	1	<i>Lagerstroemia macrocarpa</i>	73.42
	2	<i>Nephelium hypoleucum</i>	32.66
	3	<i>Aporosa octandar</i>	15.6
	4	<i>Barringtonia macrostachya</i>	14.17
	5	<i>Cratoxylum formosum</i>	11.8
	6	<i>Irvingia malayana</i>	9.91
	7	<i>Microcos paniculata</i>	7.54
	8	<i>Horsfieldia irya</i>	6.12
	9	<i>Carallia brachiata</i>	6.12
	10	<i>Lepisanthes rubiginosa</i>	6.12

Table 7 (Continued)

Treatment	No.	Species	IVI
2	1	<i>Nephelium hypoleucum</i>	42.24
	2	<i>Lagerstroemia macrocarpa</i>	40.88
	3	<i>Jatropha curcas</i>	20.17
	4	<i>Microcos paniculata</i>	15.76
	5	<i>Ficus glaberima</i>	14.4
	6	<i>Aporosa octandar</i>	11.68
	7	<i>Lepisanthes rubiginosa</i>	8.97
	8	<i>Horsfieldia irya</i>	8.29
	9	<i>Barringtonia macrostachya</i>	7.95
	10	<i>Irvingia malayana</i>	7.27
3	1	<i>Lagerstroemia macrocarpa</i>	70.96
	2	<i>Nephelium hypoleucum</i>	38.76
	3	<i>Barringtonia macrostachya</i>	13.38
	4	<i>Syzygium sp.</i>	9.22
	5	<i>Alstonia scholaris</i>	9.22
	6	<i>Ficus glaberima</i>	9.22
	7	<i>Lepisanthes rubiginosa</i>	9.22
	8	<i>Irvingia malayana</i>	8.46
	9	<i>Eurycoma longifolia</i>	8.46
	10	<i>Aporosa octandar</i>	8.08

Table 8 Importance value index (IVI) of seedling species in the study stands.

Treatment	No.	Species	IVI
1	1	<i>Lagerstroemia macrocarpa</i>	104.65
	2	<i>Irvingia malayana</i>	42.83
	3	<i>Jatropha curcas</i>	27.07
	4	<i>Lepisanthes rubiginosa</i>	21.01
	5	<i>Eurycoma longifolia</i>	13.54
	6	<i>Antidesma bunius</i>	11.31
	7	<i>Alstonia scholaris</i>	10.51
	8	<i>Barringtonia macrostachya</i>	8.28
	9	<i>Alstonia scholaris</i>	8.28
	10	<i>Gardenia sootepensis</i>	5.25

Table 8 (Continued)

Treatment	No.	Species	IVI
2	1	<i>Lagerstroemia macrocarpa</i>	78.42
	2	<i>Alstonia scholaris</i>	33.87
	3	<i>Irvingia malayana</i>	32.62
	4	<i>Lepisanthes rubiginosa</i>	22.74
	5	<i>Jatropha curcas</i>	20.39
	6	<i>Horsfieldia irya</i>	16.31
	7	<i>Nephelium hypoleucum</i>	10.51
	8	<i>Eurycoma longifolia</i>	10.51
	9	<i>Ficus hispida</i>	10.51
	10	<i>Dipterocapus baudii</i>	8.78
3	1	<i>Lagerstroemia macrocarpa</i>	59.61
	2	<i>Irvingia malayana</i>	47.11
	3	<i>Lepisanthes rubiginosa</i>	39.44
	4	<i>Eurycoma longifolia</i>	36.58
	5	<i>Nephelium hypoleucum</i>	23.03
	6	<i>Jatropha curcas</i>	15.35
	7	<i>Ficus hispida</i>	12.49
	8	<i>Mallotus paniculatus</i>	10.53
	9	<i>Aporosa octandar</i>	9.64
	10	<i>Syzygium cumini</i>	9.64

และจากการศึกษาในแปลงทดลองทั้งหมด พบพันธุ์ไม้ต้นทั้งหมด 39 ชนิด ซึ่งชนิดพันธุ์ไม้เด่น 10 ชนิดแรก ได้แก่ คอแลน (*Nephelium hypoleucum*) อินทนิลบก (*Lagerstroemia macrocarpa*) กระบก (*Irvingia malayana*) กะทังหัน (*Calophyllum thorelii*) กรวย (*Horsfieldia irya*) พลับพลา (*Microcos paniculata*) ขนุนป่า (*Artocarpus rigidus*) เหมือดโลด (*Aporosa villosa*) และจิกนม (*Barringtonia macrostachya*) และมะเดื่อปล้อง (*Ficus hispida*) ตามลำดับ ส่วนในไม้หนุ่มพบทั้งหมด 63 ชนิด ชนิดพันธุ์ไม้เด่น 10 ชนิดแรก ได้แก่ อินทนิลบก (*Lagerstroemia macrocarpa*) คอแลน (*Nephelium hypoleucum*) นวลเสี้ยน (*Aporosa octandar*) จิกนม (*Barringtonia macrostachya*) พลับพลา (*Microcos paniculata*) มะเดื่อไทร (*Ficus glaberima*) สลอดป่า (*Jatropha curcas*) กระบก (*Irvingia malayana*) มะหาด (*Lepisanthes rubiginosa*) และปลาไหลเผือก (*Eurycoma longifolia*) ตามลำดับ และในกล้าไม้พบทั้งหมด 32 ชนิด ชนิดพันธุ์ไม้เด่น 10 ชนิดแรก ได้แก่ อินทนิลบก (*Lagerstroemia macrocarpa*) กระบก (*Irvingia malayana*) มะหาด (*Lepisanthes rubiginosa*) สลอดป่า (*Jatropha curcas*) ปลาไหลเผือก (*Eurycoma longifolia*) มะเดื่อไทร (*Ficus glaberima*) คอแลน (*Nephelium hypoleucum*) มะเดื่อปล้อง (*Ficus hispida*) นวลเสี้ยน (*Aporosa octandar*) และตีนเป็ด (*Alstonia scholaris*) ตามลำดับ (Table 9) ชนิดพันธุ์ที่พบในแปลงปลูกหมุ่ไม้ผสมหลายชนิดเป็นพันธุ์ไม้ที่ Tara (2009) ได้ทำการสำรวจพบและศึกษาในพื้นที่เขากะโหลง-เขาขาด ซึ่งครอบคลุม

พื้นที่แปลงปลูกหมุ่ไม่ผสม ดังนั้นแม่ไม้อาจจะมาจากแหล่งเมล็ดในพื้นที่ใกล้เคียงเหมือนกัน เนื่องจากเป็นชนิดเดียวกันกับต้นไม้ใหญ่ที่อยู่ในป่าใกล้เคียงกันกับที่ศึกษา

Table 9 Importance value index (IVI) of all species in the study stands.

	Number	Species	RD	RA	RF	IVI
Tree	1	<i>Nephelium hypoleucum</i>	28.93	28.93	2.56	60.43
	2	<i>Lagerstroemia macrocarpa</i>	15.99	15.99	2.56	34.54
	3	<i>Irvingia malayana</i>	7.11	7.11	2.56	16.78
	4	<i>Calophyllum thorelii</i>	5.84	5.84	2.56	14.24
	5	<i>Horsfieldia irya</i>	4.82	4.82	2.56	12.21
	6	<i>Microcos paniculata</i>	4.82	4.82	2.56	12.21
	7	<i>Artocarpus rigidus</i>	4.57	4.57	2.56	11.70
	8	<i>Aporosa villosa</i>	4.06	4.06	2.56	10.69
	9	<i>Barringtonia macrostachya</i>	3.81	3.81	2.56	10.18
	10	<i>Ficus hispida</i>	2.03	2.03	2.56	6.63
Sapling	1	<i>Lagerstroemia macrocarpa</i>	28.85	28.85	4.31	62.01
	2	<i>Nephelium hypoleucum</i>	18.00	18.00	4.31	40.30
	3	<i>Aporosa octandar</i>	4.55	4.55	4.31	13.40
	4	<i>Barringtonia macrostachya</i>	4.55	4.55	3.83	12.92
	5	<i>Microcos paniculata</i>	4.16	4.16	4.31	12.62
	6	<i>Ficus glaberima</i>	3.90	3.90	4.31	12.10
	7	<i>Jatropha curcas</i>	4.29	4.29	3.35	11.93
	8	<i>Irvingia malayana</i>	2.99	2.99	3.83	9.81
	9	<i>Lepisanthes rubiginosa</i>	2.92	2.92	3.35	9.20
	10	<i>Eurycoma longifolia</i>	2.21	2.21	3.35	7.77
Seedling	1	<i>Lagerstroemia macrocarpa</i>	29.41	29.41	21.43	80.25
	2	<i>Irvingia malayana</i>	12.67	12.67	14.94	40.27
	3	<i>Lepisanthes rubiginosa</i>	8.60	8.60	10.39	27.58
	4	<i>Jatropha curcas</i>	6.79	6.79	7.14	20.72
	5	<i>Eurycoma longifolia</i>	6.33	6.33	7.14	19.81
	6	<i>Ficus glaberima</i>	5.43	5.43	5.19	16.05
	7	<i>Nephelium hypoleucum</i>	4.07	4.07	3.25	11.39
	8	<i>Ficus hispida</i>	3.17	3.17	3.25	9.58
	9	<i>Aporosa octandar</i>	2.26	2.26	3.25	7.77
	10	<i>Alstonia scholaris</i>	2.26	2.26	2.60	7.12

จากผลการศึกษาเปรียบเทียบกับการศึกษาพันธุ์ไม้ในป่าดิบแล้งธรรมชาติของพื้นที่อื่นๆ ในประเทศไทย Visaratana (1983) ได้ทำการศึกษาในพื้นที่ป่าดิบแล้งสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา พบพันธุ์ไม้จำนวน 57 ชนิด มีความหนาแน่นเฉลี่ย 239 ต้นต่อไร่ และในการศึกษาของ Glumphabutr (2004) ในพื้นที่ป่าดิบแล้ง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว จังหวัดจันทบุรี พบพันธุ์ไม้จำนวน 138 ชนิด มีความหนาแน่นเฉลี่ย 217 ต้นต่อไร่ จะเห็นว่า พื้นที่เขากะโหลงมีความหนาแน่นของต้นไม้มากกว่า รวมทั้งมีการเจริญทดแทนตามธรรมชาติมากกว่าเมื่อมีการปลูกหมั้วผสม และคาดว่าในอนาคต พื้นที่จะสามารถฟื้นฟูกลับไปเป็นสภาพป่าเดิมได้โดยใช้ระยะเวลาสั้นลงกว่าการปล่อยให้ฟื้นฟูเองโดยไม่มีการปลูก

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาครั้งนี้ ชนิดไม้โตช้าที่มีอัตราการเติบโตดีที่สุดได้แก่ แดง รองลงมาคือ ยางนา และ ตะเคียนทอง ตามลำดับ ซึ่งมีการเติบโตที่สุดในแปลงที่มีไม้ขนุนป่าเป็นไม้พี่เลี้ยง รองลงมาคือ นนทรีป่า และกระถินเทพา ตามลำดับ ดังนั้น ขนุนป่า จึงเป็นไม้พี่เลี้ยงที่ดีที่สุด

ความหนาแน่นเฉลี่ยของต้นที่ปลูกในแปลงขนุนป่า กระถินเทพา และนนทรีป่า เท่ากับ 380, 396 และ 464 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ และความหนาแน่นเฉลี่ยของไม้ที่เกิดจากการเจริญทดแทน เท่ากับ 208, 152 และ 168 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

ปริมาณมวลชีวภาพในแปลงที่ปลูกไม้กระถินเทพาเป็นไม้พี่เลี้ยง มีปริมาณมวลชีวภาพรวมมากที่สุด เท่ากับ 41.06 ต้นต่อไร่ รองลงมาได้แก่ แปลงที่ปลูกไม้ขนุนป่าและแปลงที่ปลูกไม้ขนุนป่า เท่ากับ 14.07 และ 9.05 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

ลักษณะโครงสร้างป่าที่ดีที่สุด คือ แปลงปลูกไม้กระถินเทพาเป็นไม้พี่เลี้ยง เพราะสามารถแบ่งชั้นความสูงได้ 2 ชั้น ส่วนในแปลงขนุนป่าและนนทรีป่า จัดชั้นความสูงได้เพียงชั้นเดียว

ค่าดัชนีความสำคัญของพันธุ์ไม้ทั้งหมดในพื้นที่สำรวจ ในไม้ต้นพบทั้งหมด 39 ชนิด ส่วนในไม้หนุมพบทั้งหมด 63 ชนิด และในกล้าไม้พบทั้งหมด 32 ชนิด ซึ่งเมื่อจัดกลุ่มของชนิดพันธุ์ที่พบมากที่สุดในทุกๆ แปลง มีทั้งสิ้น 4 ชนิด ได้แก่ อินทนิลบก คอแล่น จิกนม และกระบก

จากผลการศึกษา จะเห็นว่า ภายหลังจากปลูก 10 ปี ไม้ที่ปลูกมีความหนาแน่นลดลง แต่มีพันธุ์ไม้ชนิดอื่นๆ เข้ามาในพื้นที่มากขึ้น ส่งผลให้ร้อยละการปกคลุมของมวลชีวภาพมากขึ้น ทำให้เห็นภาพของการฟื้นฟูได้ชัดเจน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การปลูกฟื้นฟูโดยวิธีนี้ จะช่วยเร่งให้เกิดการเจริญทดแทนตามธรรมชาติได้เร็วขึ้น และเป็นแนวทางในการส่งเสริมและพัฒนาวิธีการปลูกฟื้นฟูป่าเสื่อมโทรมของประเทศไทยในอนาคตต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- Dangol, D.R. and G.P. Shivakoti. 2001. Species composition and dominance of plant communities in western Chitwan, Nepal. *Nepal Journal of Science and Technology* 3: 69-78.
- Evans, J. 1992. *Plantation Forestry in the Tropics*. 2nd ed. Oxford University Press, Oxford.
- Glumphabutr, P. 2004. *Nutrients Dynamics of Natural Evergreen Forest in Eastern Region of Thailand*. Ph.D. Thesis, Kasetsart University.

- Goosem, S. and N.I.J. Tucker. 1995. **Repairing the Rainforest-Theory and Practice of Rainforest Re-establishment in North Queensland's Wet Tropics.** Wet Tropics Management Authority, Cairns.
- Lamb, D. and D. Gilmour. 2003. **Rehabilitation and Restoration of Degraded Forests.** IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK and WWF, Gland, Switzerland.
- Magurran, A.E. 2004. **Measuring Biological Diversity.** Blackwell, Oxford.
- Ogawa, H., K. Yoda, T. Kira, K. Okino, T. Shidei, D. Ratanawongse and C. Apasutaya. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand: I. Structure and floristic composition. **Nature and Life in Southeast Asia** 4: 13-48.
- Ruangpanit, N. 1991. **The Ecology of Natural Resources.** Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok.
- Sakai, A., T. Visaratana, T. Vacharangkura, R. Thai-ngam, N. Tanaka, M. Ishizuka and S. Nakamura. 2009. Effect of species and spacing of fast-growing nurse trees on growth of an indigenous tree, *Hopea odorata* Roxb., in northeast Thailand. **For. Ecol. Manage.** 257: 644-652.
- Tara, A. 2009. **Plant Community Classification for Restoration of Degraded Forest Land after Logging Concession at Khao Kalong - Khao Khad, Trat Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University.
- Tsutsumi, T., K. Yoda, P. Sahunaru, P. Dhanmanonda and B. Prachaiyo. 1983. Forest: burning and regeneration, pp. 13-62. *In* K. Kyuma and C. Pairintra, eds. **Shifting Cultivation, An Experiment at Nam Phrom, Northeast Thailand, and Its Implications for Upland Farming in the Monsoon Tropics.** A report of a cooperative research between Thai-Japanese universities.
- Urbanska, K.M. 1997. Restoration ecology research above the timberline: colonization of safety islands on a machine - graded alpine ski run. **Biodivers. Conserv.** 6: 1655-1670.
- Visaratana, T. 1983. **Structural Characteristics and Canopy Gap Regeneration of the Dry Evergreen Forest at Sakaerat Environmental Research Station.** M.S. Thesis, Kasetsart University.

การเติบโตของพรรณไม้ที่ใช้ฟื้นฟูในป่าเต็งรังบริเวณพื้นที่อนุรักษ์
มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

Growth of Tree Species Restored in Dry Dipterocarp Forest in Conservation Area,
Maejo University Phrae Campus

ธนากร ลัทธิดีระสุวรรณ^{1*} ปฐมธรรม ปวุตินันท์¹ และ วรณมา มังกิตะ²
Thanakorn Lattirasuvan^{1*} Phatomtam Pawutinan¹ and Wanna Mangkita²

¹ สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ 54140

¹ Agroforestry Program, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang District, Phrae Province 54140

² สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ 54140

² Biotechnology Program, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang District, Phrae Province 54140

* Corresponding author; E-mail address: kornmju@gmail.com

ABSTRACT

The growth of tree species was studied in restored dry dipterocarp forest in the Conservation Area, Maejo University Phrae Campus. Forest restoration on 3 rai started in 2005, with the planting of 597 seedlings per rai of nine seedling species: *Pterocarpus macrocarpus*, *Bauhinia variegata*, *Oroxylum indicum*, *Cassia siamea*, *Azadirachta indica* var. *siamensis*, *Syzygium cumini*, *Cassia fistula*, *Careya sphaerica*, and *Xylia xylocarpa* var. *kerrii*, and the number of seedlings per rai was 40, 37, 50, 40, 150, 150, 40, 50, and 40, respectively. Measurements were recorded at age 1 month and 11 years for germination, survival rate, height, diameter at root collar, crown width and health. The results after forest restoration for 11 years showed that the best species was *C. siamea*. The other tree species recommended were *A. indica* var. *siamensis*, *B. variegata*, *X. xylocarpa* var. *kerrii*, *P. macrocarpus*, *O. indicum*, and *S. cumini*, respectively. *C. sphaerica* and *C. fistula* were the least recommended tree species.

Keywords: growth of tree species, dry dipterocarp forest, Maejo University Phrae campus

บทคัดย่อ

การศึกษาการเติบโตของพรรณไม้ที่ใช้ฟื้นฟูในป่าเต็งรังบริเวณพื้นที่อนุรักษ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ โดยปลูกฟื้นฟูป่าจำนวน 3 ไร่ ในปี พ.ศ. 2548 ปลูกกล้าไม้ 597 ต้นต่อไร่ ชนิดกล้าไม้ที่ปลูก 9 ชนิด ได้แก่ ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) เสี้ยว (*Bauhinia variegata*) เพกา (*Oroxylum indicum*) ขี้เหล็ก (*Cassia siamea*) สะเดา (*Azadirachta indica* Juss. var. *siamensis*) หว้า (*Syzygium*

cumini) คุณ (Cassia fistula) กระโดน (Careya sphaerica) และแดง (Xylocarpus xylocarpa var. kerrii) จำนวน 40, 37, 50, 40, 150, 150, 40, 50 และ 40 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ ติดตามการเติบโตหลังจากปลูก 1 เดือน (พ.ศ. 2548) และ อายุ 11 ปี (พ.ศ. 2558) เพื่อคัดเลือกชนิดกล้าไม้ที่เหมาะสมในการฟื้นฟู โดยประเมินจาก อัตราการงอก อัตราการรอดตาย ความสูง ขนาดลำต้น ความกว้างทรงพุ่ม และสุขภาพ ผลการศึกษาหลังการฟื้นฟูป่าแล้ว 11 ปี พบว่า พันธุ์ไม้ที่เหมาะสมที่สุด ได้แก่ ขี้เหล็ก ลำดับรองลงมาได้แก่ สะเดา เสี้ยว แดง ประดู่ป่า เพกา และหว้า ชนิดไม้ที่เหมาะสมลำดับท้ายสุด คือ กระโดน และคุณ

คำสำคัญ: การเติบโตของชนิดไม้ยืนต้น ป่าเต็งรัง มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

คำนำ

องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ทำการประเมินพื้นที่ป่าเขตร้อน ในช่วงปี พ.ศ. 2533-2543 โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม พบว่า พื้นที่ป่าเขตร้อนธรรมชาติบนโลกลดลงจาก 12,156 ล้านไร่ ในช่วงระยะเวลาเพียง 10 ปี พื้นที่ 62.5 ล้านไร่ ได้ถูกเปลี่ยนมาเป็นพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ ในขณะที่อีก 887.5 ล้านไร่ เปลี่ยนเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบอื่นๆ (Bhumibamon, 1986)

พื้นที่ป่าที่เคยถูกทำลายเพียง 62.5 ล้านไร่เท่านั้นที่ฟื้นตัวกลับมาเป็นป่าเขตร้อน ในช่วงเวลาเดียวกันนั้น ในแต่ละปีเราสูญเสียพื้นที่ป่าธรรมชาติไปโดยเฉลี่ยถึง 88.7 ล้านไร่ (ประมาณร้อยละ 0.7) พื้นที่ป่าธรรมชาติของประเทศไทยเหลือเพียง 61.3 ล้านไร่ (ร้อยละ 19.3 ของพื้นที่ทั้งประเทศ) ในปี พ.ศ. 2543 ถึงแม้ว่าสัมปทานการทำไม้ทั้งหมดได้ถูกยกเลิกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 แต่อัตราการลดลงของพื้นที่ป่าในช่วงปี พ.ศ. 2538-2543 ยังสูงถึง 1.6 ล้านไร่ต่อปี (ร้อยละ 2.3 ของพื้นที่ป่าในปี พ.ศ. 2538) (FAO, 1997, 2001) ซึ่งมีย้อนกลับไปได้จนถึงปี พ.ศ. 2504 ประเทศไทยของเราได้สูญเสียพื้นที่ป่าไปมากกว่าสองในสาม (Bhumibamon, 1986) และจากข้อมูลล่าสุดปี พ.ศ. 2557 พื้นที่ป่าไม้ประเทศไทยเหลือเพียงร้อยละ 31.62 คิดเป็น 102.285 ล้านไร่ (กรมป่าไม้, 2558)

การศึกษากาการเติบโตของพรรณไม้ที่ใช้ฟื้นฟูในป่าเต็งรังบริเวณพื้นที่อนุรักษ์ เป็นการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงกระบวนการฟื้นตัวตามธรรมชาติของป่าผลัดใบโดยเฉพาะป่าเต็งรังทำให้ทราบว่าปัจจัยใดที่เป็นข้อจำกัดหรือเป็นประโยชน์ต่อการฟื้นฟูป่า โดยใช้พรรณไม้ปลูกฟื้นฟูที่เหมาะสม สามารถลดอุปสรรคจากปัจจัยเหล่านั้นได้ดีขึ้น เช่น การกำจัดวัชพืช การใส่ปุ๋ยให้แก่กล้าไม้ธรรมชาติ การป้องกันไฟ และการป้องกันพื้นที่จากปศุสัตว์ วิธีการเหล่านี้รวมเรียกว่า “การเร่งฟื้นตัวตามธรรมชาติ” เป็นวิธีการที่ลงทุนต่ำ และมีประสิทธิภาพสูง อย่างไรก็ตามวิธีเหล่านี้จะใช้ได้เฉพาะกับต้นไม้หรือกล้าไม้ที่มีอยู่ในพื้นที่แล้วเท่านั้น ซึ่งในพื้นที่ป่าเต็งรังเสื่อมโทรม พรรณไม้ที่เหลืออยู่ตามธรรมชาตินั้นเป็นเพียงส่วนน้อยของพืชพรรณอันหลากหลายของป่าในประเทศไทย ดังนั้นการฟื้นฟูพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมให้มีความหลากหลายทางชีวภาพเหมือนเดิมอาจต้องปลูกต้นไม้เสริมบางส่วน ในประเทศเขตร้อนการปลูกไม้เศรษฐกิจเป็นรูปแบบการสร้างพื้นที่ป่าที่พบมากที่สุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งทวีปเอเชีย จากข้อมูลปี พ.ศ. 2543 ประมาณร้อยละ 62 ของพื้นที่ปลูกต้นไม้ของโลกอยู่ในทวีปเอเชีย ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 20 ของพื้นที่ทั้งหมดของเอเชีย ประเทศไทยจัดอยู่ในอันดับที่ 8 ของประเทศที่มีพื้นที่ปลูกป่าสูงสุดของโลก โดยพื้นที่ 1 ใน 3 ของพื้นที่สีเขียวในประเทศไทยประมาณ 31.25 ล้านไร่ เป็นพื้นที่ปลูกสน ยูคาลิปตัส และยางพารา (หน่วยวิจัยการฟื้นฟูป่า, 2549) การปลูกไม้เศรษฐกิจเหล่านี้ยังมีความจำเป็นเพื่อตอบสนองความต้องการไม้และเยื่อกระดาษที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ไม้ปลูกเหล่านี้ช่วยลดปริมาณความต้องการไม้จากธรรมชาติ อย่างไรก็ตามการปลูกป่าในลักษณะนี้ไม่สามารถสร้างสภาพพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์นานาชนิดที่เคยอยู่ในระบบ

นิเวศป่าธรรมชาติได้ ดังนั้นการฟื้นฟูป่าในพื้นที่ที่ปลูกป่าเพื่อการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพจึงมีความเหมาะสมมากกว่า

การฟื้นฟูป่าจึงมุ่งเน้นที่จะสนับสนุนกระบวนการพัฒนาตัวเองของระบบนิเวศป่าด้วยการฟื้นฟูโครงสร้างและการทำงานของระบบนิเวศโดยการปลูกป่าที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศดั้งเดิม ความสำเร็จของการฟื้นฟูป่าสามารถวัดได้จากจำนวนชั้นเรือนยอดของต้นไม้ที่เพิ่มขึ้น จำนวนของสิ่งมีชีวิตที่กลับเข้ามาในพื้นที่ โดยเฉพาะชีวิตที่หายากหรือมีความสำคัญต่อการดำรงอยู่ของระบบนิเวศและคุณภาพของดินที่ดีขึ้น เป็นต้น การฟื้นฟูป่า จึงจัดเป็นการปลูกป่าที่มีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างไปจากการปลูกชนิดอื่นๆ (Elliott, 2000) จากการศึกษาของ (Elliott *et al*, 2003) ที่ศึกษาคัดเลือกชนิดไม้ที่เหมาะสมสำหรับในป่าดิบเขาบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย โดยทดสอบทั้งสิ้น 37 ชนิด พบว่า 9 ชนิดที่เติบโตดี 15 ชนิด คือ สามารถคัดเลือกปลูกได้ 5 ชนิดในระดับปานกลาง และ 9 ชนิดอยู่ในระดับไม่ควรคัดเลือกลำบากมาปลูกเพื่อการฟื้นฟูในบริเวณนั้นเลย

การศึกษากการเติบโตของพรรณไม้ที่ใช้ฟื้นฟูป่าเต็งรัง ในพื้นที่อนุรักษ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ เพื่อทดสอบหาชนิดพรรณไม้ที่เหมาะสมสำหรับฟื้นฟูป่าเต็งรัง โดยการประเมินจากปัจจัย อัตราการรอดตาย ความสูง ขนาดลำต้น ความกว้างทรงพุ่ม และสุขภาพ และนำมาจัดลำดับตามความสำคัญ และรูปลักษณะที่ปรากฏ เมื่อผ่านมาแล้ว 11 ปี จึงทำการวัดและประเมิน เพื่อจัดลำดับ และคัดเลือกชนิดพันธุ์ไม้ที่สามารถเติบโตได้ดีในพื้นที่เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคนิคการฟื้นฟูป่าเต็งรังเสื่อมโทรมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่อนุรักษ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ตั้งอยู่ทางทิศเหนือ มีพื้นที่เท่ากับ 580 ไร่ พื้นที่ศึกษามีค่าเฉลี่ยของความสูงจากระดับน้ำทะเลเท่ากับ 150 เมตร และสภาพนิเวศดั้งเดิมเป็นป่าเต็งรังรุ่นที่สอง และมีน้ำขังในช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนสิงหาคม-ตุลาคมเป็นประจำทุกปี พื้นที่แห่งนี้ผ่านการสัมปทานไม่มากกว่า 30 ปี อยู่ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าขุนแม่คำมี พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ชาวบ้านบุกรุกปลูกข้าวโพดมาก่อนที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จะเข้ามาตั้ง (มหาวิทยาลัยตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2538) มีการเลี้ยงโค กระบือแบบปล่อยทุ่ง และมีไฟป่าไหม้ทุกปี (Figure 1) จากลักษณะภูมิอากาศของจังหวัดแพร่ ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 1,240 มิลลิเมตร และ 26 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ศึกษาอัตราการงอกของพรรณไม้ทั้ง 9 ชนิด และคัดเลือกกล้าไม้ที่มีคุณภาพดีจากการเพาะเมล็ดในเรือนเพาะชำสาขาวิชาเกษตรป่าไม้ ได้แก่ ประดู่ป่า เสี้ยว เพกา ชี้เหล็ก สะเดา หว้า คุณ กระโดน และ แดง เติร์มกล่ำ ไม้ล่วงหน้าก่อนปลูกประมาณ 3-6 เดือน

ปลูกฟื้นฟูป่าจำนวน 3 ไร่ ในปี พ.ศ. 2548 ใช้กล้าไม้จำนวน 597 ต้นต่อไร่ รวมทั้งสิ้น 1,791 ต้น แต่ละชนิด ได้แก่ ประดู่ป่า เสี้ยว เพกา ชี้เหล็ก สะเดา หว้า คุณ กระโดน และ แดง ปลูกจำนวนเท่ากับ 40, 37, 50, 40, 150, 150, 40, 50 และ 40 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ ตอกรหัสทุกต้น และติดหมายเลขต้นประจำต้น วางแปลงปลูกขนาด 1 ไร่ (40x40 เมตร) จำนวน 3 แปลง ในพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม กำหนดจุดห่างระหว่างต้นโดยห่างกันประมาณ 1.6 เมตร ปักไม้ไผ่เป็นหลักกวนเป็นรูปก้นหอย ขุดหลุมประมาณ 30x30x30 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 50 กรัม รองก้นหลุม ก่อนปลูกกล้าไม้ทุกต้น ทำรั้วรอบแปลงปลูกต้นไม้เพื่อป้องกัน โค กระบือ เข้าทำลายต้นไม้ม เติร์มกล่ำไม้สำหรับปลูก ทำการติดตามการเติบโตของกล้าไม้ ภายหลังจากปลูกได้ 1 เดือน (พ.ศ. 2548) และ 11 ปี (พ.ศ. 2558) หลังจากปลูก เช่น ขนาดคอรากชิดดิน ความสูง ขนาดทรงพุ่ม และสุขภาพของกล้าไม้ วิเคราะห์หาอัตราการงอกของเมล็ด วิเคราะห์หาอัตราการรอดตาย อัตราการเติบโต ได้แก่ อัตราของความโตที่คอรากชิดดิน ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และประเมินสุขภาพของกล้าไม้ จากนั้นนำมาจัดลำดับ และ

นำคะแนนที่ได้มาคิดคำนวณ โดยคิดจากปัจจัยที่ปรากฏและสามารถวัดและประเมินค่าได้ เช่น อัตราการรอดตาย ความสูง ความโตที่คอรากชิดดิน ความกว้างทรงพุ่ม และคะแนนสุขภาพ โดยประยุกต์วิธีการศึกษาและคัดเลือกชนิดไม้เพื่อการฟื้นฟูป่าของ (Elliott *et al.*, 2003)

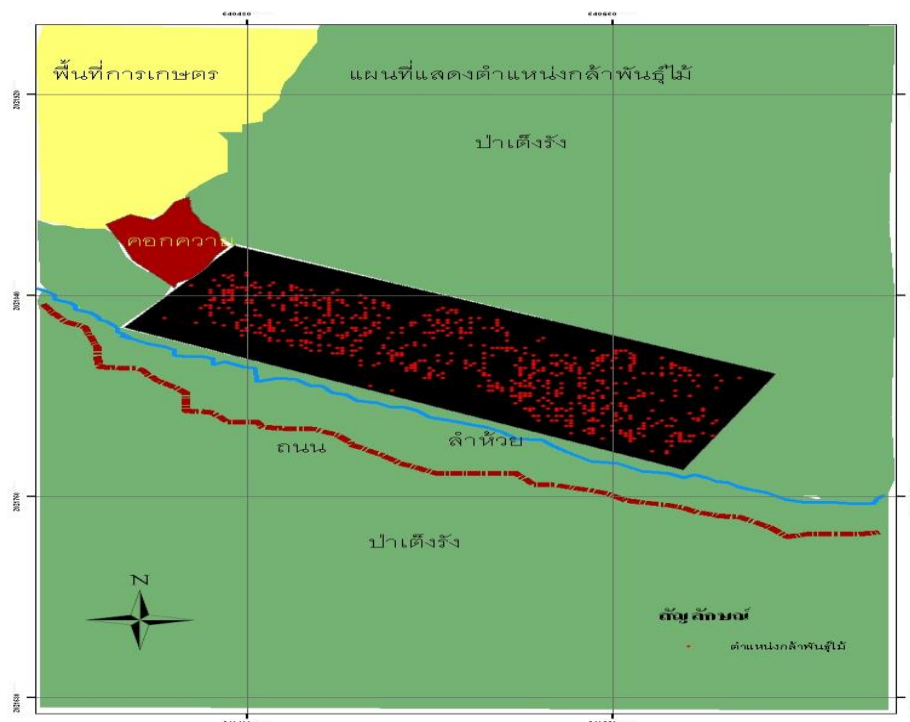


Figure 1 Study site.

ผลและวิจารณ์

1. อัตราการงอก

ผลการทดสอบอัตราการงอกในเรือนเพาะชำสาขาวิชาเกษตรป่าไม้ของพันธุ์ไม้ที่ใช้ในการฟื้นฟูป่าในพื้นที่อนุรักษ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ และทดสอบการงอกด้วยวิธีการต่างๆ คัดเลือกวิธีที่มีอัตราการงอกสูงสุดของแต่ละชนิด พบว่า เสี้ยว (*Bauhinia variegata*) มีอัตราการงอกสูงสุด เท่ากับร้อยละ 88.3 รองลงมาได้แก่ ชี่เหล็ก (*Cassia siamea* (Lamk.) Irwin Barneby) สะเดา (*Azadirachta indica* Juss. var. *siamensis*) แดง (*Xylia xylocarpa* var. *kerrii*) คุน (*Cassia fistula*) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) หว้า (*Syzygium cumini*) และเพกา (*Oroxylum indicum*) มีอัตราการงอก เท่ากับร้อยละ 87.5, 72.0, 65.0, 60.0, 58.3, 56.0 และ 51.0 ตามลำดับ อัตราการงอกน้อยที่สุด ได้แก่ กระโดน (*Careya sphaerica*) เท่ากับร้อยละ 48.0 ส่วนใหญ่ไม้วงศ์ถั่วเมื่อแก่นำเมล็ดออก แล้วแช่น้ำอุ่น และน้ำเย็นเพื่อให้น้ำมันที่เคลือบผิวเมล็ดออกเป็นการกระตุ้นการงอก ทำให้อัตราการงอกสูงขึ้น (Table 1)

2. การรอดตาย

หลังจากปลูก 1 เดือน ชนิดพรรณไม้ทั้ง 9 ชนิด พบอัตราการรอดตายทุกต้น และเมื่อเวลาผ่านไป 11 ปี ในปี พ.ศ. 2558 ติดตามการรอดตายพบว่า ชี้เหล็ก มีอัตราการรอดตายสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 88.3 รองลงมาได้แก่ หว้า ประดู่ แดง กระโดน คุณ เสี้ยว และ สะเดา มีค่าเท่ากับร้อยละ 51.6, 36.7, 34.2, 23.3, 19.2, 11.7 และ 6.0 ตามลำดับ ชนิดไม้ที่มีอัตราการรอดตายน้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.7 คือ เพกา เป็นไปได้ว่าเพกาเป็นไม้เบิกนำ (pioneer species) เมื่อปลูกผ่านไปแล้วระยะหนึ่ง เรือนยอดไม้โตชิดติดกันทำให้มีแสงส่องถึงพื้นได้น้อย ทำให้ไม้เบิกนำที่ต้องการแสงมากไม่สามารถเติบโตต่อไปได้ ทำให้ตายไปในที่สุดจึงทำให้มีอัตราการรอดตายน้อย (Table 2)

Table 1 Germination rate and seed break dormancy method.

No	Scientific name	Family	Seed break dormancy method	Germination rate (%)
1	<i>Bauhinia variegata</i>	FABACEAE	Put seeds in warm water 80 °C and cold water	88.3
2	<i>Cassia siamea</i> (Lamk.) Irwin Barneby	FABACEAE	Put seeds in warm water 80 °C and cold water	87.5
3	<i>Azadirachta indica</i> Juss. var. <i>siamensis</i>	MELIACEAE	Remove seed coat and clean by water	72.0
4	<i>Xylia xylocarpa</i> var. <i>kerrii</i>	FABACEAE	Put seeds in warm water 80 °C and cold water	65.0
5	<i>Cassia fistula</i>	FABACEAE	Put seeds in warm water 80 °C and cold water	60.0
6	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	FABACEAE	Put seeds in warm water 80 °C and cold water	58.3

3. การเติบโต

ความสูงของไม้เมื่อผ่านไปแล้ว 11 ปี พบว่า ประดู่ มีความสูงเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 4.21 เมตร รองลงมาได้แก่ เพกา แดง ชี้เหล็ก เสี้ยว หว้า สะเดา และ กระโดน มีความสูงเท่ากับ 4.00, 3.95, 3.37, 3.00, 2.36, 2.28 และ 2.21 เมตร ตามลำดับ คุณ มีความสูงน้อยสุด เท่ากับ 1.59 เมตร (Table 3) ขนาดลำต้นที่คอรากชิดดิน ไม้แดง มีขนาดใหญ่ที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 6.52 เซนติเมตร ลำดับรองลงมาได้แก่ เพกา ชี้เหล็ก ประดู่ หว้า สะเดา กระโดน และ คุณ มีขนาดลำต้นที่คอรากชิดดิน เท่ากับ 6.37, 6.30, 5.66, 5.25, 4.70, 4.69 และ 3.83 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วน ไม้เสี้ยว มีขนาดลำต้นที่คอรากชิดดินเล็กที่สุด เท่ากับ 0.29 เซนติเมตร (Table 3) ความกว้างทรงพุ่ม พบว่า ชี้เหล็ก มีความกว้างเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 2.36 เมตร รองลงมาได้แก่ แดง กระโดน เสี้ยว เพกา หว้า สะเดา และ ประดู่ มีความกว้างเฉลี่ย เท่ากับ 2.18, 1.88, 1.84, 1.60, 1.51, 1.37 และ 1.24 เมตร ตามลำดับ คุณ มีความกว้างเฉลี่ยน้อยสุด เท่ากับ 0.82 เมตร (Table 4) ชี้เหล็กมีความกว้างทรงพุ่มมีความสามารถแตกกิ่งก้านสาขาได้มากที่สุดในพื้นที่แห่งนี้ ประดู่แม้ว่าจะมีความสูงสูงที่สุด แต่ช่วง 11 ปีแรกในพื้นที่แห่งนี้ประดู่แตกกิ่งก้านทรงพุ่มไม่ดี และคุณมีการเติบโตในพื้นที่บริเวณนี้ได้น้อยที่สุดทั้งความสูงและทรงพุ่ม

Table 2 Mean survival percentage of tree species after planting for 1 month and 11 years planted in 2005.

No	Tree species	Family	Age (1 month)		Age (11 years)	
			n	Mean percentage of survival	n	Mean percentage of survival S.D.
1	<i>Cassia siamea</i> (Lamk.) Irwin Barneby	FABACEAE	120	100	106	88.3 39.3
2	<i>Syzygium cumini</i>	MYRTACEAE	450	100	232	51.6 26.2
3	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	FABACEAE	120	100	44	36.7 24.6
4	<i>Xylia xylocarpa</i> var. <i>kerrii</i>	FABACEAE	100	100	41	34.2 20.8
5	<i>Careya sphaerica</i>	BARRINGTONIACEAE	150	100	35	23.3 23.4
6	<i>Cassia fistula</i>	FABACEAE	120	100	23	19.2 11.9
7	<i>Bauhinia variegata</i>	FABACEAE	111	100	13	11.7 7.8
8	<i>Azadirachta indica</i> Juss. var. <i>siamensis</i>	MELIACEAE	450	100	27	6 2.3
9	<i>Oroxylum indicum</i>	BIGNONIACEAE	150	100	1	0.7

Table 3 Mean height and diameter at root collar of tree species after planting for 1 month and 11 years planted in 2005.

No	Tree species	Trees Height				Diameter at root collar			
		Age (1 month)		Age (11 years)		Age (1 month)		Age (11 years)	
		n	Mean height (m)	n	Mean trees height (m)	S.D.	diameter at root collar (cm)	n	diameter at root collar (cm) S.D.
1	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	120	0.69	44	4.21	2.16	0.78	44	5.66 0.76
2	<i>Oroxylum indicum</i>	150	0.58	1	4		0.66	1	6.37
3	<i>Xylia xylocarpa</i> var. <i>kerrii</i>	100	0.27	41	3.95	1.99	0.3	41	6.52 1.51
4	<i>Cassia siamea</i> (Lamk.) Irwin Barneby	120	0.24	106	3.37	2.03	0.3	106	6.3 2.19
5	<i>Bauhinia variegata</i>	111	0.29	13	3	1.63	0.24	13	0.29 1.57
6	<i>Syzygium cumini</i>	450	0.17	232	2.36	1.26	0.29	232	5.25 2.72
7	<i>Azadirachta indica</i> Juss. var. <i>siamensis</i>	450	0.32	27	2.28	1.2	0.55	27	4.7 0.71
8	<i>Careya sphaerica</i>	150	0.11	35	2.21	1.41	0.23	35	4.69 0.95
9	<i>Cassia fistula</i>	120	0.54	23	1.59	1.36	0.48	23	3.83 1.43

Table 4 Mean crown width and mean health score of tree species after planting for 1 month and 11 years planted in 2005.

No	Tree species	Mean Crown Width				Mean Health score			
		Age (1 month)		Age (11 years)		Age (1 month)		Age (11 years)	
		n	Mean crown width (m)	n	Mean crown width (m)	n	Mean Health score	n	Mean Health S.D. score
1	<i>Cassia siamea</i> (Lamk.) Irwin Barneby	120	0.19	106	2.36	120	2.16	106	2.39 0.14
2	<i>Xylia xylocarpa</i> var. <i>kerrii</i>	100	0.1	41	2.18	100	1.55	41	2.43 0.38
3	<i>Careya sphaerica</i>	150	0.09	35	1.88	150	1.58	35	1.9 0.13
4	<i>Bauhinia variegata</i>	111	0.17	13	1.84	111	2.51	13	1.39 0.39
5	<i>Oroxylum indicum</i>	150	0.15	1	1.6	150	1.6	1	2
6	<i>Syzygium cumini</i>	450	0.16	232	1.51	450	2.77	232	2.24 0.41
7	<i>Azadirachta indica</i> Juss. var. <i>siamensis</i>	450	0.32	27	1.37	450	2.52	27	2.06 0.42
8	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	120	0.21	44	1.24	120	2.09	44	1.85 0.13
9	<i>Cassia fistula</i>	120	0.31	23	0.82	120	2.56	23	1.8 0.66

4. สุขภาพ

ผลจากการประเมินสุขภาพของต้นไม้แต่ละชนิดโดยต้นไม้ที่มีสุขภาพดีจะถูกให้คะแนนเต็ม 3 และลดลงเมื่อสุขภาพแย่ง และถ้าสุขภาพไม้ชนิดนั้นแย่มากจะได้คะแนนน้อย และตายคะแนนจะเท่ากับ 0 ผ่านไปแล้ว 11 ปีพบว่า แดง มีคะแนนสุขภาพสูงที่สุด เท่ากับ 2.43 รองลงมาได้แก่ ขี้เหล็ก หว้า สะเดา เพกา กระโดน ประดู่ และคูณ มีค่าคะแนนสุขภาพเท่ากับ 2.39, 2.24, 2.06, 2.00, 1.90, 1.85 และ 1.80 คะแนน ตามลำดับ ไม้เลื้อย มีคะแนนสุขภาพน้อยที่สุด เท่ากับ 1.39 คะแนน (Table 4)

5. การคัดเลือกชนิดไม้ที่เหมาะสมสำหรับฟื้นฟูป่าเต็งรัง

จากข้อมูลที่ติดตามเป็นปัจจัยสำหรับนำมาทำการคัดเลือกชนิดไม้ ประกอบด้วย อัตราการงอก การรอดตาย ความสูง ขนาดลำต้นที่คอราก ขนาดความกว้างของเรือนยอด และคะแนนสุขภาพ ใกล้เคียงกับการศึกษาของ (Elliott *et al.*, 2003) บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ซึ่งใช้ 6 ปัจจัย เพื่อคัดเลือกพรรณไม้ในการฟื้นฟูป่าดิบเขา ผลการให้คะแนน และจัดลำดับ ชนิดไม้ที่ได้คะแนนสูงสุดเท่ากับ 16 คะแนน คือ ขี้เหล็ก เป็นไม้ที่เหมาะสมอันดับแรกในการคัดเลือกเพื่อทำการฟื้นฟูป่าในพื้นที่แห่งนี้ รองลงมาได้คะแนนเท่ากับ 15 และ 13 คือ แดง และประดู่ ส่วนหว้า และสะเดา มีคะแนน เท่ากับ 12 และ เลื้อยและเพกา มีคะแนนเท่ากับ 11 และลำดับ ถัดมาคือ กระโดนและคูณ มีความเหมาะสมสำหรับการฟื้นฟูในพื้นที่แห่งนี้น้อยที่สุด (Table 5) อย่างไรก็ตามจะต้องมีการติดตามการเติบโตต่อไปอย่างต่อเนื่อง

Table 5 Summary of trees species classification based on field performance (3, acceptable; 2, marginal and 0, rejected).

Tree species	Germination ^a	Survival ^b	Height ^c	Diameter at root collar ^d	Crown width ^e	Health score ^f	Score	Overall classification
<i>Cassia siamea</i> (Lamk.) Irwin Barneby	3	3	2	2	3	3	16	A
<i>Xylia xylocarpa</i> var. <i>kerrii</i>	2	2	3	2	3	3	15	B
<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	2	2	3	2	2	2	13	B
<i>Syzygium cumini</i>	2	2	2	2	2	2	12	B
<i>Azadirachta indica</i> Juss. var. <i>siamensis</i>	2	2	2	2	2	2	12	B
<i>Bauhinia variegata</i>	3	2	2	0	2	2	11	B
<i>Oroxylum indicum</i>	2	0	3	2	2	2	11	B
<i>Careya sphaerica</i>	0	2	2	2	2	2	10	C
<i>Cassia fistula</i>	2	2	0	2	0	2	8	C

Note: ^a3 > 80%, 2=50.0-80.0%, 1 < 50%.^b3 > 57.0%, 2=3.0-57.0%, 1 < 3.0%.^c3 > 5.7 m, 2=1.5-5.7 m, 1 < 1.5 m.^d3 > 6.8 cm, 2=2.9-6.8 cm, 1 < 2.9 cm.^e3 > 2.1 m, 2=1.2-2.1 m, 1 < 1.2 m.^f3 > 2.3, 2=1.7-2.3, 1 < 1.7.

สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาการเติบโตของพรรณไม้ที่ใช้ฟื้นฟูในป่าเต็งรังบริเวณพื้นที่อนุรักษ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ โดยปลูกฟื้นฟูป่าจำนวน 3 ไร่ ในปี พ.ศ. 2548 ใช้กล้าไม้ 597 ต้นต่อไร่ จำนวนชนิดกล้าไม้ที่ปลูก 9 ชนิด ได้แก่ อัตราการงอก การรอดตาย ความสูง ขนาดลำต้นที่คอราก ขนาดความกว้างของเรือนยอด และคะแนนสุขภาพ ผลการให้คะแนน และจัดลำดับ ชนิดไม้ที่ได้คะแนนสูงสุดเท่ากับ 16 คะแนน คือ ขี้เหล็ก เป็นไม้ที่เหมาะสมอันดับแรกในการคัดเลือกเพื่อทำการฟื้นฟูป่าในพื้นที่แห่งนี้ รองลงมาได้คะแนนเท่ากับ 15 และ 13 คือ แดง และประดู่ ส่วนหว่า และสะเดา มีคะแนน เท่ากับ 12 และ เสี้ยวและเพกา มีคะแนนเท่ากับ 11 และลำดับถัดมาคือ กระโดนและคูณ มีความเหมาะสมสำหรับการฟื้นฟูในพื้นที่แห่งนี้น้อยที่สุด อย่างไรก็ตามจะต้องมีการติดตามการเติบโตอย่างต่อเนื่อง และศึกษาปัจจัยอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น สมบัติดิน การใช้ประโยชน์ของสัตว์เลี้ยง ไฟป่า และการจัดการเพื่อเร่งรัดกระบวนการการฟื้นตัวของป่าเต็งรัง เพื่อเป็นประโยชน์หาแนวทางในการฟื้นฟูป่าประเภทนี้ให้เร็วที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิชาเกษตรป่าไม้รุ่นที่ 2 ที่ช่วยกันปลูกฟื้นฟูป่า ในปี พ.ศ. 2548 และรุ่นที่ 10 ที่ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลในปี พ.ศ. 2558 และเจ้าหน้าที่ดูแลพื้นที่ศึกษาวิจัยระหว่างปี พ.ศ. 2548 ถึงปัจจุบัน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมป่าไม้. 2558. ข้อมูลสถิติกรมป่าไม้ปี 2557. สำนักแผนงานและสารสนเทศ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- หน่วยวิจัยการฟื้นฟูป่า. 2549. ปลูกให้เป็นป่า: แนวคิดและแนวปฏิบัติสำหรับการฟื้นฟูป่าเขตร้อน. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- Bhumibamon, S. 1986. *The Environmental and Socio-Economic Aspects of Tropical Deforestation: A Case Study of Thailand*. Department of Silviculture, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok.
- Elliott, S. 2000. *Defining forest restoration for wildlife conservation*. In Elliott, S., J. Kerby, D. Blakesley, K. Hardwick, K. Woods and V. Anusarnsunthorn, eds. *Forest Restoration for Wildlife Conservation*. Chiang Mai University, Thailand.
- _____, P. Navakitbumrung, C. Kuarak, S. Zangkum, V. Anusarnsunthorn and D. Blakesley. 2003. Selecting framework tree species for restoring seasonally dry tropical forests in northern Thailand based on field performance. *For. Ecol. Manage.* 184: 177-191.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1997. *State of the World's Forests 1997*. FAO, Rome.
- _____. 2001. *State of the World's Forests 2001*. FAO, Rome.

ลักษณะสังคมพืช และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าเต็งรัง
ในป่าชุมชนบ้านโค้งตาบาง จังหวัดเพชรบุรี

Plant Community and Carbon Storage in Biomass of Dry Dipterocarp Forest
in Ban Khong Tabang Community Forest, Phetchaburi Province

ก้องพงษ์ ทองพระพักตร์^{1*} สาทิศ ดิลกสัมพันธ์² และ นิตยา เมี้ยนมิตร²
Kupong Thongprapak^{1*} Sapit Diloksumpun² and Nittaya Mianmit³

¹บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Graduate School, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

² คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: kupong67@gmail.com

ABSTRACT

The plant community species, their biomass and the carbon storage in their biomass were determined in a dry dipterocarp forest in the Ban Khong Tabang community forest, Phetchaburi province. Fifteen 40x40 m sampling plots were laid out randomly representing various altitudes throughout the study area. Species identification and data collection of total height and diameter at breast height (1.30 m) over bark were undertaken as well as analysis of the plant community tree species and their biomass and carbon storage. The results identified 77 tree species from 63 genera and 33 families, where *Shorea siamensis* Miq was the most dominant tree species. The species diversity index ranged from 1.26 to 2.53, the average biomass (above-ground and below-ground) and their carbon storage were 53.41 and 27.00 t ha⁻¹, respectively. Cluster analysis was applied and all sampling plots could be classified into four plant communities.

Keywords: plant community, carbon storage, biomass, deciduous dipterocarp forest, Ban Khong Tabang community forest

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะของสังคมพืช มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าเต็งรังห้วยกุฎี ณ ป่าชุมชนบ้านโค้งตาบาง จังหวัดเพชรบุรี โดยวางแผนตัวอย่างขนาด 40x40 เมตร จำนวน 15 แปลง สุ่มกระจายตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล เก็บข้อมูลชนิดของพรรณไม้ ความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (ที่ระดับ 1.30 เมตร) วิเคราะห์ข้อมูลลักษณะของสังคมพืชเชิงปริมาณ มวล

ชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ ผลการศึกษาพบว่า มีไม้ต้น 77 ชนิด จาก 63 สกุล 33 วงศ์ โดยมีรัง (*Shorea siamensis* Miq) เป็นพรรณไม้เด่น มีค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener อยู่ระหว่าง 1.26-2.53 มีมวลชีวภาพรวม (เหนือดินและใต้ดิน) และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 53.41 และ 27.00 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ทั้งนี้สามารถจัดกลุ่มไม้ตามวิธีการ cluster analysis โดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึงของ Sorensen ได้เป็น 4 กลุ่มสังคมพืช

คำสำคัญ: สังคมพืช การกักเก็บคาร์บอน มวลชีวภาพ ป่าเต็งรัง ป่าชุมชนบ้านโค้งตาบาง

คำนำ

ก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas) โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุสำคัญของปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) มีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น และก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) สาเหตุสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดมาจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ที่สำคัญได้แก่ การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (fossil fuel) และการทำลายพื้นที่ป่าไม้ (deforestation) เพื่อเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์พื้นที่ไปทำการเกษตรและอุตสาหกรรม (นิพนธ์, 2550) ป่าไม้มีบทบาทและมีความสำคัญเกี่ยวข้องโดยตรงในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยพืชดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อนำมาสร้างอาหารผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงแล้วเปลี่ยนเป็นเซลลูโลสและกักเก็บไว้ในรูปของมวลชีวภาพ ทำหน้าที่ตรึงคาร์บอนเอาไว้จนกว่าจะถูกปลดปล่อยอีกครั้งผ่านการเผาหรือตัดทำลาย การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าไม้ขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอน (carbon content) ที่สะสมในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของพรรณไม้เด่นที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของสังคมพืช และมวลชีวภาพของพื้นที่ป่านั้นๆ ในขณะที่การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าไม้สวนป่า หรือพื้นที่ที่ต้นไม้ ขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนและมวลชีวภาพของพรรณไม้ (สาพิศ, 2550)

สังคมพืช โดยทั่วไปเป็นการขึ้นอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มพืชชนิดต่างๆ มีความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์พืชเหล่านั้น และมีความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมที่เป็นสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตในพื้นที่ที่ขึ้นอยู่ (ดอกรัก และ อุทิศ, 2552) สังคมพืชประเภทต่างๆ ที่มีองค์ประกอบของพันธุ์พืชที่แตกต่างกันในด้านโครงสร้าง ขนาดของพันธุ์พืช ความหนาแน่น (density) และลักษณะการปกคลุมพื้นที่ (cover) อาจทำให้เกิดความแตกต่างของมวลชีวภาพ (biomass) และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ จากการรวบรวมข้อมูลของ กัลยา และ สาพิศ (2554) พบว่า ปริมาณคาร์บอน มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ มีการแปรผันสูงมากระหว่างป่าประเภทต่างๆ และระหว่างพื้นที่ภายในป่าประเภทเดียวกัน โดยป่าดิบชื้นมีมวลชีวภาพเหนือดิน (251.1 ตันต่อเฮกตาร์) และการกักเก็บคาร์บอน (125.5 ตันต่อเฮกตาร์) โดยเฉลี่ยสูงสุด ในขณะที่ป่าเต็งรังมีมวลชีวภาพเหนือดิน และการกักเก็บคาร์บอน โดยเฉลี่ยค่อนข้างต่ำเพียง 80.1 และ 40.5 ตันต่อเฮกตาร์ตามลำดับ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะของสังคมพืช มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าเต็งรัง 15 แปลงตัวอย่าง ภายในป่าชุมชนบ้านโค้งตาบาง จังหวัดเพชรบุรี และเพื่อนำข้อมูลมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่า และการเพิ่มพูนการกักเก็บคาร์บอนในระดับโครงการ (Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation and Enhancing Carbon Sequestration in Forest Area Project Level; P-REDD+) ภายใต้โครงการ ลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program; T-VER)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

ทำการศึกษาบริเวณป่าเต็งรังในพื้นที่ป่าชุมชนโค้งตาบาง ตำบลท่าไม้รวก อำเภอยาง จังหวัด เพชรบุรี เนื้อที่ 3,276 ไร่อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าชะอำ-บ้านโรง ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบสลับ ภูเขาพบสังคมพืชป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ จากการบุกรุกตัดต้นไม้ใหญ่ และตัดไม้เผาถ่าน สภาพป่าจึง เปลี่ยนแปลงไป ต้นไม้ที่มีอยู่ในปัจจุบันจึงเป็นไม้รุ่นสองที่เกิดจากตอไม้และลูกไม้ ปัจจุบันมีสภาพเป็นป่าเต็งรัง สลับกับป่าเบญจพรรณ โดยมีการปลูกไม้เพิ่มในพื้นที่ซึ่งพบได้ทั้งป่าธรรมชาติและป่าปลูก พื้นที่ถูกแบ่งออกเป็น 3 ชั้นโดยพิจารณาจากระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล ได้แก่

- 1) ป่าชั้นนอก เรียกว่า ป่าเพื่อการใช้สอย มีระดับความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 0-120 เมตร มีเนื้อที่ประมาณ 1,397 ไร่
- 2) ป่าชั้นกลาง เรียกว่า ป่าปลูกเสริม มีระดับความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 120-160 เมตร มีเนื้อที่ประมาณ 689 ไร่
- 3) ป่าชั้นใน เรียกว่า ป่าเพื่อการอนุรักษ์ มีระดับความสูงจากระดับทะเลปานกลางมากกว่า 160 เมตร มีเนื้อที่ประมาณ 1,190 ไร่

2. การเก็บข้อมูลภาคสนาม

ศึกษาขอบเขตพื้นที่ป่าชุมชนบ้านโค้งตาบาง จากแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมมาตราส่วน 1:50,000 ชุด ที่ L7018 ระวาง 4934I และแผนที่ของกรมป่าไม้ และทำการสำรวจพื้นที่เบื้องต้นในภาคสนาม เพื่อให้ทราบ ถึงสภาพทั่วไปของพื้นที่แล้วนำมาพิจารณาขอบเขตพื้นที่ศึกษา และกำหนดการวางแผนตัวอย่าง โดย พิจารณาเลือกพื้นที่ ป่าชั้นนอก ซึ่งเป็นป่าเพื่อการใช้สอย ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 0-120 เมตร มีเนื้อที่ 1,397 ไร่ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกทำลายป่า สอดคล้องตามแนวทางการดำเนินงาน แนวทางของกิจกรรม P-REDD+ ภายใต้โครงการ T-VER ทำการเลือกพื้นที่แปลงตัวอย่าง และวางแผน ตัวอย่างตัวอย่างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (quadrat) ขนาด 40x40 เมตร ซึ่งมีเนื้อที่ 1 ไร่ โดยสุ่มแปลงตัวอย่าง จำนวน 15 แปลง ให้กระจายทั่วพื้นที่ และตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล โดยจำแนกเป็นแปลงตัวอย่าง ถาวร 4 แปลง เพื่อใช้สำหรับการตรวจวัดและติดตามในอนาคตได้ และแปลงตัวอย่างอีก 11 แปลง (Figure 1) และทำการแบ่งแปลงตัวอย่างย่อยขนาด 10x10 เมตร ออกเป็น 16 แปลงย่อย และแปลงย่อยขนาด 4x4 เมตร ที่มุมด้านล่างซ้ายอีก 4 แปลงย่อยในแนว 45 องศา

สำหรับแปลงย่อยขนาด 10x10 เมตร เก็บข้อมูลไม้ต้น (tree) คือ ต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เพียงอก ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไปทุกต้น สำหรับแปลงตัวอย่างถาวรใช้แผ่นโลหะที่ทำหมายเลขเรียง ตามลำดับและเจาะรูไว้แล้ว นำมาตอกติดกับต้นไม้ที่ทำการวัดที่ระดับ 1.30 เมตร จำแนกชนิดของพรรณไม้ ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ในกรณีที่มีราก รอยแผล พูพอน จะทำการวัดเหนือพูพอนขึ้นไป วัด ความสูงของต้นไม้โดยใช้ Haga hypsometer ในแปลงย่อยขนาด 4x4 เมตร เก็บข้อมูลไม้รุ่น (sapling) คือ ต้นไม้ที่มีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกน้อยกว่า 4.5 เซนติเมตรทุกต้น ในแปลงตัวอย่างถาวรติดแผ่นโลหะที่มีหมายเลขที่ระดับ 1.30 เมตร จำแนกชนิดของพรรณไม้ ทำการวัดขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก โดยใช้ digital vernier caliper และวัดความสูงของต้นไม้โดยใช้เทปวัดระยะ

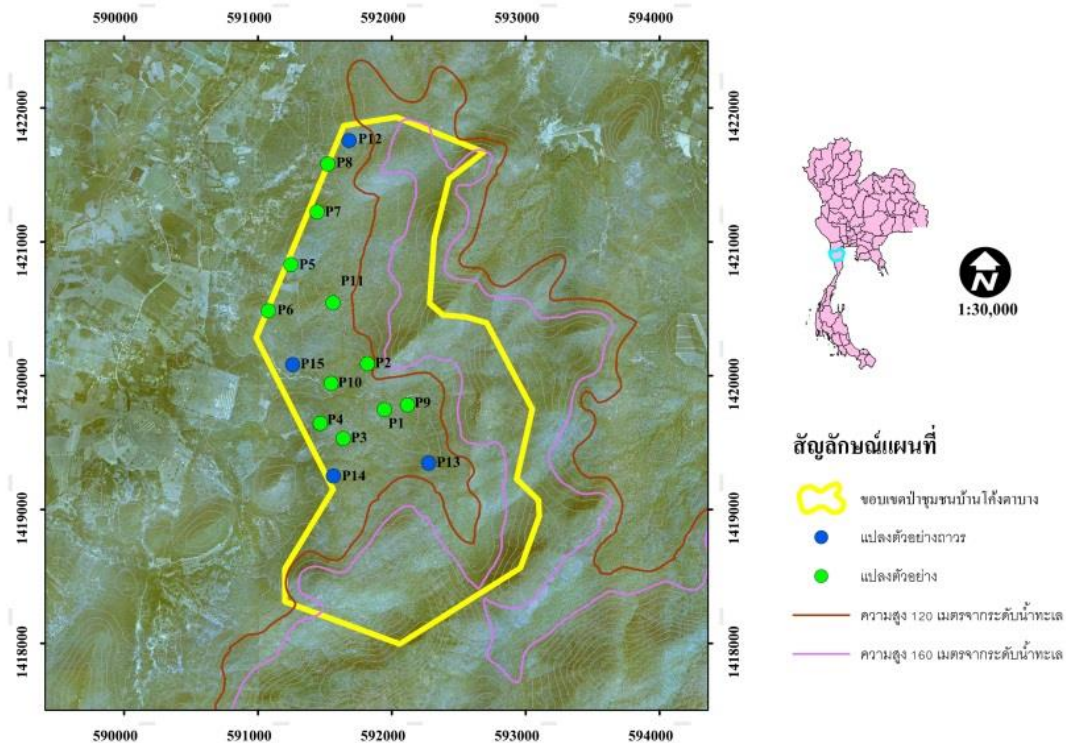


Figure 1 The boundary and the location of 15 sampling plots in Ban Khong Tabang community forest.

3. การวิเคราะห์ข้อมูลสังคมพืช

วิเคราะห์ข้อมูลสังคมพืชโดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจทั้ง 15 แปลงตัวอย่าง เพื่อคำนวณหาค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้ (อุทิศ, 2541)

$$\text{ความหนาแน่น (density; D)} = \frac{\text{จำนวนชนิดพรรณพืชชนิดหนึ่งที่พบในแปลงตัวอย่างทั้งหมด}}{\text{พื้นที่รวมของแปลงตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการสำรวจ}} \quad (1)$$

$$\text{ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density; RD)} = \frac{\text{ความหนาแน่นของพรรณพืชชนิดหนึ่ง}}{\text{ความหนาแน่นของพรรณพืชทุกชนิด}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{ความเด่น (dominance; DO)} = \frac{\text{พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของพรรณพืชชนิดหนึ่ง}}{\text{พื้นที่แปลงตัวอย่างที่ทำการสำรวจทั้งหมด}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{พื้นที่หน้าตัดของพรรณพืชแต่ละต้น} = \frac{\pi DBH^2}{4} \times 100 \quad (4)$$

$$\text{ความเด่นสัมพัทธ์ (relative dominance; RDO)} = \frac{\text{ความเด่นของพืชชนิดหนึ่ง}}{\text{ผลรวมของความเด่นของพรรณพืชทุกชนิด}} \times 100 \quad (5)$$

$$\text{ดัชนีความสำคัญ (importance value index; IVI)} = \text{RD} + \text{RDO} \quad (6)$$

วิเคราะห์ค่าความหลากหลาย (species diversity) จากจำนวนชนิดของพรรณไม้ที่ปรากฏในสังคม และจำนวนต้นที่มีในแต่ละชนิด จาก Shannon and Weaver (1949) ดังนี้

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i \ln p_i) \quad (7)$$

เมื่อ H' = ค่าดัชนีความหลากหลาย Shannon-Weiner's index
 P_i = สัดส่วนของความมากมายของจำนวนชนิดที่ i เมื่อ
 เปรียบเทียบกับจำนวนทั้งหมด โดย $p_i = n_i/N$ เมื่อ $i=1,2,3,\dots,s$
 S = จำนวนชนิดที่พบในสังคม

4. การประเมินมวลชีวภาพ

ประเมินมวลชีวภาพเหนือดินของต้นไม้โดยใช้สมการแอลโลเมตรี ของป่าผลัดใบ (Ogawa *et al.*, 1965) ที่มีการศึกษาและตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการซึ่งมีความเหมาะสมกับพื้นที่ป่าเต็งรังสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$W_S = 0.0396 (D^2H)^{0.933} \quad (8)$$

$$W_B = 0.00349 (D^2H)^{1.03} \quad (9)$$

$$W_L = (28 / (W_S + W_B + 0.025))^{-1} \quad (10)$$

$$W_T = W_S + W_B + W_L \quad (11)$$

ประมาณมวลชีวภาพของไม้รุ่นในป่าผลัดใบแต่ละชนิดจากการแทนค่าความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก โดยใช้สมการแอลโลเมตรีของ ธิติ และชลธิดา (2547) ดังนี้

$$W_S = 0.0702 (D^2H)^{0.8737} \quad (12)$$

$$W_B = 0.0093 (D^2H)^{0.9403} \quad (13)$$

$$W_L = 0.00244 (D^2H)^{1.0517} \quad (14)$$

$$W_T = W_S + W_B + W_L \quad (15)$$

เมื่อ W_S = มวลชีวภาพของลำต้น (กิโลกรัม)
 W_B = มวลชีวภาพของกิ่ง (กิโลกรัม)
 W_L = มวลชีวภาพของใบ (กิโลกรัม)
 W_T = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กิโลกรัม)
 D = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)
 H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

5. การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ

นำมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่ได้มาคำนวณหาปริมาณคาร์บอนที่เก็บกักโดยน้ำหนักคาร์บอนในมวลชีวภาพ มีค่าเป็นร้อยละ 50.56 ของน้ำหนักแห้ง (ภาณุมาศ และคณะ, 2552) คำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากผลรวมของมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง และใบ และคำนวณมวลชีวภาพใต้ดินโดยใช้อัตราส่วนของมวลชีวภาพใต้ดินต่อมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 0.28 ซึ่งเป็นค่าแนะนำ (default) ของป่าแล้งเขตร้อน (tropical dry forest) (IPCC, 2006) นอกจากนี้ทำการการจัดกลุ่มหมู่ไม้ (cluster analysis) ในแต่ละแปลงตัวอย่างด้วยวิธี cluster analysis โดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึงของ Sorensen (McCune and Mefford, 1999)

ผลและวิจารณ์

1. สังคมพืช

จากการศึกษาลักษณะของสังคมพืชของป่าเต็งรังห้วยภูมิจังหวัดเพชรบุรี ในแปลงตัวอย่าง จำนวน 15 แปลง ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่มีพืชพรรณกระจายอยู่ไม่ค่อนหนาแน่น พบว่า มีไม้ต้นอยู่ 77 ชนิด จาก 63 สกุล และ 33 วงศ์ โดยในแปลงตัวอย่างจำนวน 13 แปลง พบ รัง (*Shorea siamensis* Miq) วงศ์ Dipterocarpaceae เป็นพรรณไม้เด่นซึ่งมีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุดโดยมีค่าดัชนีความสำคัญอยู่ระหว่าง 44.613-134.701 สำหรับพรรณไม้อื่นๆ ที่มีความสำคัญรองลงมา เช่น กูก (*Lansea coromandelica* (Houtt.) Merr.) วงศ์ Anacardiaceae มะกอกเกลื้อน (*Canarium subulatum* Guillaumin) วงศ์ Burseraceae และแดง (*Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub. var. *xylocarpa*) เป็นต้น ในขณะที่แปลงตัวอย่างที่เหลือ (แปลงที่ 4 และแปลงที่ 6) พบ ตะแบกเลือด (*Terminalia mucronata* Craib & Hutch.) วงศ์ Combretaceae และสะเดา (*Azadirachta indica* A.Juss.) วงศ์ Meliaceae เป็นพรรณไม้เด่นซึ่งมีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุดโดยมีค่าดัชนีความสำคัญ 45.445 และ 78.272 ตามลำดับ ไม้ต้นมีความหนาแน่นเฉลี่ย 1,672.92 ต้นต่อเฮกตาร์ ดังแสดงใน Table 1 สำหรับไม้รุ่นพบรัง (*Shorea siamensis* Miq) วงศ์ Dipterocarpaceae เป็นไม้เด่น มีค่าดัชนีความสำคัญอยู่ระหว่าง 75.491-200 สำหรับไม้รุ่นอื่นๆ ที่มีความสำคัญรองลงมา เช่น กูก (*Lansea coromandelica* (Houtt.) Merr.) แต้ว (*Cratoxylum formosum* (Jack) Dyer) และแดง (*Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub. var. *xylocarpa*) เมื่อเปรียบเทียบกับความหลากหลายของพรรณพืชในป่าชุมชนเขาสน ตำบลเขากระปุก อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งเป็นป่าเต็งรังผสมป่าเบญจพรรณ จากการวางแผนขนาด 1 เฮกตาร์ จำนวน 2 แปลง พบว่า มีความหลากหลายและความหนาแน่นใกล้เคียงกัน โดยมีไม้ต้นอยู่ 70 ชนิด จาก 60 สกุล และ 34 วงศ์ และมีความหนาแน่น 1,862.25 ต้นต่อเฮกตาร์ (นิวัติ, 2548) แต่ป่าเต็งรังในการศึกษานี้ยังมีความหนาแน่นมาก เมื่อเปรียบเทียบกับป่าเต็งรังในพื้นที่สวนปามัญจาคีรี อำเภอปัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น ซึ่งหมู่ไม้ทั่วไปมีลักษณะโปร่ง มีเรือนยอดปกคลุมร้อยละ 63 และมีความหนาแน่นเพียง 783 ต้นต่อเฮกตาร์ เท่านั้น (วสันต์ และคณะ, 2553)

เมื่อเปรียบเทียบความหลากหลายทางชีวภาพ พบว่า ค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener อยู่ระหว่าง 1.269-2.537 มีค่าเฉลี่ย 1.911 โดยค่าดัชนีความหลากหลายมากที่สุด คือ แปลงตัวอย่างที่ 4 (2.18) ซึ่งมีจำนวนชนิด และมีความสม่ำเสมอในการกระจายของจำนวนต้นในแต่ละชนิดมากที่สุด นอกจากนี้ยังเป็นแปลงตัวอย่างเดียวที่มีตะแบกเลือดเป็นพรรณไม้ที่มีความสำคัญมากที่สุด (มีค่า MI เท่ากับ 45.45) ในขณะที่แปลงตัวอย่างที่ 12 ค่าดัชนีความหลากหลายมีค่าน้อยที่สุด (1.36) เนื่องจากมีลักษณะเป็นสังคมพืชที่มีไม้เด่นเพียงชนิดเดียว (มีค่า MI ถึง 174.70) จึงทำให้พบไม้อื่นปริมาณน้อย (Table 1) สำหรับค่าดัชนีความสม่ำเสมอ พบว่า แปลงตัวอย่างที่ 8 มีค่าดัชนีความสม่ำเสมอสูงสุด (0.77) และแปลงที่มีค่าความสม่ำเสมอที่น้อยที่สุด คือ แปลงตัวอย่างที่ 13 (0.42) ดังแสดงใน Table 2 เมื่อเปรียบเทียบป่าเต็งรังผสมป่าเบญจพรรณในป่าชุมชนเขาสน ตำบลเขากระปุก อำเภอ

ทำยาว จังหวัดเพชรบุรี ของ นิวัติ (2548) ซึ่งมีความหลากหลายชนิดและความหนาแน่นใกล้เคียงกันแต่กลับพบค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener มีค่าสูงถึง 3.00 แสดงให้เห็นว่าป่าแห่งนี้อาจมีความสม่ำเสมอในการปรากฏมากกว่าป่าเต็งรังที่ศึกษาในครั้งนี้ (Table 2)

Table 1 Top three tree species with the greatest importance values index (IVI) observed in 15 sampling plots in Ban Khong Tabang community forest.

Plot no.	Species*	Common name	RD	Rdo	IVI
1	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	Rang	52.50	32.51	85.01
	<i>Canarium subulatum</i> Guillaumin	Ma kok kluean	4.17	17.49	21.66
	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	Kuk, Oi chang	10.42	7.67	18.08
2	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	Rang	50.31	36.73	87.04
	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	Pradu	9.32	16.42	25.73
	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	Kuk, Oi chang	12.11	12.43	24.54
3	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	Rang	58.42	44.43	102.85
	<i>Xylia xylocarpa</i> (Roxb.) Taub. var.	Daeng	19.14	15.62	34.76
	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	Pradu	2.97	13.25	16.22
4	<i>Terminalia mucronata</i> Craib & Hutch.	Ta baek lueat	29.11	16.34	45.45
	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	Rang	18.31	15.01	33.32
	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	Kuk, Oi chang	7.51	8.89	16.41
5	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	Rang	42.14	34.53	76.67
	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	Kuk, Oi chang	16.07	19.21	35.28
	<i>Terminalia mucronata</i> Craib & Hutch.	Ta baek lueat	15.00	12.87	27.87
6	<i>Azadirachta indica</i> A.Juss.	Sadao	41.98	36.30	78.27
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	Yukhaliptat	19.75	26.40	46.15
	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	Kuk, Oi chang	6.17	19.91	26.08
7	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	Rang	46.57	26.29	72.86
	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	Kuk, Oi chang	23.11	23.15	46.26
	<i>Canarium subulatum</i> Guillaumin	Ma kok kluean	3.25	16.10	19.35
8	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	Rang	29.21	15.40	44.61
	<i>Terminalia mucronata</i> Craib & Hutch.	Ta baek lueat	21.91	15.39	37.30
	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	Kuk, Oi chang	11.80	20.00	31.80
9	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	Rang	50.93	37.34	88.27
	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	Kuk, Oi chang	15.99	19.23	35.21
	<i>Terminalia mucronata</i> Craib & Hutch.	Ta baek lueat	5.95	5.58	11.53
10	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	Rang	48.66	29.38	78.04
	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	Kuk, Oi chang	9.20	18.48	27.67
	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	Pradu	8.05	12.50	20.54
11	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	Rang	45.27	42.45	87.71
	<i>Xylia xylocarpa</i> (Roxb.) Taub. var.	Daeng	18.11	13.79	31.90
	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	Kuk, Oi chang	11.93	13.90	25.83

Table 1 (Continued)

Plot no.	Species*	Common name	RD	Rdo	IVI
11	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	Rang	45.27	42.45	87.71
	<i>Xylia xylocarpa</i> (Roxb.) Taub. var.	Daeng	18.11	13.79	31.90
	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	Kuk, Oi chang	11.93	13.90	25.83
12	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	Rang	72.06	62.64	134.70
	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	Kuk, Oi chang	5.15	6.32	11.46
	<i>Cratogeomys formosum</i> (Jack) Dyer	Taeo	4.17	4.52	8.69
13	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	Rang	71.98	50.88	122.86
	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	Kuk, Oi chang	4.72	18.77	23.49
	<i>Dalbergia parviflora</i> Roxb.	Krasik	0.59	8.56	9.15
14	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	Rang	29.59	25.17	54.76
	<i>Canarium subulatum</i> Guillaumin	Ma kok kluean	5.44	16.54	21.99
	<i>Gluta usitata</i> (Wall.) Ding Hou	Rak	12.25	8.01	20.25
15	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	Rang	57.65	42.04	99.70
	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	Kuk, Oi chang	9.77	6.76	16.53
	<i>Canarium subulatum</i> Guillaumin	Ma kok kluean	2.28	13.62	15.90

Table 2 Shannon-Weiner index (H'), evenness index (E), above-ground (ABG), below-ground biomass (BG) and carbon storage (CS) in 15 sampling plots in Ban Khong Tabang community forest.

Plot no.	H'	E	ABG (t ha ⁻¹)	BG (t ha ⁻¹)	TB (t ha ⁻¹)	CS (t ha ⁻¹)
1	1.92	0.60	40.28	11.28	51.56	26.07
2	1.97	0.61	45.76	12.81	58.57	29.61
3	1.56	0.50	50.98	14.27	65.26	32.99
4	2.54	0.76	44.22	12.38	56.6	28.62
5	2.01	0.63	39.39	11.03	50.42	25.49
6	1.87	0.73	24.49	6.86	31.35	15.85
7	1.87	0.60	44.15	12.36	56.51	28.57
8	2.18	0.77	31.26	8.75	40.02	20.23
9	1.89	0.59	41.61	11.65	53.26	26.93
10	2.05	0.62	46.83	13.11	59.94	30.3
11	1.89	0.59	37.77	10.58	48.34	24.44
12	1.27	0.42	43.4	12.15	55.56	28.09
13	1.36	0.42	47.97	13.43	61.4	31.05
14	2.38	0.74	44.6	12.49	57.08	28.86
15	1.92	0.55	43.2	12.1	55.29	27.96
Mean	1.91	0.61	41.73	11.68	53.41	27

2. มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน

จากการศึกษามวลชีวภาพรวม ซึ่งเป็นมวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดินของไม้ต้นและไม้รุ่มในแปลงตัวอย่าง 15 แปลง พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 31.35-65.26 ตันต่อเฮกตาร์ โดยมีค่าเฉลี่ยเฉลี่ย 53.41 ตันต่อเฮกตาร์ โดยที่มากกว่าร้อยละ 99.90 เป็นมวลชีวภาพรวมของไม้ต้น เนื่องจากไม้รุ่มมีปริมาณน้อยมาก โดยในแปลงตัวอย่างที่ 3 มีมวลชีวภาพ 65.26 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดเนื่องจากมีปริมาณไม้ต้นปรากฏอยู่เป็นจำนวนมาก (1,900 ตันต่อเฮกตาร์) และแปลงที่มีมวลชีวภาพน้อยที่สุด คือ แปลงตัวอย่างที่ 6 (31.35 ตันต่อเฮกตาร์) ดังแสดงใน Table 2 ซึ่งเป็นแปลงตัวอย่างที่มีไม้ต้นปรากฏอยู่ปริมาณไม่มากนัก (506 ตันต่อเฮกตาร์) เนื่องจากเคยถูกบุกรุกตัดไม้เพื่อใช้ประโยชน์ทำให้ไม้ที่เหลืออยู่มีไม่มากนัก

ในทำนองเดียวกันกับมวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมของป่าเต็งรังนี้มีความค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 15.85-32.99 ตันต่อเฮกตาร์ และค่าเฉลี่ย 27.00 ตันต่อเฮกตาร์ ดังแสดงใน Table 2 โดยที่แปลงตัวอย่างที่ 3 มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมมากที่สุด 32.99 ตันต่อเฮกตาร์ และแปลงที่ 6 มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมน้อยที่สุดที่ 15.85 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับมวลชีวภาพของป่าเต็งรังที่รวบรวมข้อมูลของ กัลยา และ สาทิศ (2554) โดยพบว่า ป่าเต็งรังมีมวลชีวภาพรวมแปรผันระหว่าง 67-158 ตันต่อเฮกตาร์ โดยมีค่าเฉลี่ย 102.6 ตันต่อเฮกตาร์ และมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมระหว่าง 34-80 ตันต่อเฮกตาร์ มีค่าเฉลี่ย 51.8 ตันต่อเฮกตาร์ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับป่าเต็งรังในพื้นที่สวนป่ามัญจาคีรี อำเภอมัญจาคีรี ที่มีความหนาแน่นต่ำดังที่กล่าวแล้วข้างต้น พบว่า มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวม (22.17 ตันต่อเฮกตาร์) ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของการศึกษาในครั้งนี้ (วสันต์ และคณะ, 2553) ทั้งที่ป่าเต็งรังในการศึกษาครั้งนี้มีความหนาแน่นของต้นไม้มากกว่าเกิน 2 เท่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากต้นไม้มีขนาดเล็กกว่า

นอกจากนี้ จากการจัดกลุ่มของหมู่ไม้ตามองค์ประกอบของชนิดพืช สามารถจำแนกกลุ่มที่ระดับความคล้ายคลึงร้อยละ 50 ได้เป็น 4 กลุ่ม ดังแสดงใน Figure 2 มีรายละเอียด ดังนี้

กลุ่มที่ 1 สังคมรังผสม เป็นสังคมที่มีรังเป็นไม้เด่น ร่วมกับไม้ชนิดอื่น โดยรังมีค่าดัชนีความสำคัญไม่เกิน 100 (จาก 200) ยกเว้น ในแปลงตัวอย่างที่ 3 (IVI ของไม้รัง เท่ากับ 102.85) พบในแปลงที่ 1, 2, 3, 5, 7, 9, 10, 11, 14 และ 15 พบกระจายตั้งแต่ระดับความสูงจากระดับทะเลปานกลางที่ 44 ถึง 101 เมตร ลักษณะสังคมรังผสม เป็นสังคมพืชที่พบเป็นส่วนใหญ่ในป่าเต็งรังแห่งนี้ จึงเป็นกลุ่มที่มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมใกล้เคียงค่าเฉลี่ย (เฉลี่ย 27.12 ตันต่อเฮกตาร์)

กลุ่มที่ 2 สังคมรัง เป็นสังคมที่มีรังเป็นไม้เด่นเพียงชนิดเดียว มีค่าดัชนีความสำคัญมากกว่า 120 (จาก 200) พบในแปลงตัวอย่างที่ 12 และ 13 ซึ่งพบในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางตั้งแต่ 80 เมตรขึ้น และเป็นกลุ่มที่มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมค่อนข้างสูง (เฉลี่ย 29.57 ตันต่อเฮกตาร์)

กลุ่มที่ 3 สังคมตะแบกเลือด เป็นสังคมที่มีตะแบกเลือดเป็นไม้เด่นร่วมกับรัง พบในแปลงตัวอย่างที่ 4 และ 8 ซึ่งพบในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 89 ถึง 91 เมตร มีลักษณะพื้นที่อยู่ใกล้กับที่ดินทำกินของชุมชน และอยู่ไม่ห่างจากเส้นทางลำลองในป่าชุมชนมากนัก ลักษณะสังคมพืชมีความหลากหลายและความสม่ำเสมอสูง แต่มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมต่ำกว่าค่าเฉลี่ย (เฉลี่ย 24.43 ตันต่อเฮกตาร์)

กลุ่มที่ 4 สังคมสะเดา-ยูคาลิปตัส เป็นสังคมพืชที่เคยถูกบุกรุกทำลาย และมีการมีการปลูกเสริมป่าขึ้นในภายหลังอยู่ในระหว่างฟื้นตัวจึงเป็นแปลงที่มีการกักเก็บคาร์บอนต่ำที่สุด (15.85 ตันต่อเฮกตาร์) โดยพบพรรณไม้ดั้งเดิมที่สำคัญ ได้แก่ กูก (Lannea coromandelica (Houtt.) Merr.) ซึ่งพบเฉพาะแปลงตัวอย่างที่ 6 เพียงแปลงเดียว อาจเนื่องจากในแปลงที่ 6 มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางไม่มากกอบกับพื้นที่มีลักษณะเป็นที่ราบ และอยู่ใกล้กับพื้นที่ชุมชน

3. การประยุกต์ใช้ข้อมูลในการดำเนินกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากการวิเคราะห์มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของแปลงตัวอย่างทั้ง 15 แปลง พบว่า มีค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพรวม และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 53.41 และ 27.00 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ โดยป่าเต็งรังที่ศึกษา (ป่าชั้นนอก) มีพื้นที่ 1,397 ไร่ (223.52 เฮกตาร์) มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมทั้งสิ้น 6,035.04 ตัน หรือคิดเป็น 22,128.48 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ข้อมูลนี้สามารถใช้เป็นเส้นฐานอ้างอิงและเพื่อการติดตามในการดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program; T-VER) ในกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่า และการเพิ่มพูนการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าในระดับโครงการ (Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation and Enhancing Carbon Sequestration in Forest Area Project Level; P-REDD+) ของป่าชุมชนบ้านโค้งตาบาง ในการจัดการพื้นที่ป่าชุมชนบ้านโค้งตาบางต้องเร่งฟื้นฟูพื้นที่ในที่ราบและอยู่ใกล้กับที่ดินทำกินซึ่งมีความสูงจากระดับทะเลปานกลางไม่เกิน 70 เมตรให้มีสังคมพืชใกล้เคียงกับสังคมพืชในกลุ่มอื่น โดยการมีส่วนร่วมของชุมชนในการปลูกฟื้นฟูป่า เน้นการจัดการที่ได้ผลประโยชน์ร่วมระหว่างชุมชน และทรัพยากรป่าไม้ โดยการใช้ประโยชน์ทางตรงที่ไม่ทำลายต้นไม้ และการใช้ประโยชน์ทางอ้อม

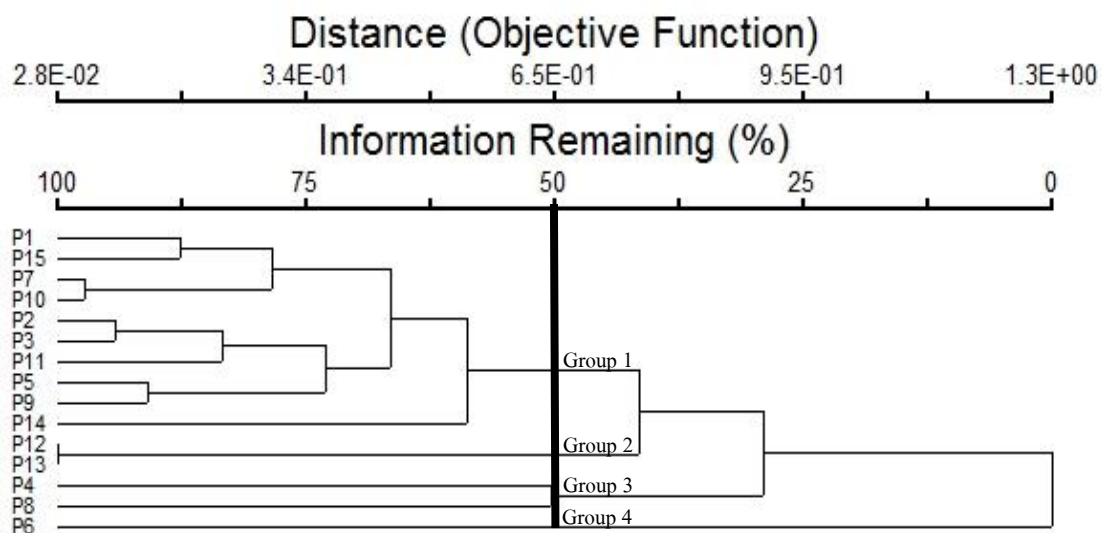


Figure 2 Dendrogram of cluster analysis using tree species in 15 sampling plots in Ban Khong Tabang community forest.

สรุปและข้อเสนอแนะ

ป่าเต็งรัง ณ ป่าชุมชนบ้านโค้งตาบาง จังหวัดเพชรบุรี บริเวณชั้นนอกเป็นป่าเต็งรังทุติยภูมิ มีพรรณไม้ อยู่ 78 ชนิด จาก 55 สกุล 33 วงศ์ โดยในแปลงตัวอย่างจำนวน 13 แปลง พบ รัง (*Shorea siamensis* Miq) เป็นพรรณไม้เด่น รองลงมา เช่น กูก (*Lanea coromandelica* (Hout.) Merr.) มะกอกเกลื้อน (*Canarium subulatum* Guillaumin) แดง (*Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub. var. *xylocarpa*) และในแปลง ที่ 4 และแปลงที่ 6 พบ ตะแบกเกล็ด (*Terminalia mucronata* Craib & Hutch.) และสะเดา (*Azadirachta*

indica A.Juss.) เป็นพรรณไม้เด่น ค่าดัชนีความหลากหลายเฉลี่ยมีค่า 1.911 มีค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพรวม และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 53.41 และ 27.00 ตันต่อเฮกตาร์ จากการจัดกลุ่มของหมู่ไม้สามารถจำแนกได้เป็น 4 กลุ่ม คือ สังคมไม้รังเด่น สังคมรังผสมซึ่งมีไม้รังเด่นผสมกับไม้อื่น สังคมตะแบกเลือดเด่นร่วมกับรัง และสังคมสะเดา-ยูคาลิปตัส ซึ่งกลุ่มสังคมไม้รังเด่นมีการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยสูงสุดที่ 29.57 ตันต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ กลุ่มสังคมรังผสม กลุ่มสังคมตะแบกเลือดเด่นร่วมกับรัง และสังคมสะเดา-ยูคาลิปตัส มีการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย 27.12, 24.43 และ 15.85 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ในป่าเต็งรังที่ศึกษามีพื้นที่ 1,397 ไร่ (223.52 เฮกตาร์) มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพทั้งสิ้น 6,035.04 ตัน หรือคิดเป็น 22,128.48 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งสามารถใช้เป็นเส้นฐานอ้างอิงและเพื่อการติดตามในการดำเนินกิจกรรม P-REDD+ ภายใต้โครงการ T-VER ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณพี่-น้องวนศาสตร์ ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องในการเก็บข้อมูลภาคสนาม และขอขอบคุณองค์กรบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ที่สนับสนุนทุนบางส่วนในการวิจัย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กัลยา วัฒนยากร และ สาพิศ ดิลกสัมพันธ์. 2554. วัฏจักรคาร์บอน, น. 99-128. ใน อัศมน ลิ้มสกุล, อำนวย ชิดไธสง และ กัญญ์ริย์ บุญประกอบ, บรรณาธิการ. **รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานการณ์องค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1**. ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
- ดอกรัก มารอด และ อุทิศ ภูอินทร์. 2552. **นิเวศวิทยาป่าไม้**. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- ธิตี วิสารัตน์ และ ชลธิดา เชิญขุนทด. 2547. องค์ประกอบของชนิดพันธุ์พืชและปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ในป่าดิบแล้ง. ใน **เอกสารประกอบการประชุม การประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางป่าไม้: ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ**. 16-17 สิงหาคม 2547. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2550. บทบาทของป่าไม้ในการช่วยลดภาวะโลกร้อน. **วารสารการจัดการป่าไม้** 1 (2) : 1-18.
- นิวัติ คชนันท์. 2548. **ความหลากหลายชนิดของพรรณพืชและการใช้ประโยชน์ของชุมชนท้องถิ่น: กรณีศึกษาป่าชุมชนเขาสนอำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ภาณุมาศ ลาตปาละ, อมรรัตน์ สะสีสังข์ และ กนกวรรณ แก้วปกาศิต. 2552. **มวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนที่สะสมของป่าเต็งรังสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา**. รายงานการวิจัย กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- วสันต์ จันทร์แดง, อดาวุธ พวงจิตร และ สาพิศ ดิลกสัมพันธ์. 2553. การกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัส ณ สวนป้ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น. **วารสารวนศาสตร์** 29 (3) : 36-44.
- สาพิศ ดิลกสัมพันธ์. 2550. การกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้กับภาวะโลกร้อน. **วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ** 22 (3) : 40-49.
- อุทิศ ภูอินทร์. 2541. **นิเวศวิทยา**. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Chapter 4 Forestland**. National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan.
- McCune, B. and M.J. Mefford. 1999. **PC-ORD**. Multivariate Analysis of Ecological Data Version 4. MjMSoftware Design, Glenden.
- Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogino and T. Kira. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand II. Plant Biomass. **Nature and Life in Southeast Asia** 4: 49-80.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. **The Mathematical Theory of Communication**. *Cited by* J.A. Ludwig and J. F. Reynolds. 1988. **Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing**. John and Wiley & Sons Inc., New York.

การรอดตายและการเติบโตของไม้ที่ปลูกผสม เพื่อฟื้นฟูระบบนิเวศป่าดิบแล้ง
อุทยานแห่งชาติปางสีดา จังหวัดสระแก้ว

Survival and Growth of Mixed Species Planting for Restoration
in Dry Evergreen Forest in Pangside National Park, Sakaew Province

สิรินทร์ ตียนานนท์^{1*}

Sirin Tiyanon^{1*}

¹ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Forest and Plant Conservation Research Office, Department of National Parks, Wildlife
and Plant Conservation, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: tsirin3945@yahoo.com

ABSTRACT

A study of survival and growth of mixed species planting was conducted at Pangside National Park, Sakaew Province from October 2007 to September 2009. A completely randomized design was selected using 5 replications plots of 40x80 meters. The species planted include *Hopea odorata*, *Shorea henryana*, *Dipterocarpus alatus*, *Pterocarpus macrocarpus* and *Mangifera calonuera*. Alternate random sample planting was done using 10 treatments, planting alternately line by line with spacing 2x2 meters. The treatments were: 1) *H. odorata* + *D. alatus* (T1) 2) *H. odorata* + *S. henryana* (T2) 3) *H. odorata* + *M. calonuera* (T3) 4) *H. odorata* + *P. macrocarpus* (T4) 5) *S. henryana* + *P. macrocarpus* (T5) 6) *D. alatus* + *M. calonuera*. (T6) 7) *D. alatus* + *P. macrocarpus* (T7) 8) *S. henryana* + *M. calonuera* (T8) 9) *D. alatus* + *S. henryana* (T9) 10) *M. calonuera* + *P. macrocarpus* (T10). Diameter of seedlings was measured 10 centimeters above ground level (D10). Their total height and the survival rate of seedlings were also recorded after 6 months and 1 year of planting.

The results shown that there were no significant differences among treatments for survival rate. D10 and height expressed highly significant differences of means. T6 had the greatest diameters at D10 followed by T9, T8 and T7 respectively. T1 and T2 showed the greatest height. Comparison among tree species: after planting 6 months, *D. alatus* had the highest survival rate, D10 and total height, but *P. macrocarpus* showed the lowest survival rate and total height, quite similar after planting 1 year. After 1 year, *D. alatus* had the greatest total height and D10, but *M. calonuera* had the highest survival rate followed by *H. odorata* and *D. alatus*, respectively. The species with the lowest survival rate and D10 was *P. macrocarpus*. It was concluded that *D. alatus*, *H. odorata* and *S. henryana* were appropriate species for restoration. *D. alatus* was suitable for

alternate planting in the early stages, but for long-term planting, more data are needed to make an accurate estimate.

Keywords: survival, growth, family Dipterocarpaceae, restoration, dry evergreen forest

บทคัดย่อ

การทดลองนี้ได้ดำเนินการเมื่อปี พ.ศ. 2550 ถึง 2552 โดยการวางแผนทดลองขนาด 40x80 เมตร จำนวน 5 ซ้ำ ระยะปลูก 2x2 เมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ปลูกพันธุ์ไม้ 5 ชนิด ประกอบด้วย ตะเคียนทอง เคี่ยมคะนอง ยางนา ประดู่ และมะม่วงป่า โดยพันธุ์ไม้แต่ละชนิด จะปลูกผสมแบบสุ่ม (random) ประกอบด้วย 10 รูปแบบ (treatment) คือ 1) ตะเคียนทอง+ยางนา (T1) 2) ตะเคียนทอง+เคี่ยมคะนอง (T2) 3) ตะเคียนทอง+มะม่วงป่า (T3) 4) ตะเคียนทอง+ประดู่ (T4) 5) เคี่ยมคะนอง+ประดู่ (T5) 6) ยางนา+มะม่วงป่า (T6) 7) ยางนา+ประดู่ (T7) 8) เคี่ยมคะนอง+มะม่วงป่า (T8) 9) ยางนา+เคี่ยมคะนอง (T9) 10) มะม่วงป่า+ประดู่ (T10) ภายหลังการปลูก 6 เดือน และ 1 ปี หาค่าอัตราการรอดตาย วัดการเติบโต ที่ระดับ 10 เซนติเมตรจากพื้นดิน (D10) และความสูงทั้งหมด

ผลการทดลอง พบว่า เมื่อพิจารณาการปลูกในแต่ละรูปแบบแล้ว มีอัตราการรอดตายที่ไม่แตกต่างกัน ส่วนการเติบโตที่ระดับ D10 พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง คือ รูปแบบ T6 มีการเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือ รูปแบบ T9, T8 และ T7 ตามลำดับ ด้านการเติบโตทางความสูงนั้น พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเช่นกัน ทั้งเมื่ออายุ 6 เดือน และ 1 ปี โดยรูปแบบ T1 และ T2 มีความสูงมากที่สุด ความแตกต่างในแต่ละชนิดไม้ พบว่า เมื่อปลูก 6 เดือน ไม้ยางนา มีค่าอัตราการรอดตาย การเติบโตที่ระดับ D10 และความสูงสูงสุด และไม่ประดู่ มีอัตราการรอดตาย การเติบโต ที่ระดับ D10 ต่ำสุด และเมื่อปลูก 1 ปี พบว่า มีแนวโน้มเช่นเดียวกับเมื่อปลูก 6 เดือน คือ ยางน่ายังคงมีการเติบโต ที่ระดับ D10 และความสูงสูงสุด โดยมะม่วงป่าจะมีอัตราการรอดตายสูงสุด รองลงมาคือ ตะเคียนทอง และยางนา ตามลำดับ ไม่ประดู่มีอัตราการรอดตาย และการเติบโตที่ระดับ D10 ต่ำสุด จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ไม้ยางนา ไม้ตะเคียนทอง และไม้เคี่ยมคะนอง เป็นพันธุ์ไม้ที่มีความเหมาะสมในการปลูกฟื้นฟูสภาพป่า ส่วนการปลูกผสมนั้น ไม้ยางนา หากนำมาเป็นไม้หลักในการปลูกเสริมเพื่อฟื้นฟูสภาพป่าจะทำให้การปลูกป่าประสบความสำเร็จได้ ซึ่งเมื่อปลูกในระยะยาวจนถึงรอบตัดฟัน แนวโน้มอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ทั้งค่าอัตราการรอดตาย การเติบโตที่ระดับ D10 และความสูง

คำสำคัญ: การรอดตาย การเติบโต ไม้วงศ์ยาง การฟื้นฟูป่า ป่าดิบแล้ง

คำนำ

ในปัจจุบันพื้นที่ป่าไม้ยังคงลดลงอย่างต่อเนื่อง แม้ว่าจะมีการรณรงค์ให้เกิดจิตสำนึกและหาแนวร่วมในการรักษาป่า การปลูกสร้างสวนป่าเพิ่มเติม รวมถึงการประกาศพื้นที่อนุรักษ์เพิ่มขึ้น เพื่อคุ้มครองป่าไม้ที่มีสภาพสมบูรณ์ แต่ในความเป็นจริงพื้นที่อนุรักษ์เองก็มีพื้นที่บางส่วนที่มีสภาพเสื่อมโทรม เนื่องจากการถูกบุกรุกทำลายในอดีต ซึ่งพื้นที่เสื่อมโทรมเหล่านี้สามารถที่จะฟื้นฟูให้กลับมามีสภาพสมบูรณ์ใกล้เคียงป่าธรรมชาติได้ในระยะเวลาอันสั้น (เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ทดแทนตามธรรมชาติ) โดยการปลูกสร้างสวนป่า แต่การปลูกสร้างสวนป่าที่เคยดำเนินการ และยังคงดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน มักถูกวิจารณ์ว่าเป็นสวนป่า

ไม่ใช่ป่า เพราะไม่เหมือนป่าธรรมชาติ ทั้งด้านโครงสร้างและองค์ประกอบพันธุ์ไม้ ไม่สามารถรักษาสสมดุลตามธรรมชาติเหมือนกับระบบนิเวศป่าไม้ และไม่สามารถอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพได้อย่างยั่งยืน

จากการศึกษาในแปลงตัวอย่างถาวรขนาดใหญ่ในป่าดิบแล้งที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง พบว่าป่าดิบแล้งที่มีไม้ตะเคียนทองเป็นพันธุ์ไม้เด่น เกิดขึ้นหรือพัฒนาขึ้นจากการที่พื้นที่ดังกล่าวเคยเกิดวาทภัย ทำให้พื้นที่เปิดโล่งเป็นบริเวณกว้าง พันธุ์ไม้เบิกนำ ไม้ตะเคียนทอง และพันธุ์ไม้อื่นๆ จึงเข้าครอบครองพื้นที่และพัฒนาจนป่ามีโครงสร้างเช่นในปัจจุบัน คือ ไม้ตะเคียนทองเป็นพันธุ์ไม้เด่น และคาดว่าหากป่าดิบแล้งนี้ไม่ถูกรบกวนอย่างรุนแรง ไม้ตะเคียนทองจะสูญหายไปจากพื้นที่ เนื่องจากการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติ (Baker, 2001 อ้างโดย วิเชียร และ สรายุทธ, 2550), (วิเชียร และ สรายุทธ, 2550; Baker *et al.*, 2005)

ผลการศึกษาดังกล่าวทำให้เกิดแนวความคิดว่าการสร้างป่าขึ้นมาใหม่ ให้มีโครงสร้างคล้ายคลึงป่าธรรมชาติ โดยการเลียนแบบพัฒนาการของป่า นั่นคือ การปลูกป่าโดยใช้พันธุ์ไม้โครงสร้าง (พันธุ์ไม้เด่นของเรือนยอดชั้นบนในป่าธรรมชาติที่ได้รับการคัดเลือกให้ปลูกก่อนพันธุ์ไม้อื่นในการสร้างป่า (หน่วยวิจัยการฟื้นฟูป่า, 2549) เช่น ตะเคียนทอง ยางนา เคี่ยมคะนอง เป็นต้น โดยปลูกในพื้นที่กลางแจ้ง ไม่ต้องปลูกได้ร่ม ดังเช่นที่เคยเชื่อและปฏิบัติต่อเนื่องกันมาซึ่งพันธุ์ไม้โครงสร้างเหล่านี้จะโตได้รวดเร็วกว่าการปลูกได้ร่ม (หน่วยวิจัยการฟื้นฟูป่า, 2549) ทศพร และคณะ (2539) ศึกษาการเติบโตของไม้ตะเคียนทอง ที่ปลูกภายใต้เรือนยอดของไม้เบิกนำ พบว่า การเติบโตของลูกไม้ตะเคียนทอง มีแนวโน้มที่ดีที่สุด เมื่อปริมาณความเข้มแสงสัมพัทธ์อยู่ในช่วงร้อยละ 85-95 เช่นเดียวกับ อิติ และคณะ (2534) ศึกษาเปรียบเทียบการปลูกไม้ตะเคียนทองระหว่างแถวไม้กระถินยักษ์ที่มีระยะปลูกต่างๆ กัน พบว่า การเติบโตของไม้ตะเคียนทอง ในปีที่ 1-3 ไม้ที่ปลูกในที่โล่ง การเติบโตทางด้านความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางมีแนวโน้มดีกว่าปลูกระหว่างไม้กระถินยักษ์ ที่ระยะปลูก 2x2 และ 2x3 เมตร เช่นเดียวกับ การศึกษาของ Troup (1921) อ้างโดย ชนะ (2539) ว่า ไม้ประดู่เป็นไม้ที่ต้องการแสงเป็นปริมาณมาก เพื่อใช้ในการเติบโต หากพื้นที่ปลูกอยู่ใกล้ป่าธรรมชาติ ก็จะปล่อยให้พันธุ์ไม้ในป่าธรรมชาติ แพร่กระจายเข้ามาตามธรรมชาติ จะมีการปลูกเสริมพันธุ์ไม้บางชนิด ขณะเดียวกันจะต้องใช้วิธีการคำนวณวัดขนาดมาจัดการให้เกิดความเหมาะสมให้พันธุ์ไม้อื่นสามารถแพร่กระจายเข้ามาและเติบโตได้ (บุญชู และคณะ, 2536) ซึ่งแปลงปลูกจะมีโครงสร้างให้เกิดความเหมาะสมให้พันธุ์ไม้อื่นสามารถแพร่กระจายเข้ามาและเติบโตได้ ซึ่งแปลงปลูกจะมีโครงสร้างเหมือนป่าธรรมชาติ การคัดเลือกพันธุ์ไม้โครงสร้างจะต้องมีผลการวิจัยสนับสนุนว่าเป็นกลุ่มพันธุ์ไม้เด่นของเรือนยอดชั้นบนที่ไม่ทนร่มในป่าธรรมชาติ และมีลักษณะทางนิเวศวิทยาต่างจากที่เด่นชัด

อย่างไรก็ตามเนื่องจากเป็นแนวความคิดใหม่ จึงจำเป็นต้องทดลองรูปแบบการปลูกผสมของพันธุ์ไม้โครงสร้างว่า รูปแบบใดมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการฟื้นฟูสภาพป่า อัตราการเติบโตของพันธุ์ไม้โครงสร้างที่ปลูกแบบผสมรูปแบบใด ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่สำคัญที่จะใช้ประกอบการพิจารณารูปแบบที่เหมาะสมต่อไป

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อหาแนวทางการฟื้นฟูป่าดิบแล้ง โดยใช้พันธุ์ไม้โครงสร้างชนิดต่างๆ และ 2) เพื่อประเมินอัตราการรอดตายและการเติบโตของไม้ตะเคียนทอง ยางนา เคี่ยมคะนอง ประดู่ มะม่วงป่า ที่ปลูกแบบเชิงเดี่ยวและปลูกผสมแบบสุม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ลักษณะพื้นที่ศึกษา

ศึกษาในพื้นที่อุทยานแห่งชาติปางสีดา จังหวัดสระแก้ว ตั้งอยู่ที่ละติจูด 13.98 และลองจิจูด 102.21 มีพื้นที่ครอบคลุมท้องที่อำเภอตาพระยา อำเภอวัฒนานคร อำเภอเมืองจังหวัดสระแก้ว และอำเภอนาดิน

จังหวัดปราจีนบุรี มีสภาพป่าอุดมสมบูรณ์ประกอบด้วยทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญและมีค่า มีสภาพธรรมชาติและเอกลักษณ์ทางธรรมชาติที่สวยงามหลายแห่ง มีเนื้อที่ประมาณ 527,500 ไร่ หรือ 844 ตารางกิโลเมตร (อุทยานแห่งชาติปางสีดา, 2557) ลักษณะพื้นที่ที่ศึกษา เป็นพื้นที่ราบ มีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง ประมาณ 100 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 28 องศา อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.3 องศา และต่ำสุดเฉลี่ย 23 องศา ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 1,765 มม. (ข้อมูลปี พ.ศ. 2545-2552, สถานีฝน อุทยานแห่งชาติปางสีดา จังหวัดสระแก้ว, ติดต่อบริษัท)

2. การศึกษาในครั้งนี้ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

2.1 วางแปลงปลูกทดลองขนาด 40x80 เมตร จำนวน 5 ซ้ำ ระยะปลูก 2x2 เมตร วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ปลูกพันธุ์ไม้โครงสร้างที่ประกอบด้วย ตะเคียนทอง เคี่ยมคะนอง ยางนา ประดู่ มะม่วงป่า โดยพันธุ์ไม้แต่ละชนิดจะปลูกผสมแบบสุ่ม (random) จะประกอบด้วย 10 รูปแบบ (treatment) (Figure 1) ดังนี้

- | | |
|------------------------------|--------------------------------|
| 1) ตะเคียนทอง+ยางนา (T1) | 2) ตะเคียนทอง+เคี่ยมคะนอง (T2) |
| 3) ตะเคียนทอง+มะม่วงป่า (T3) | 4) ตะเคียนทอง+ประดู่ (T4) |
| 5) เคี่ยมคะนอง+ประดู่ (T5) | 6) ยางนา+มะม่วงป่า (T6) |
| 7) ยางนา+ประดู่ (T7) | 8) เคี่ยมคะนอง+มะม่วงป่า (T8) |
| 9) ยางนา+เคี่ยมคะนอง (T9) | 10) มะม่วงป่า+ประดู่ (T10) |

รวมพื้นที่ทดลอง 10 ไร่ พื้นที่ระหว่างแปลงและกันชนอีก 2 ไร่ รวมพื้นที่ดำเนินการทั้งสิ้น 12 ไร่

2.2 การเตรียมพื้นที่ปลูกจะเตรียมอย่างประณีต ถางวัชพืชทุก 3 เดือน ในช่วงฤดูแล้งและถางวัชพืชทุกเดือนในช่วงฤดูฝน ปลูกซ่อมอย่างน้อย 3 ครั้งในปีแรก

2.3 ป้องกันไฟและสัตว์เลื้อย สัตว์ป่า ไม่ให้มารบกวนกล้าไม้ที่ปลูกใหม่

2.4 วัดอัตราการเติบโต ปีละ 2 ครั้ง ในฤดูแล้งและฤดูฝน

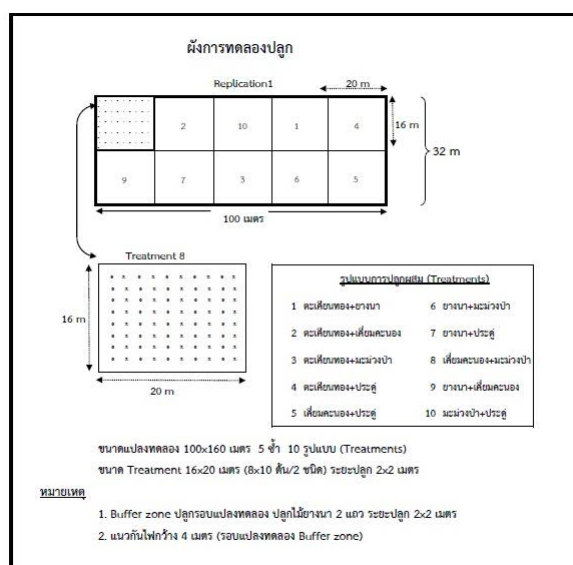


Figure 1 Completely randomized design for mixed species planting with 10 treatments.

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

คำนวณอัตราการรอดตาย ค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 10 เซนติเมตร (D10) เนื้อพื้นที่ดิน และความเพิ่มพูนทางด้านความสูง (height growth) และทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้โปรแกรมคำนวณ GenStat เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี LSD ภายหลังการปลูก 6 เดือน และ 1 ปี

ผลและวิจารณ์

1. ความแตกต่างระหว่าง การปลูกผสม 10 รูปแบบ (Treatment)

1.1 อัตราการรอดตาย แสดงให้เห็นว่า เมื่อพิจารณาในภาพรวมของการปลูกในแต่ละรูปแบบแล้ว พบว่า ภายหลังจากการปลูก 6 เดือน และ 1 ปี นั้น ไม่แต่ละชนิดที่ปลูกผสมกันมีอัตราการรอดตายที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 0.05) (Table 1)

1.2 การเติบโตที่ระดับ D10 พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย รูปแบบที่ 6, T6 (ยางนา+ มะม่วงป่า) มีการเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือ T9 (ยางนา+เคี่ยมคะนอง) T8 (เคี่ยมคะนอง+มะม่วงป่า) และ T7 (ยางนา+ประดู่) ตามลำดับ (0.87, 0.77, 0.75 และ 0.74 เซนติเมตร) ซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับที่ปลูก 1 ปี คือ T6 มีการเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือ T9, T8 และ T7 (0.95, 0.85, 0.82 และ 0.82 ตามลำดับ) (Table 1)

1.3 การเติบโตทางด้านความสูงในแต่ละรูปแบบนั้น พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเช่นกัน โดย รูปแบบที่ 1, T1 (ตะเคียนทอง+ยางนา) และรูปแบบที่ 2, T2 (ตะเคียนทอง+เคี่ยมคะนอง) มีความสูงมากที่สุด คือ 68.75 และ 66.91 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อปลูกไปได้ 1 ปี (Table 1)

2. ความแตกต่างกันในแต่ละชนิดไม้ในการปลูก ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า

2.1 เมื่อปลูก 6 เดือน ไม้ยางนา มีค่าอัตราการรอดตาย การเติบโตที่ระดับ D10 และความสูงสูงสุด (ร้อยละ 95.57, 0.898 และ 67.4 เซนติเมตร) ตามลำดับ และไม้ประดู่ มีอัตราการรอดตาย การเติบโตที่ระดับ D10 ต่ำสุด (ร้อยละ 90.6, 0.481 เซนติเมตร) (Table 2)

2.2 เมื่อปลูก 1 ปี พบว่า มีแนวโน้มเช่นเดียวกับเมื่อปลูก 6 เดือน คือ ยางน่ายังคงมีการเติบโตที่ระดับ D10 และความสูง สูงสุด (0.977 และ 75.4 เซนติเมตร) โดยมะม่วงป่าจะมีอัตราการรอดตายสูงสุด รองลงมาคือ ตะเคียนทองและยางนา (84.38, 81.25 และร้อยละ 80.73 ตามลำดับ) และไม้ประดู่ มีอัตราการรอดตาย และการเติบโตที่ระดับ D10 ต่ำสุด (ร้อยละ 78.4 และ 0.507 เซนติเมตร) (Table 3)

Table 1 Average survival rate (%), diameter at 10 centimeters above ground level (D10) and height (Ht) of seedlings planting with different treatments after 6 months and 1 year of planting by Least Significant Difference (LSD).

Treatment	SP1	SP2	6 months of planting			1 year of planting		
			% survival	D10 (cm)	Ht (cm)	% survival	D10 (cm)	Ht (cm)
1	<i>H. odorata</i>	<i>D. alatus</i>	95.31	0.71 ^{bc}	64.09 ^a	81.80	0.79 ^{bcd}	68.75 ^a
2	<i>H. odorata</i>	<i>S. henryana</i>	90.10	0.66 ^{bcde}	62.2 ^a	78.10	0.72 ^{cde}	66.91 ^a
3	<i>H. odorata</i>	<i>M. calonuera</i>	96.35	0.68 ^{bcd}	46.03 ^c	83.90	0.75 ^{bcd}	49.93 ^c
4	<i>H. odorata</i>	<i>P. macrocarpus</i>	91.15	0.59 ^{cde}	52.03 ^{bc}	72.90	0.68 ^{de}	56.40 ^{bc}
5	<i>S. henryana</i>	<i>P. macrocarpus</i>	94.79	0.55 ^e	50.62 ^{bc}	77.60	0.64 ^a	59.11 ^b
6	<i>D. alatus</i>	<i>M. calonuera</i>	92.19	0.87 ^a	51.86 ^{bc}	81.20	0.95 ^a	54.23 ^{bc}
7	<i>D. alatus</i>	<i>P. macrocarpus</i>	90.10	0.74 ^b	53.98 ^b	68.80	0.82 ^{bc}	58.79 ^b
8	<i>S. henryana</i>	<i>M. calonuera</i>	97.40	0.75 ^b	52.87 ^{bc}	89.10	0.82 ^{bc}	56.83 ^{bc}
9	<i>D. alatus</i>	<i>S. henryana</i>	92.74	0.77 ^{ab}	64.11 ^a	89.60	0.85 ^{ab}	69.68 ^a
10	<i>M. calonuera</i>	<i>P. macrocarpus</i>	93.23	0.58 ^{de}	35.50 ^d	80.70	0.63 ^e	36.25 ^d
Level of significant			NS	**	**	NS	**	**

Remarks NS = non-significantly
** = highly significant differences

Table 2 Average survival rate (%), diameter at 10 centimeters above ground level (D10) and height (Ht) of 5 tree species seedlings after 6 months of planting.

Tree species	Survival (%)	D10 (cm)	Ht (cm)
<i>D. alatus</i>	95.57	0.898 ± 0.11	67.4 ± 5.16
<i>S. henryana</i>	94.27	0.657 ± 0.08	64.8 ± 6.77
<i>H. odorata</i>	94.27	0.656 ± 0.09	58.2 ± 4.00
<i>M. calonuera</i>	94.53	0.747 ± 0.09	33.9 ± 4.00
<i>P. macrocarpus</i>	90.60	0.481 ± 0.08	41.3 ± 5.30

Table 3 Average survival rate (%), diameter at 10 centimeters above ground level (D10) and height (Ht) of 5 tree species seedlings after 1 year of planting.

Tree species	Survival (%)	D10 (cm)	Ht (cm)
<i>D. alatus</i>	80.73	0.977 ± 0.09	72.40 ± 54.45
<i>S. henryana</i>	72.14	0.719 ± 0.08	74.12 ± 8.15
<i>H. odorata</i>	81.25	0.723 ± 0.09	62.50 ± 5.42
<i>M. calonuera</i>	84.38	0.831 ± 0.09	37.00 ± 5.71
<i>P. macrocarpus</i>	78.40	0.507 ± 0.08	40.9 ± 4.49

สรุปและข้อเสนอแนะ

ในการพิจารณาคัดเลือกพันธุ์ไม้หลักที่จะนำมาปลูกฟื้นฟูสภาพป่านั้น ไม้ยางนา ไม้ตะเคียนทอง และ ไม้เคี่ยมคะนอง จะมีอัตราการรอดตายดีและมีการเติบโตดี ส่วนไม้มะม่วงป่า แม้จะมีอัตราการรอดตายสูงและมีการเติบโตที่ระดับ D10 ค่อนข้างดี แต่ความสูงต่ำ อาจทำให้ไม่สามารถแก่งแย่งกับวัชพืชได้ จึงไม่ควรเลือกใช้เป็นไม้หลักในการปลูกฟื้นฟูสภาพป่าเช่นเดียวกันกับไม้ประดู่

ส่วนการปลูกผสมนั้น ไม้ยางนาปลูกผสมกับมะม่วงป่าหรือเคี่ยมคะนอง หรือเคี่ยมคะนองกับมะม่วงป่า มีแนวโน้มที่จะทำให้การปลูกฟื้นฟูสภาพป่าประสบความสำเร็จได้ ซึ่งไม้ยางนาน่าจะเป็นพันธุ์ไม้ที่ควรคัดเลือกมาใช้ในการปลูกฟื้นฟูสภาพป่าได้ดีที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาสถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ ธิติ และคณะ (2536) การปลูกไม้ยางนาที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยทา ท้องที่กิ่งอำเภอน้ำเกลี้ยง จังหวัดศรีสะเกษ ที่ปลูกด้วยกล้าไม้อายุประมาณ 1 ปี ระยะปลูก 2x2 เมตร ปรากฏว่ามีการเติบโตเมื่ออายุ 4 ปีครึ่ง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 4.81 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 3.37 เมตร และได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการเติบโตของไม้ยางนาที่ปลูกโดยระบบวนเกษตรในพื้นที่ที่ผ่านการปลูกไม้โตเร็ว 4 ชนิด ได้แก่ นนทรี กระถินณรงค์ กระถินยักษ์ และยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มาแล้วเป็นเวลา 8 ปี โดยใช้กล้าไม้ยางนา อายุประมาณ 1 ปี เมื่อปี 2529 ระยะปลูก 4x4 เมตร ปรากฏว่า มีการเติบโตดีมากเมื่ออายุ 5 ปี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 10.95 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ย 6.10 เมตร อย่างไรก็ตามนี้เป็นผลการทดลองใน 1 ปีเท่านั้น ซึ่งเมื่อปลูกในระยะยาวจนถึงรอบตัดฟัน แนวโน้มอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ทั้งค่าอัตรา

การอดตาย การเติบโตที่ D10 และความสูง เนื่องจากไม้ยางนาสามารถขึ้นได้ในทุกภาคของประเทศที่มีลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศแตกต่างกันออกไป ดังนั้นการเติบโตจึงแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณอวยพร แสงเทียน หัวหน้าอุทยานแห่งชาติปางสีดา (ปี พ.ศ. 2550-2552) ที่ได้อำนวยความสะดวกเป็นอย่างดี ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติปางสีดาทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ทำให้การปฏิบัติงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณ คุณวิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง เป็นอย่างยิ่งที่ได้กรุณาให้คำแนะนำเรื่องการวางแผนทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูล และตรวจแก้ไขต้นฉบับ ขอขอบคุณ คุณมยุรี วรรณพินิจ ที่ช่วยวิเคราะห์ข้อมูล และ ดร.ปิยรัตน์ ฉิมโฉม ที่กรุณาตรวจแก้ไขบทความภาษาอังกฤษ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ชนะ ผิวเหลือง. 2539. ผลการศึกษาเบื้องต้นของการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของไม้ประดู่, น. 237-247. ใน รายงานการสัมมนาวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 6 “วนวัฒนวิทยาเพื่อพัฒนาสิ่งแวดล้อม 100 ปี กรมป่าไม้” 21-24 พฤษภาคม 2539. ณ โรงแรมเจริญโฮเต็ล จังหวัดอุดรธานี.
- ทศพร วัชรางกูร, บุญชู บุญทวี และ รัตนะ ไทยงาม. 2539. การเจริญเติบโตของไม้ตะเคียนทองภายใต้เรือนยอดของไม้เบญจนาที่มีระยะปลูกแตกต่างกัน, น. 193-222. ใน รายงานการสัมมนาวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 6 “วนวัฒนวิทยาเพื่อพัฒนาสิ่งแวดล้อม 100 ปี กรมป่าไม้”. 21-24 พฤษภาคม 2539 ณ โรงแรมเจริญโฮเต็ล จังหวัดอุดรธานี.
- ธิดิ วิสารัตน์, บรรดิษฐ์ หงษ์ทอง และ สมบูรณ์ บุญยืน. 2536. ไม้ยางนา, น. 113-142. ใน เอกสารส่งเสริมการปลูกไม้ป่า. ฝ่ายวนวัฒนวิจัย กองบำรุง กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- _____, สมบูรณ์ กิริติประยูร, เกียรติก้อง พิตร์ปรีชา, ทินกร วุฒิวิจารณ์, ธนพงษ์ คำผั่น, สมเกียรติ ผาทอง และ Shozo Nakamura. 2534. ความเป็นไปได้ในการปลูกไม้พะยุง มะค่าโมง ยางนาและตะเคียนทอง ภายใต้เรือนยอดไม้กระถินยักษ์และพื้นที่โล่ง, น. 113-142. ใน เอกสารส่งเสริมการปลูกไม้ป่า. ฝ่ายวนวัฒนวิจัย กองบำรุง กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- บุญชู บุญทวี, ทศพร วัชรางกูร, ปทุม บุญระฤทธิ และ อรอนงค์ ชัยชนะสุวัฒน์. 2536. ไม้ประดู่, น. 113-142. ใน เอกสารส่งเสริมการปลูกไม้ป่า. ฝ่ายวนวัฒนวิจัย กองบำรุง กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- วิเชียร สุ่มันตกุล และ สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน 2550. การศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างและองค์ประกอบพันธุ์ไม้ของป่ากึ่งผลัดใบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันตกของประเทศไทย. เอกสารงานวิจัยสำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- หน่วยวิจัยการฟื้นฟูป่า. 2549. ปลูกให้เป็นป่า แนวคิดและแนวปฏิบัติ สำหรับการฟื้นฟูป่าเขตร้อน. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- อุทยานแห่งชาติปางสีดา. 2545-2552. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ ปี พ.ศ. 2545-2552. สถานีฝนอุทยานแห่งชาติปางสีดา อำเภอเมือง จังหวัดสระแก้ว (ติดต่อส่วนตัว).
- อุทยานแห่งชาติปางสีดา. 2557. อุทยานแห่งชาติปางสีดา. แหล่งที่มา <http://www.dnp.go.th/parkreserve/asp/style1/default.asp?npid=101>, 20 สิงหาคม 2557.

Baker, P.J., S. Bunyavejchewin, C.D. Oliver and P.S. Ashton. 2005. Disturbance history and historical stand dynamics of a seasonal tropical forest in western Thailand. **Ecological Monographs** 75(3): 317-343.

การเติบโตและลักษณะสังคมพืชที่ได้จากการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าไม้
ในพื้นที่ผ่านการทำเหมืองแร่หินปูนเขาวง จังหวัดสระบุรี

Growth and Stand Characteristics of Forest Restoration
on Abandoned Limestone Mining at Khao Wong, Saraburi Province

สคาร ที่จันท์ก^{1*} รัชณุ เกิดเชิดชู¹ และ โชติรส พงษ์ปรางโมทย์¹
SakhanTeejuntuk¹ Ratchanu Kerdcherdchoo¹ and ChotirosPongpramote¹

¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: fforsktt@ku.ac.th

ABSTRACT

Stand characteristics of restored forest communities were measured to determine the relationship between the growth of tree species and environmental factors consisting of the slope and aspect. Forest ecological restoration was carried out in mining limestone degraded areas of the Siam Cement Company. The study plots were established following restoration by planting trees in an area that had been mined in 2011. Forest restoration involved filling planting sites with soil taken from the same local area and randomly planting a selection of tree species. Sample plots were located to represent different slopes and aspects on the site, with two plots on steep slopes and two plots on flat areas. Both plot types were subdivided into two aspects (southwest and northeast).

The study found that the growth (both diameter and height increments) of trees restored on the flat area was better than on slopes. Furthermore, the growth of trees restored on the northeast aspect was better than on the southwest aspect for both diameter and height increments. The major species on the sloping, southwest aspect were: *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf., *Erythrina subumbrans* (Hassk.) Merr., *Oroxylum indicum* (L.) Kurz, *Bauhinia purpurea* L., and *Albizia saman* (Jacq.) Merr., and the sloping, northeast aspect were: *Bauhinia purpurea* L., *Oroxylum indicum* (L.) Kurz, *Arfeuillea arborescens* Pierre ex Radlk., *Millettia brandisiana* Kurz, and *Albizia procera* (Roxb.) Benth. The major species on the flat, southwest aspect were: *Pterocarpus indicus* Willd., *Arfeuillea arborescens* Pierre ex Radlk., *Bauhinia purpurea* L., *Azadirachta indica* A.Juss var. *siamensis* Valetton, and *Oroxylum indicum* (L.) Kurz, and on the flat, northeast aspect were: *Senna timoriensis* (DC.) H. S. Irwin & Barneby, *Albizia saman* (Jacq.) Merr., *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf., *Albizia procera* (Roxb.) Benth., and *Bombax anceps* Pierre.

Keywords: growth and stand characteristics, forest restoration, limestone mining

บทคัดย่อ

การฟื้นฟูระบบนิเวศป่าไม้ในพื้นที่เสื่อมโทรมจากการทำเหมืองแร่หินปูนได้ดำเนินการในพื้นที่เหมืองแร่ของบริษัทปูนซิเมนต์ไทย (ท่าหลวง) จำกัด ซึ่งได้เริ่มปลูกฟื้นฟูด้วยการปลูกต้นไม้ชนิดต่างๆ ในพื้นที่ที่สิ้นสุดการทำเหมืองแร่มาแล้วในปี พ.ศ. 2554 พื้นที่แปลงปลูกฟื้นฟูใช้ดินที่นำมาจากแหล่งเดียวกัน เลือกชนิดไม้ในการปลูกแบบสุ่มคละกัน การศึกษาครั้งนี้เลือกแปลงตัวอย่างสังคมพืชที่ได้จากการปลูกฟื้นฟูจำนวน 4 แปลง โดยแบ่งเป็นแปลงตัวอย่างที่ปลูกในพื้นที่ราบ 2 แปลง แปลงตัวอย่างที่ปลูกในที่ลาดชัน 2 แปลง ในจำนวนแปลงตัวอย่างทั้ง 4 แปลงเป็นแปลงที่มีทิศด้านลาดทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ 2 แปลง และเป็นแปลงที่มีทิศด้านลาดทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ 2 แปลง การศึกษานี้ต้องการทราบชนิดไม้ที่สามารถตั้งตัวและเติบโตร่วมกันและสร้างเป็นหมูไม้ขึ้นมาได้ รวมทั้งทราบความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตของต้นไม้แต่ละชนิดในปัจจุบันสิ่งแวดล้อมด้านภูมิประเทศ อันได้แก่ ความลาดชันและทิศด้านลาดของพื้นที่ปลูกฟื้นฟู

ผลการศึกษาพบว่า การเติบโตของต้นไม้ในแปลงปลูกฟื้นฟูที่เป็นพื้นที่ราบมีการเติบโตทางความโตและความสูงดีกว่าแปลงปลูกฟื้นฟูในที่ลาดชัน และในพื้นที่แปลงปลูกฟื้นฟูที่มีทิศด้านลาดทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือมีการเติบโตทางความโตและความสูงที่ดีกว่าแปลงปลูกฟื้นฟูที่มีทิศด้านลาดทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ ชนิดไม้ที่มีค่าความสำคัญสูงสุดใน 5 อันดับแรกของหมูไม้ในแปลงตัวอย่างการฟื้นฟูที่เลือกมาประกอบด้วย 1) แปลงที่ลาดชัน ทิศด้านลาดทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ หางนกยูงฝรั่ง ทองหลางป่า เพกา ชงโค และจามจุรี 2) แปลงที่ลาดชัน ทิศด้านลาดทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ ชงโค เพกา คางคกเดือด กระพี้จั่น และทิ้งถ่อน 3) แปลงที่ราบ ทิศด้านลาดทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ ประดู่บ้าน คางคกเดือด ชงโค สะเดา และเพกา และ 4) แปลงที่ราบ ทิศด้านลาดทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ ชีเหล็กเลือด จามจุรี หางนกยูงฝรั่ง ทิ้งถ่อน และจิวป่า

คำสำคัญ: การเติบโตและลักษณะสังคมพืช การฟื้นฟูระบบนิเวศป่าไม้ เหมืองแร่หินปูน

คำนำ

การพัฒนาอุตสาหกรรมเหมืองแร่เติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยรอบพื้นที่ ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม (กฤตยา, 2552) โดยเฉพาะด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม นั้น เกิดความเปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัดจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมเหมืองแร่ เช่น การนำต้นไม้ออกจากพื้นที่ การเปิดหน้าดิน และการขุดเจาะเคลื่อนย้ายทรัพยากรแร่ต่างๆ ซึ่งมีผลต่อทรัพยากรทางธรรมชาติที่เคยมีอยู่ในพื้นที่นั้นทั้งในด้านการสะสมมวลชีวภาพและในด้านความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่

เหมืองแร่หินปูนเขาวง จังหวัดสระบุรี ดำเนินการโดย บริษัทปูนซิเมนต์ไทย (ท่าหลวง) จำกัด ได้ทำเหมืองแร่หินปูนอย่างต่อเนื่อง ทำให้พื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองเพิ่มขึ้นในทุกๆ ปี จึงได้ดำเนินการฟื้นฟูในพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองแล้วมาตามลำดับ เพื่อให้สภาพพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์กลับคืนใกล้เคียงสู่สภาพระบบนิเวศเดิมมากที่สุด โดยการปลูกต้นไม้หลากหลายชนิด ในพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นที่ราบและที่ลาดชันในทิศด้านลาดต่างกัน ซึ่งเมื่อติดตามความสามารถในการตั้งตัวและเติบโต พบปัญหาการตายมีมาก และการเติบโตที่น้อย ดังนั้นเพื่อให้ได้ชนิดไม้ที่สามารถตั้งตัวและเติบโตได้ดี การศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตและปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านภูมิประเทศจึงเป็นสิ่งจำเป็น

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบชนิดไม้ที่สามารถตั้งตัวและเติบโตได้ร่วมกันและสร้างเป็นหมู่ไม้ขึ้นมาได้ รวมทั้งทราบความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตของต้นไม้แต่ละชนิดในปัจจุบันสิ่งแวดล้อมด้านภูมิประเทศ อันได้แก่ ความลาดชันและทิศด้านลาดของพื้นที่ปลูกฟื้นฟู

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้ดำเนินการศึกษาในปี พ.ศ. 2555, 2557 และ 2559 บริเวณพื้นที่ปลูกฟื้นฟูในพื้นที่เหมืองตำบลเขาวง อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี ที่ดำเนินการโดยบริษัทปูนซิเมนต์ไทย (ท่าหลวง) จำกัด เหมืองหินปูนเขาวง จัดเป็นเหมืองหินปูนที่มีขนาดใหญ่ มีกำลังในการผลิตสูง ดังนั้นกระบวนการฟื้นฟูด้วยการปลูกต้นไม้ชนิดต่างๆ ในพื้นที่ที่สิ้นสุดการทำเหมืองแร่มาแล้วจึงเป็นวิธีที่ถูกนำมาใช้ในปี พ.ศ. 2554 การปลูกฟื้นฟูใช้ดินที่นำมาจากแหล่งเดียวกัน ชนิดไม้ในการปลูกเลือกแบบสุมละชนิด วางแปลงตัวอย่างสังคมพืชที่ได้จากการปลูกฟื้นฟูจำนวน 4 แปลง พบชนิดไม้จำนวน 91 ชนิด

2. การวางแปลงตัวอย่างและเก็บข้อมูลภาคสนาม

วางแปลงตัวอย่างในพื้นที่ปลูกฟื้นฟูขนาด 40x40 เมตร จำนวน 4 แปลง โดยทำการสุ่มคัดเลือกวางแปลงตัวอย่างศึกษา ซึ่งแบ่งเป็นแปลงตัวอย่างที่ปลูกในพื้นที่ราบ (flat) 2 แปลง แปลงตัวอย่างที่ปลูกในทิวลาดชันมากกว่า 35 องศา (aspect) 2 แปลง ในจำนวนแปลงตัวอย่างทั้ง 4 แปลงเป็นแปลงที่มีทิศด้านลาดทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) 2 แปลง และแปลงที่มีทิศด้านลาดทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) 2 แปลง บันทึกชื่อพรรณไม้ วัดความโต โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน (diameter at zero height) วัดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height) และวัดความสูงทั้งหมด (total height) ของไม้ต้น (tree)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 คำนวณค่าเฉลี่ย (mean) ทางการเติบโตของต้นไม้ การเติบโตสัมพัทธ์ (relative growth rate) ค่าดัชนีที่สำคัญต่างๆ ของหมู่ไม้ ประกอบด้วย ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิด (species diversity index) โดยใช้ Shannon-Wiener index (H) คำนวณตามวิธีการของ Krebs (1972)

3.2 คำนวณหามวลชีวภาพของต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง โดยใช้สมการแอลโลเมตรีที่เหมาะสมกับชนิดป่าดั้งเดิมของพื้นที่ โดยพื้นที่เป็นป่าดิบแล้งใช้สมการแอลโลเมตรีของ Tsutsumi *et al.* (1983)

3.3 คำนวณหาอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (relative growth rate; RGR) ตามสมการ

$$RGR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (T_2 - T_1)$$

เมื่อ W = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน (หน่วย: เซนติเมตร) หรือ ความสูง (หน่วย: เมตร) หรือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (หน่วย: ต้นต่อไร่)

T = เวลา (หน่วย: ปี)

3.4 คำนวณหาค่าดัชนีความสำคัญของชนิด (importance value index; IVI) ของแต่ละชนิดภายใต้สภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกัน

ผลและวิจารณ์

1. การเติบโตและมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

จากการศึกษาลักษณะสังคมของต้นไม้ที่ได้จากการฟื้นฟูป่าระบบนิเวศป่าไม้ในพื้นที่ผ่านการทำเหมืองแร่หินปูน โดยการวางแผนแปลงตัวอย่างจำนวน 4 แปลง และวิเคราะห์ข้อมูล เมื่อปี พ.ศ. 2555, 2557 และ 2559 พบว่า พรรณไม้ที่ปลูกแล้วมีการตั้งตัวและเติบโตได้ในพื้นที่แปลงตัวอย่างมีจำนวนแตกต่างกันไป โดยในปี พ.ศ. 2559 แปลง SW aspect พบจำนวนชนิดไม้ที่ปลูกมากที่สุด รองลงมาได้แก่ SW flat, NE flat และ NE aspect ตามลำดับ ในขณะที่จำนวนต้นไม้ที่ปรากฏอยู่ในพื้นที่แปลงตัวอย่างมีค่าที่แตกต่างกันโดยในแปลง NE flat มีจำนวนต้นไม้ที่ปรากฏอยู่มากที่สุด รองลงมาได้แก่ SW aspect, NE aspect และ SW flat ตามลำดับ ส่วนค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดไม้ในแปลงตัวอย่าง พบว่า แปลง SW flat มีค่าดัชนีความหลากหลายทางนิเวศมากที่สุด รองลงมาได้แก่ SW aspect, NE aspect และ NE flat ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Number of species, tree abundant and Shannon-Wiener index of sample forest restoration plots.

Plot	2012	2014	2016
number of species			
SW aspect	49	42	45
NE aspect	21	29	30
SW flat	32	41	43
NE flat	32	32	33
number of trees (tree rai ⁻¹)			
SW aspect	1,123	1,072	941
NE aspect	335	410	422
SW flat	338	367	335
NE flat	1,208	1,260	1,312
Shannon-Wiener's Index			
SW aspect	2.961	2.955	2.943
NE aspect	2.634	2.812	2.781
SW flat	2.888	3.064	3.037
NE flat	2.667	2.673	2.667

เพื่อพิจารณาจากข้อมูลของการเติบโตและมวลชีวภาพนั้น พบว่า ในปี พ.ศ. 2559 แปลง SW flat มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดินมากที่สุด รองลงมาได้แก่ NE aspect, SW aspect และ NE flat ตามลำดับ โดยการเติบโตทางด้านความสูงก็เป็นไปในลักษณะเดียวกัน ส่วนมวลชีวภาพเหนือพื้นดินนั้น พบว่า มีความแตกต่างออกไป โดยแปลง NE flat เป็นแปลงที่มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมากที่สุด รองลงมาได้แก่ SW aspect, SW flat และ NE aspect ตามลำดับ (Table 2) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ในพื้นที่ศึกษานี้

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในช่วง 5 ปีแรกของการเติบโตมีความสัมพันธ์กับจำนวนต้นไม้ที่ปรากฏอยู่ในพื้นที่มากกว่าการเติบโตทางด้านความโตและความสูง จึงทำให้หมู่ไม้ที่ได้จากการปลูกในแปลง NE flat และ SW aspect ที่มีจำนวนต้นไม้ที่ปรากฏมาก มีค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินมากกว่าแปลง SW flat และ NE aspect ที่มีจำนวนต้นไม้ที่ปรากฏน้อย

Table 2 Growth in diameter and height of trees in sample forest restoration plots.

Plot	year			Year		
	2012	2014	2016	2012-2014	2014-2016	2012-2016
	diameter of zero height (cm)			RGR		
SW aspect	1.99	3.14	3.17	0.477	0.327	0.178
NE aspect	0.65	3.42	3.81	0.669	0.433	0.355
SW flat	0.76	3.25	4.21	0.598	0.600	0.363
NE flat	1.75	2.30	2.39	0.365	0.275	0.195
	height (m)			RGR		
SW aspect	1.04	1.92	2.21	0.358	0.253	0.210
NE aspect	0.40	2.10	2.54	0.550	0.308	0.310
SW flat	0.45	1.82	3.11	0.457	0.461	0.334
NE flat	0.76	1.53	1.84	0.270	0.211	0.165
	biomass (tons rai^{-1})			RGR		
SW aspect	1.04	1.64	2.41	0.235	0.324	0.431
NE aspect	0.01	0.80	1.12	0.842	0.148	0.871
SW flat	0.10	0.55	1.68	0.528	0.413	0.694
NE flat	0.25	2.56	2.75	0.687	0.297	0.710

เมื่อนำค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดิน ความสูง และมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ในปี พ.ศ. 2555, 2557 และ 2559 ในแต่ละแปลงตัวอย่าง มาหาค่าอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR) พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแปลงที่ลาดชัน ปรากฏว่า NE aspect มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในทุกด้านมากกว่า SW aspect ในขณะเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบระหว่างแปลงที่ราบ ปรากฏว่า SW flat มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดิน และความสูง มากกว่า NE flat มีเพียงมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่านั้นที่มีค่าน้อยกว่าเล็กน้อย

2. ลักษณะสังคมพืช

จากการศึกษาลักษณะสังคมพืชโดยพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญของชนิด (importance value index; IV) ของแต่ละชนิดในสังคมพืช พบว่า ชนิดไม้เดียวกันมีค่าดัชนีความสำคัญของชนิดแตกต่างกันในแต่

ละแปลงตัวอย่าง ซึ่งบางชนิดอาจอยู่ในลำดับเดียวกันเมื่อนำมาจัดเรียงลำดับ (Table 3) โดยชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรก ในแปลงที่ลาดชัน ประกอบด้วย 1) SW aspect ได้แก่ หางนกยูงฝรั่ง ทองหลางป่า เพกา ชงโค และจามจุรี และ 2) NE aspect ได้แก่ ชงโค เพกา คางคาคีต กระพี้จั่น และทิ้งถ่อน ส่วนในแปลงที่ราบ (flat) ประกอบด้วย 1) SW flat ได้แก่ ประดู่บ้าน คางคาคีต ชงโค สะเดา และเพกา และ 2) NE flat ได้แก่ ขี้เหล็กเลือด จามจุรี หางนกยูงฝรั่ง ทิ้งถ่อน และจั่วป่า เมื่อพิจารณาจะเห็นว่ามีความซ้อนทับกันของชนิดไม้ทั้งในพื้นที่ลาดชันและพื้นที่ราบและทั้งสองทิศ ซึ่งจากชนิดไม้ 5 อันดับแรกจากทุกแปลงตัวอย่างที่กล่าวมาข้างต้น ชนิดที่มีการซ้อนทับมากที่สุด ได้แก่ ชงโค เพกา และทิ้งถ่อน และชนิดที่ไม่มีการซ้อนทับกัน ได้แก่ ขี้เหล็กเลือด ทองหลางป่า กระพี้จั่น และจั่วป่า อาจกล่าวได้ว่า ชนิดไม้ที่มีการปรากฏอยู่ในหลายแปลงตัวอย่างนั้น เป็นชนิดที่มีความสามารถในการเติบโตได้ดีในหลายสภาพพื้นที่

Table 3 Importance value index of trees in sample forest restoration plots.

Species	Thai name	Importance Value Index; IVI			
		SW	NE	SW flat	NE flat
		aspect	aspect		
(..) number of arrange by largest to smallest					
<i>Bauhinia purpurea</i>	Chongkho	22.506	67.524	28.139	2.179
		(4)	(1)	(2)	(14)
<i>Delonix regia</i>	Hang nok yung	64.225	9.017	0.929	32.959
	farang	(1)	(11)	(18)	(3)
<i>Senna timoriensis</i>	Khi lek lueat	4.935	20.896	14.408	45.530
		(14)	(6)	(7)	(1)
<i>Oroxylum indicum</i>	Pheka	25.935	29.111	22.236	7.605
		(3)	(2)	(4)	(11)
<i>Arfeuillea arborescens</i>	Khong kha dueat	8.085	23.782	29.236	12.183
		(11)	(3)	(1)	(8)
<i>Albizia procera</i>	Thing thon	8.259	21.873	19.008	21.882
		(10)	(5)	(5)	(4)
<i>Albizia saman</i>	Cham churi	18.541	2.450	5.108	43.428
		(5)	(17)	(12)	(2)
<i>Erythrina subumbrans</i>	Thong lang pa	34.305	2.683	3.983	11.827
		(2)	(16)	(13)	(9)
<i>Azadirachta indica</i>	Sadao	10.260	10.107	25.317	2.413
		(9)	(9)	(3)	(13)
<i>Millettia brandisiana</i>	Kra phi chan	2.469	21.952	12.310	1.342
		(16)	(4)	(9)	(18)
<i>Sterculia pexa</i>	Po khao	10.856	8.663	0.910	17.475
		(7)	(12)	(19)	(6)

Table 3 (Continued)

Species	Thai name	Importance Value Index; IVI			
		SW aspect	NE aspect	SW flat	NE flat
		(…) number of arrange by largest to smallest			
<i>Suregada multiflora</i>	Khan thong	3.175	15.251	12.639	5.096
	phayabat	(15)	(7)	(8)	(12)
<i>Muntingia calabura</i>	Ta khop farang	5.614	11.963	1.202	12.928
		(13)	(8)	(17)	(7)
<i>Lagerstroemia villosa</i>	Salao dam	13.465	7.968	3.516	2.031
		(6)	(13)	(14)	(15)
<i>Bombax anceps</i>	Ngio pa	2.121	1.146	1.948	19.996
		(17)	(19)	(16)	(5)
<i>Grewia eriocarpa</i>	Po kaen thao	6.114	0.541	17.397	0.869
		(12)	(20)	(6)	(20)
<i>Millingtonia hortensis</i>	Pip	10.856	1.841	5.229	1.984
		(8)	(18)	(11)	(17)
<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	Pradu pa	0.654	5.807	2.777	7.959
		(18)	(14)	(15)	(10)
<i>Holoptelea integrifolia</i>	Krachao	0.653	4.875	8.950	0.966
		(19)	(15)	(10)	(19)
<i>Zollingeria dongnaiensis</i>	Khi non	0.653	9.517	0.853	2.003
		(20)	(10)	(20)	(16)

สรุปและข้อเสนอแนะ

การเติบโตและลักษณะสังคมพืชที่ได้จากการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าไม้ในพื้นที่ผ่านการทำเหมืองแร่หินปูน เขาวง จังหวัดสระบุรี นั้น การเติบโตของต้นไม้ในแปลงปลูกฟื้นฟูที่เป็นพื้นที่ราบมีการเติบโตทางความโตและความสูงดีกว่าแปลงปลูกฟื้นฟูในพื้นที่ลาดชัน และในพื้นที่แปลงปลูกฟื้นฟูที่มีทิศด้านลาดทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือมีการเติบโตทางความโตและความสูงที่ดีกว่าแปลงปลูกฟื้นฟูที่มีทิศด้านลาดทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ และลักษณะสังคมพืชชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุดใน 5 อันดับแรกของหมู่ไม้ในแปลงตัวอย่างการฟื้นฟูที่เลือกมา ประกอบด้วย 1) แปลงที่ลาดชัน ทิศด้านลาดทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ หางนกยูงฝรั่ง ทองหลางป่า เพกา ชงโค และจามจุรี 2) แปลงที่ลาดชัน ทิศด้านลาดทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ได้แก่ ชงโค เพกา คางคากเตี๊ยะ กระพี้จั่น และทึงถ่อน 3) แปลงที่ราบ ทิศด้านลาดทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ ประดู่บ้าน คางคากเตี๊ยะ ชงโค สะเดา และเพกา และ 4) แปลงที่ราบ ทิศด้านลาดทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ได้แก่ ขี้เหล็กเลือด จามจุรี หางนกยูงฝรั่ง ทึงถ่อน และจัวป่า

กิตติกรรมประกาศ

สนับสนุนทุนวิจัยโดย บริษัทปูนซิเมนต์ไทย (ท่าหลวง) จำกัด โครงการศึกษาสำรวจความหลากหลายทางชีวภาพ และรูปแบบการฟื้นฟูสภาพพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมือง บริเวณเหมืองหินปูนเขาวง จังหวัดสระบุรี ระยะที่ 2

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กฤตยา ศักดิ์อมรสงวน. 2552. การพัฒนาที่ยั่งยืนกับอุตสาหกรรมเหมืองแร่. **จุลสารกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่** 7 (2) : 3-6.
- Krebs, C.J. 1972. **Ecology: The Experiment Analysis of Distribution and Abundance.** Harper & Row, New York.
- Tsutsumi, T., K. Yoda, P. Sahunalu, P. Dhammanonda and B. Prachaiyo. 1983. **Forest: felling, burning and regeneration, an experiment at Nam Phrom, northeast Thailand, and its implications for upland farming in the monsoon tropics.** Chapter 3. Kyoto University, Japan.

พลวัตและสมดุลคาร์บอนในป่าดิบแล้งสะแกราชและป่าผสมผลัดใบแม่กลอง

Carbon dynamics and balance in Sakaerat Dry Evergreen
and Maekong Mixed Deciduous Forests

จตุพล สวนสวรรค์^{1*} สาศิต ดิลกสัมพันธ์¹ และ ทิพา พาโคกทม²
Chatuphon Suansawan^{1*} Sapit Diloksumpun¹ and Tiwa Pakoktom²

¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

² คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

² Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen District,
Nakhon Pathom Province 73140

* Corresponding author; E-mail address: Chatuphon_32@hotmail.com

ABSTRACT

The eddy covariance (EC) technique ascertains the exchanged rate of carbon dioxide (CO₂) across the interface between the atmosphere and vegetation by measuring the covariance of the fluctuations between the vertical wind velocity and the CO₂ concentration mixing ratio. This study analyzed the dynamics, carbon balance, daily and seasonal variations, and ecosystem carbon balance in terms of the net ecosystem exchange (NEE) to compare two contrasting ecosystems—dry evergreen forest ecosystem (DEF) at the Sakaerat Environmental Research Station and mixed deciduous forest ecosystem (MDF) at the Maekong Watershed Research Station—in 2011 using the EC technique, with data acquisition undertaken at a high frequency (5 Hz).

The DEF and MDF were remarkably different between the dry and wet seasons. The mean values obtained in the DEF indicated greater CO₂ uptakes in the dry season compared with those in the wet season, while the MDF had similar mean values in both seasons. Their contrasting phenological and physiological characteristics as well as related environmental factors may have contributed to these seasonal variations. In addition, the comparison of carbon balance in these two ecosystems indicated that the DEF served as a carbon sink with an NEE value of -5.25 tCO₂ ha⁻¹ yr⁻¹ but the MDF was a small carbon source (almost carbon neutral), with an NEE value of 0.11 tCO₂ ha⁻¹ yr⁻¹.

Keywords: carbon balance, carbon dioxide exchange, eddy covariance technique, dry evergreen forest, mixed deciduous forest

บทคัดย่อ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซอย่างต่อเนื่อง (flux) ด้วยเทคนิค eddy covariance สามารถติดตามการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างบรรยากาศและพืชพรรณได้จากการวัดการไหลวนของความเร็วลมในแนวดิ่งและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การศึกษาครั้งนี้จึงเปรียบเทียบพลวัตและสมดุลคาร์บอน ตลอดจนวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบการแปรผันในรอบวัน การแปรผันระหว่างฤดูกาล และสมดุลคาร์บอนในรูปการแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิของระบบนิเวศ (net ecosystem exchange, NEE) ระหว่างระบบนิเวศทั้งสองแห่งในระบบนิเวศป่าดิบแล้ง บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช และป่าผสมผลัดใบ บริเวณสถานีวิจัยต้นน้ำแม่กลอง ในช่วงปี พ.ศ. 2554 โดยเทคนิค eddy covariance ซึ่งมีการตรวจวัดข้อมูลด้วยความถี่ 5 เฮิร์ตซ์ ตลอดจนมีการตรวจวัดข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาต่างๆ จากการศึกษาพบว่า ป่าดิบแล้งและป่าผสมผลัดใบมีการแปรผันในรอบวันมีความแตกต่างระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของป่าดิบแล้ง พบว่า ในช่วงแล้ง มีการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยเฉลี่ยต่ำกว่าในช่วงฝน ในขณะที่ป่าผสมผลัดใบในช่วงแล้งและฤดูฝนมีการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยเฉลี่ยใกล้เคียงกันโดยที่ป่าดิบแล้งมีการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยเฉลี่ยสูงกว่าป่าผสมผลัดใบในช่วงฝน ความแตกต่างดังกล่าวอาจเนื่องจากความแตกต่างของลักษณะทางชีวลักษณะและสรีรวิทยาของพืชพรรณในป่าทั้งสองประเภท และปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ผลการเปรียบเทียบสมดุลคาร์บอนในระบบนิเวศทั้งสองแห่ง แสดงให้เห็นว่า ป่าดิบแล้งมีสถานะภาพเป็นแหล่งดูดซับคาร์บอน โดยมีค่าการแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิของระบบนิเวศ เท่ากับ -5.25 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ต่อปี ในขณะที่ป่าผสมผลัดใบมีสถานะภาพเป็นแหล่งปลดปล่อยคาร์บอนแต่ก็อยู่ในภาวะสมดุลโดยมีค่าการแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิของระบบนิเวศเพียง 0.11 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ต่อปี

คำสำคัญ: สมดุลคาร์บอน การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างต่อเนื่อง เทคนิค eddy covariance ป่าดิบแล้ง ป่าผสมผลัดใบ

คำนำ

ระบบนิเวศป่าไม้เป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีปริมาณมากที่สุดในบรรยากาศ และเพิ่มขึ้นจากระดับความเข้มข้นประมาณ 316 พีพีเอ็ม (ppm) ในปี พ.ศ. 2502 เป็น 398 ppm ในปี พ.ศ. 2557 (NOAA/ESRL, 2015) อันเป็นสาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยระบบนิเวศป่าไม้สามารถควบคุมสมดุลคาร์บอนในบรรยากาศได้โดยกระบวนการสังเคราะห์แสงและกระบวนการหายใจของพืช และระบบนิเวศป่าไม้บริเวณเส้นศูนย์สูตรถือว่ามีความสำคัญอย่างมากในการรักษาสมดุลคาร์บอนระหว่างชั้นบรรยากาศและพื้นดิน เนื่องจากป่าไม้ส่วนใหญ่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง และยังมีพื้นที่ป่าอยู่ถึงร้อยละ 50 ของป่าไม้ทั่วโลก (FAO, 2010) โดยเฉพาะป่าไม้เขตร้อนในเขตอบอุ่น และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สำหรับการศึกษาสมดุลคาร์บอนในระบบนิเวศป่าแต่ละชนิดนั้นมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมองค์ประกอบของสังคมพืช และลักษณะทางภูมิศาสตร์

การศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของ CO_2 ในบรรยากาศจึงเป็นเรื่องสำคัญเพื่อที่จะให้เข้าใจถึงปฏิสัมพันธ์ของการถ่ายเทพลังงานระหว่างพื้นดินกับอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาถึงการเพิ่มขึ้นของ

ปริมาณ CO₂ ที่มีผลต่อการเติบโตของพืชและผลต่อระบบนิเวศวิทยาป่าไม้ จึงเป็นหัวข้อที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างยิ่งในปัจจุบัน และการศึกษาการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO₂ อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานได้ดำเนินการแล้วในหลายระบบนิเวศทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบนิเวศที่เป็นป่าไม้ เพราะป่าไม้มีอิทธิพลต่อสมดุลของ CO₂ ของโลก (Carrara *et al.*, 2003) โดยใช้เทคนิค eddy covariance (EC method) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายในการวัดการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง (flux) เช่น การศึกษาลักษณะการแลกเปลี่ยน CO₂ ในป่าเต็งรังภายใต้สภาพอากาศเย็น-แล้ง และร้อน-ชื้น ของ Sanwangsri *et al.* (2010)

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการศึกษาเกี่ยวกับพลวัตและสมดุลของคาร์บอนในระบบนิเวศป่า 2 ชนิด คือ ป่าผสมผลัดใบ และป่าดิบแล้ง โดยการประยุกต์ใช้เทคนิค eddy covariance เพื่อให้ทราบถึงพลวัตและสมดุลของคาร์บอนในรอบปีของป่าว่าเป็นแหล่งปลดปล่อยหรือกักเก็บคาร์บอนในช่วงปีนั้นๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

1.1 พื้นที่ป่าดิบแล้ง บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา โดยมีพรรณไม้เด่น ได้แก่ ตะเคียนหิน (*Hopea ferrea*) เคี่ยม (*Shorea sericeiflora*) มะค่าโมง (*Azelia xylocarpa*) และกระบากหลัก (*Hydnocarpus ilicifolius*) เป็นต้น

1.2 พื้นที่ป่าผสมผลัดใบ บริเวณสถานีวิจัยต้นน้ำแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี โดยมีพรรณไม้เด่น ได้แก่ แดง (*Xylocarpus xylocarpa*) ตะคร้อ (*Schleichera oleosa*) ยางนา (*Dipterocarpus alatus*) ยางแดง (*Dipterocarpus turbinatus*) เป็นต้น

2. การตรวจวัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO₂ โดยเทคนิค eddy covariance

การวัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO₂ ระหว่างบรรยากาศเหนือเรือนยอดกับพื้นที่ป่าดิบแล้ง และป่าผสมผลัดใบดำเนินการที่ระดับความสูง 45 และ 42 เมตรจากระดับพื้นดิน ด้วยเครื่อง CO₂/H₂O analyzer (Li-COR model Li-6262) ร่วมกับการวัดทิศทางลมในแนวตั้ง (vertical velocity) ด้วยเครื่อง 3-D Sonic Anemometer (Campbell Scientific, model Wind meter (Gill)) ซึ่งรวมเป็นวิธีที่เรียกว่า eddy covariance method ทำการวัดทุก 5 Hz (0.20 วินาที) ตลอด 24 ชั่วโมง และมีการเก็บข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ดังแสดงใน Table 1

3. การคำนวณอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO₂ โดยเทคนิค eddy covariance

ข้อมูลการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO₂ โดยวิธี eddy covariance สามารถคำนวณได้ดังสมการ (Hokkaido Research Center, FFPRI, 2012)

$$F_c = \overline{\rho_a w' c'}$$

โดย	F_c	= carbon dioxide flux ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
	ρ_a	= atmospheric pressure (Pa)
	w'	= vertical velocity (ms^{-1})
	c'	= CO ₂ concentration (ppm)

Table 1 Parameter and Instruments.

Parameters	Unit	Instruments
carbon dioxide		
CO ₂ concentration	μmol mol ⁻¹ (ppm)	C ₂ O/H ₂ O gas analyzer, model : LI-6262 (Licor)
Metrology		
Wind speed/direction	m s ⁻¹	3-D Sonic anemometer, model : Wind Master (Gill)
Air temperature	°C	Temperature and Humidity Probe, model: HMP45A (Vaisala)
Air humidity	%	Temperature and Humidity Probe, model: HMP45A (Vaisala)
Soil moisture	% by volume	Soil Moisture Sensor, model: CS616 (Campbell)
PPFD	μmol m ⁻² s ⁻¹	PPFD Sensor, model: ML-020P (Eko, Japan)
Net radiation	W m ⁻²	Net Radiometer, model: CNR1 (Kipp and Zonen)
Total radiation	W m ⁻²	Pyranometer, model: CNR1 (Kipp and Zonen)
Rain gauge	mm	Rain Gauge, model: TE525MM (Campbell)
Soil heat flux	W m ⁻²	Soil Heat Flux, model: MF-81 (Eko)
Soil temperature	°C	Temperature Sensor, model: Pt100

ทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเทคนิค eddy covariance โดยใช้โปรแกรม EddyPro 4.1 ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปสาธาณะภายใต้ ECO₂S package ซึ่งมีการพัฒนาให้มีความเฉพาะเจาะจงกับข้อมูลตรวจวัด flux จากชุดอุปกรณ์วัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ (Li-Cor Inc., USA) เพื่อวิเคราะห์ให้เป็นข้อมูลเฉลี่ยทุกๆ 30 นาที

4. การควบคุมคุณภาพของข้อมูล

การวิเคราะห์และกำจัดข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อน (spike detection and removal) ในขั้นแรกตรวจสอบ spike ที่มีขนาดใหญ่และทำการลบข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนนั้น และตรวจสอบ spike ที่มีขนาดเล็กและทำการลบข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนนั้นโดยหลักการทางสถิติตามวิธีการของ Papale *et al.* (2006) หลังจากนั้นทำการปรับแก้ข้อมูลการแลกเปลี่ยนก๊าซตอนกลางคืน (nighttime flux) โดยทำการแบ่งช่วงกลางวันและกลางคืนโดยใช้ค่า PAR ซึ่งในช่วงเวลากลางคืน เมื่อ PAR ต่ำกว่า 100 μmol m⁻² s⁻¹ และในช่วงเวลากลางวัน เมื่อ PAR สูงกว่า 100 μmol m⁻² s⁻¹ และทำการปรับแก้ข้อมูลการแลกเปลี่ยนก๊าซตอนกลางคืน (nighttime flux) โดยการใช้ตัวกรองด้วยค่า friction velocity (u^* filter) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงสภาพการเคลื่อนที่ของอากาศ (turbulence) ที่มีค่าค่อนข้างต่ำในตอนกลางคืน และทำให้ข้อมูลที่วัดได้ต่ำกว่าที่ควรเป็น (underestimation) โดยสามารถคำนวณได้จากสูตรของ Stull (1988)

$$U^* = -U'W'$$

เมื่อ u' - fluctuation of wind velocity (ms⁻¹)

w' - vertical component of wind velocity (ms⁻¹)

โดยใช้ข้อมูลจากความสัมพันธ์ระหว่าง NEE ในเวลากลางคืน และ u^* และตัวกำหนดระดับของ u^* (u^* threshold) สำหรับลบข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อน

การวิเคราะห์ช่องว่างของชุดข้อมูลและการเติมเต็มข้อมูลที่ขาดหายไป (gap identification and filling) ในการเติมข้อมูลที่หายไปของค่า NEE โดยใช้วิธี non-linear regression และ mean diurnal variation (Falge *et al.*, 2001) ที่จะทำการเติมข้อมูลที่หายไป (gap-filling) ดังนี้

ในตอนกลางคืน ใช้วิธี non-linear regression หาความสัมพันธ์ระหว่าง nighttime NEE และ air temperature ตามสมการของ (Lloyd and Taylor, 1994) ดังนี้

$$F_{RE} = B_0 e^{(B_1 T)}$$

โดยที่ F_{RE} = การหายใจในที่มีดที่อุณหภูมิใดๆ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
 B_0 = การหายใจในที่มีดเริ่มต้นของความสัมพันธ์
 B_1 = $\ln(Q10)/10$
 $Q10$ = $e^{(10 \cdot B_1)}$

และสำหรับช่วงที่ไม่มีข้อมูลของ air temperature จะใช้วิธี mean diurnal variation โดยใช้ค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาเดียวกันทั้งหมด 7 ค่า สำหรับเวลากลางคืน

ในตอนกลางวัน ใช้วิธี non-linear regression หาความสัมพันธ์ระหว่าง daytime NEE และ PPFD (photosynthetic photon flux density) ตามสมการของ (Diloksumpun *et al.*, 2005) ดังนี้

$$P_n = P_{\max} \left[1 - e^{\left(\frac{-\phi \text{PPFD}}{P_{\max}} \right)} \right] - R_d$$

โดยที่ P_n = net photosynthesis ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
 PPFD = photosynthetic photon flux density ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
 $P_{\max}$ = light-saturated gross photosynthesis ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
 ϕ = quantum yield of photosynthesis ($\mu\text{mol CO}_2 (\mu\text{mol PPFD})^{-1}$)
 R_d = dark respiration ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

และสำหรับช่วงที่ไม่มีข้อมูลของ PPFD จะใช้วิธี mean diurnal variation โดยใช้ค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาเดียวกันทั้งหมด 14 ค่า สำหรับเวลากลางวัน

5. การวิเคราะห์สมดุลคาร์บอน

ค่า F_c ที่ได้จากการคำนวณอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยวิธี eddy covariance แสดงถึงการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิของระบบนิเวศ (net ecosystem exchange, NEE) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิรวม (gross primary production, GPP) และ ค่าการหายใจของระบบนิเวศ (ecosystem respiration, RE) ดังนั้นการวิเคราะห์สมดุลคาร์บอนดำเนินการวิเคราะห์จากสมการดังนี้

$$NEE = RE - GPP$$

เนื่องจากช่วงเวลากลางคืนไม่มีการสังเคราะห์แสง ดังนั้นค่า NEE ในเวลากลางคืนจึงมักตีความถึงค่าการหายใจของระบบนิเวศ และค่า GPP ในเวลากลางวัน คำนวณได้จากค่า RE-NEE (Chidthaisong, 2011)

6. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการใช้คาร์บอน (carbon use efficiency, CUE)

CUE คือ อัตราส่วนระหว่าง ผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (net primary production, NPP) และผลผลิตขั้นปฐมภูมিরวม (gross primary production, GPP) ซึ่งใช้อธิบายถึงกำลังผลิตของพืชพรรณในการถ่ายโอนคาร์บอนจากบรรยากาศสู่พืช (DeLucia *et al.*, 2007) วิเคราะห์จากสมการดังนี้

$$CUE = \frac{NPP}{GPP}$$

ผลและวิจารณ์

1. ข้อมูลลักษณะภูมิอากาศ

1.1 ป่าดิบแล้งสะแกราช

ข้อมูลลักษณะภูมิอากาศที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ รังสีดวงอาทิตย์ รังสีสุทธิ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสงที่พืชสามารถใช้สังเคราะห์แสง โดยในช่วงปี พ.ศ. 2554 ปริมาณน้ำฝนตลอดทั้งปีของป่าดิบแล้ง มีค่าเท่ากับ 1,154.80 มิลลิเมตร (มม.) โดยปริมาณน้ำฝนที่ป่าดิบแล้งสูงสุดอยู่ที่เดือนกันยายน มีค่าเท่ากับ 246.30 มม. ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี มีค่าเท่ากับ 25.48 °C โดยอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด มีค่าเท่ากับ 37.10 °C อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 12.90 °C และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดทั้งปี มีค่าเท่ากับร้อยละ 86.65 ข้อมูลความเข้มแสงที่พืชสามารถใช้สังเคราะห์แสงได้ (photosynthetically active radiation, PAR) มีการแปรผันในรอบวัน ปริมาณแสงที่พืชสามารถสังเคราะห์แสงได้เฉลี่ยในแต่ละรอบวัน มีค่าตั้งแต่ 29.17–1,435.95 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ สำหรับพื้นที่ป่าดิบแล้ง พบว่าเดือนตุลาคมมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด และในเดือนมิถุนายนมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด และมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ และรังสีสุทธิเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 234.40 และ 166.49 Wm^{-2} ดังแสดงใน Figure 1

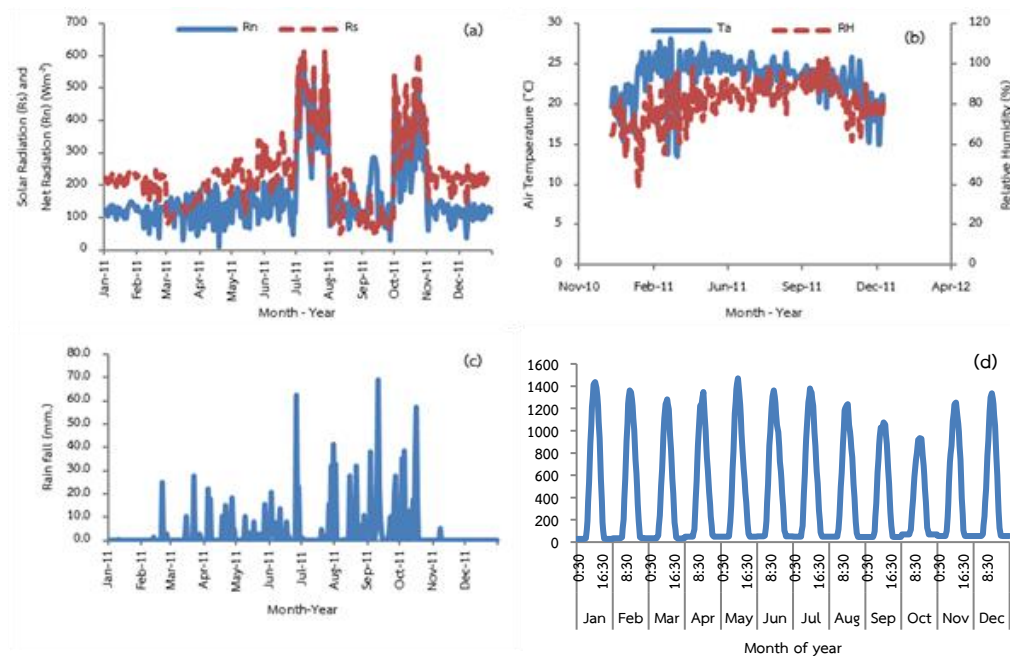


Figure 1 Solar radiation and net radiation (a), temperature and relative humidity (b), rain fall (c) and photosynthetically active radiation (d) in Dry evergreen forest (Jan – Dec 2011)

1.2 ป่าผสมผลัดใบแม่กลอง

ส่วนในพื้นที่ป่าผสมผลัดใบมีปริมาณน้ำฝนตลอดทั้งปีเท่ากับ 1,703.43 มม. โดยปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ที่เดือนสิงหาคม มีค่าเท่ากับ 317.50 มม. ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี มีค่าเท่ากับ 22.52°C โดยอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่เดือนมีนาคม มีค่าเท่ากับ 35.00°C อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ในเดือนธันวาคม 11.30°C สำหรับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดทั้งปีมีค่าเท่ากับร้อยละ 65.04 และความเข้มแสงที่พืชสามารถสังเคราะห์แสงเฉลี่ยในแต่ละรอบวันมีค่าตั้งแต่ $6.48\text{--}1401.84 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ โดยในเดือนกันยายนมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด และในเดือนกุมภาพันธ์มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดและมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ และรังสีสุทธิเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 205.46 และ 132.88 Wm^{-2} ดังแสดงใน Figure 2

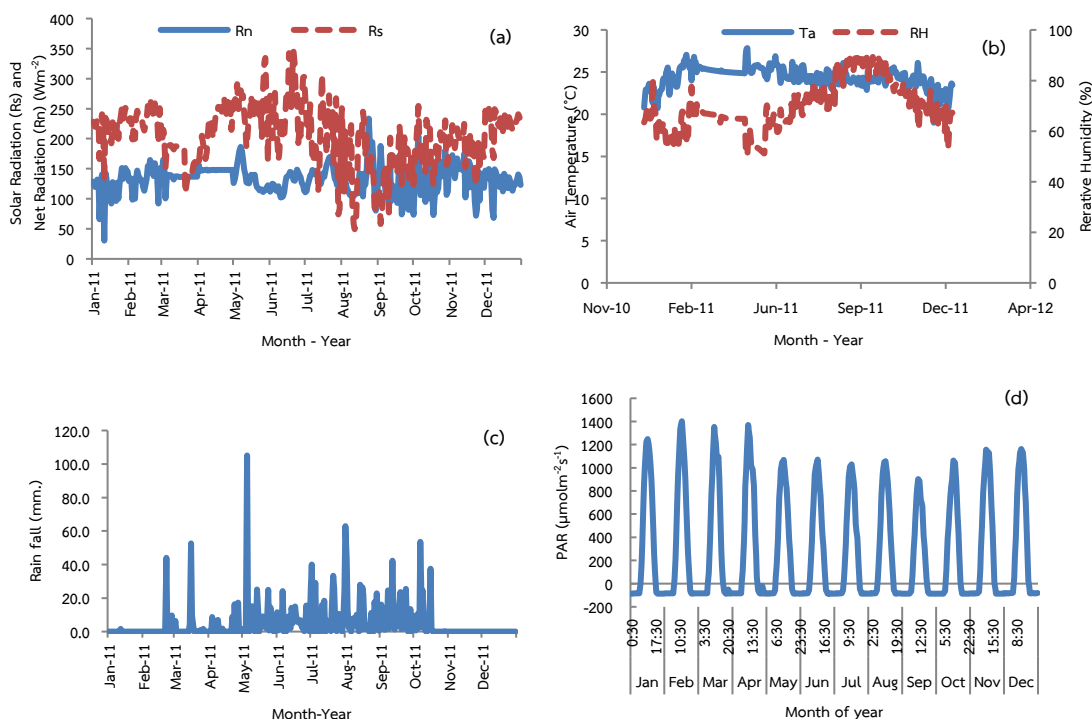


Figure 2 Solar radiation and Net radiation (a), Temperature and Relative Humidity (b), Rain fall (c) and photosynthetically active radiation (d) in Mixed deciduous forest (Jan – Dec 2011).

2. การแปรผันในรอบวันของการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 flux) มีการแปรผันในรอบวันตามการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยภูมิอากาศอื่นๆ ซึ่งในป่าดิบแล้งและป่าผสมผลัดใบมีค่าการแปรผันในรอบวันอยู่ระหว่าง -8.71 – 7.02 และ -9.63 – $5.07 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 3 ในตอนกลางคืนนั้นจะมีค่าเป็นบวก และในตอนกลางวันจะมีค่าเป็นลบ และจะมีค่าเป็นลบมากขึ้น โดยมากที่สุดในช่วงเที่ยงวัน และจะลดลงเรื่อยๆ จนมีค่าเป็นบวกอีกครั้ง ซึ่งค่าที่เป็นบวกนั้นหมายถึงการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากระบบนิเวศสู่บรรยากาศ ส่วนค่าที่เป็นลบนั้นหมายถึงการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศเข้าสู่ระบบนิเวศ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Goulden *et al.* (2004) ที่ทำการศึกษาในป่าเขตร้อนของประเทศบราซิลโดยปริมาณแสงซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการสังเคราะห์แสงของพืชเป็นตัวควบคุมของการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ และเมื่อเปรียบเทียบการแปรผันในรอบวันของทั้งสองชนิดป่า พบว่า มีแนวโน้มการแปรผันในรอบวันที่คล้ายกัน โดยในช่วงฝนจะมีช่วงเวลาการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการสังเคราะห์แสงของพืชพรรณยาวกว่าในช่วงแล้ง ส่วนในฤดูแล้งในป่าทั้งสองชนิดจะมีช่วงเวลาในการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของระบบนิเวศเฉลี่ยสูงกว่าในช่วงฝน ดังแสดงใน Figure 4

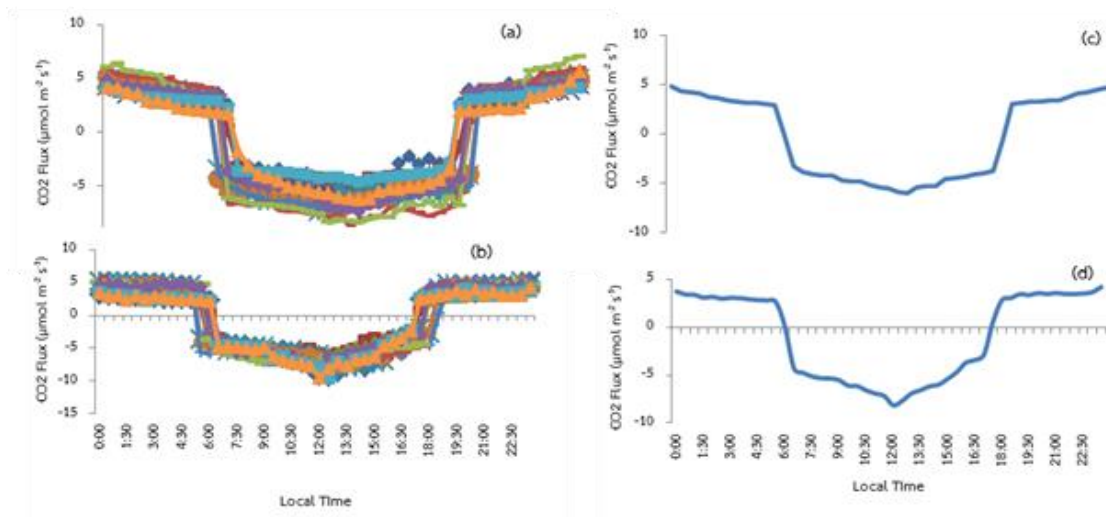


Figure 3 Daily variation of CO₂ flux in Dry evergreen forest (a), Mixed deciduous forest (b), example in 1 January 2011 in Dry evergreen forest (c) and example in 1 January 2011 in Mixed deciduous forest (d).

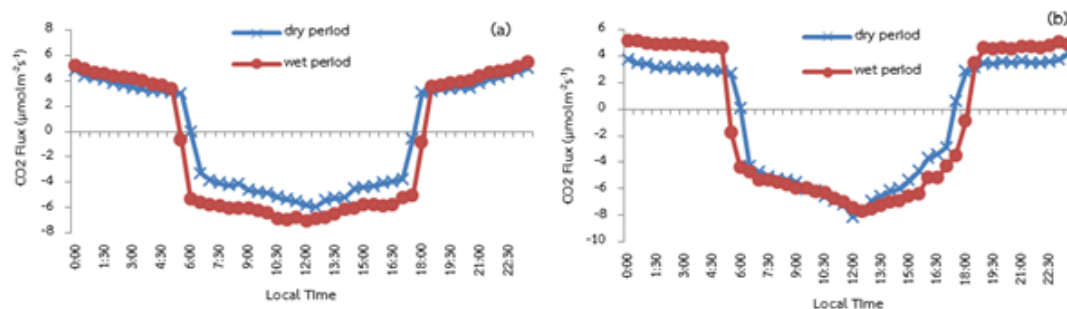


Figure 4 Daily variation in seasonal of CO₂ flux in Dry evergreen forest (a) and Mixed deciduous forest (b) (Dry period during November – April 2011 and Wet period during May – October 2011).

3. การแปรผันตามฤดูกาลของการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การแปรผันตามฤดูกาลของการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในป่าดิบแล้ง ในช่วงฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม) มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -7.04 – 5.40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ส่วนในช่วงแล้ง (พฤศจิกายน-เมษายน) มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -5.93 – 4.96 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ และมีค่าเฉลี่ยในช่วงแล้งและฝนเท่ากับ -0.27 และ -1.14 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ส่วนในป่าผสมผลัดใบในช่วงฝนมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -7.74 – 5.14 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ส่วนในช่วงแล้งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง -8.15 – 4.24 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ และมีค่าเฉลี่ยในแล้งและฝนเท่ากับ -0.93 และ -0.91 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ดังแสดงใน Figure 5 จะเห็นได้ว่า ทั้งสองป่ามีแนวโน้มการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน โดยในป่าดิบแล้งมีการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงฝนสูงกว่าในช่วงแล้ง เนื่องจากปริมาณแสงที่พืชใช้สังเคราะห์แสงได้ในช่วงฝนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในช่วงแล้ง และได้รับปริมาณแสงที่

พืชสามารถใช้สังเคราะห์แสงได้เป็นเวลานานเฉลี่ยประมาณ 12 ชั่วโมงต่อวัน (เริ่มตั้งแต่ 6.00–18.00 น.) ซึ่งแตกต่างจากป่าผสมผลัดใบที่การแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงแล้งและช่วงฝนมีความใกล้เคียงกัน เนื่องจากในช่วงแล้งมีปริมาณแสงที่พืชสามารถสังเคราะห์แสงได้มากกว่าในช่วงฝน ประกอบกับแม้จะมีการผลัดใบของพรรณไม้แต่ละชนิดแต่ก็ไม่ได้ผลัดใบพร้อมกันหมด และปริมาณความชื้นในดินยังอยู่ในระดับที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้

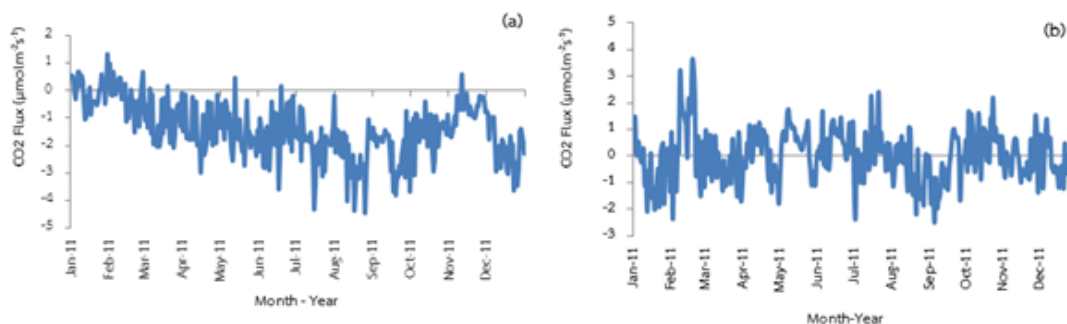


Figure 5 Seasonal variation of CO₂ flux in Dry evergreen forest (a) and Mixed deciduous forest (b).

4. สมดุลคาร์บอนของระบบนิเวศ และประสิทธิภาพการใช้คาร์บอน

จากการตรวจวัดด้วยเทคนิค eddy covariance พบว่า ผลผลิตขั้นปฐมภูมิรวม การหายใจของระบบนิเวศ และการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิของระบบนิเวศของป่าดิบแล้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.36, 3.97 และ -1.39 μmol m⁻² s⁻¹ หรือคิดเป็นปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 20.26, 15.00 และ -5.25 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 2 ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Gamo and Panuthai (2005) ที่ศึกษา CO₂ flux ในป่าเขตร้อนของประเทศไทย พบว่า มีค่าเฉลี่ยการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิของระบบนิเวศในพื้นที่ป่าดิบแล้งสะแกราช พ.ศ. 2546 และ 2547 เท่ากับ -4.6 และ -4.7 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี ส่วนในระบบนิเวศป่าผสมผลัดใบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.80, 5.83 และ 0.03 μmol m⁻² s⁻¹ หรือคิดเป็นปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 21.92, 22.03 และ 0.11 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี ดังแสดงใน Table 1 เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาสมดุลคาร์บอนในป่าประเภทต่างๆ ของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ของ Hirata *et al.* (2008) พบว่า มีค่าเฉลี่ยการแลกเปลี่ยนก๊าซของระบบนิเวศในปี พ.ศ. 2548 เท่ากับ -1.47 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันเนื่องจากสภาพของป่าที่เปลี่ยนแปลงไปจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีความแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงเวลา โดยในป่าดิบแล้งนั้นมีสภาพเป็นแหล่งดูดซับคาร์บอน ในขณะที่ป่าผสมผลัดใบมีสภาพเป็นแหล่งปลดปล่อยคาร์บอนแต่ก็อยู่ในภาวะสมดุล ส่วนประสิทธิภาพการใช้คาร์บอนในป่าดิบแล้ง และป่าผสมผลัดใบมีค่าเท่ากับ 0.26 และ 0.01 จะเห็นได้ว่าในป่าดิบแล้งนั้นมีประสิทธิภาพการใช้คาร์บอนสูงกว่าป่าผสมผลัดใบ เนื่องจากในป่าดิบแล้งยังมีการเปลี่ยนแปลงของต้นไม้ใหญ่ และไม้ขนาดเล็ก (Viriyaware, 2012)

Table 2 Gross primary production (GPP), ecosystem respiration (RE) and net ecosystem exchange (NEE).

Forest Type	GPP		RE		NEE	
	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$\text{tC ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$\text{tC ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$\text{tC ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$
Dry evergreen forest	5.36	20.26	3.97	15.00	-1.39	-5.25
Mixed deciduous forest	5.80	21.92	5.83	22.03	0.03	0.11

สรุปและข้อเสนอแนะ

1. ลักษณะการแปรผันในรอบวันของการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในป่าดิบแล้ง และป่าผสมผลัดใบจะมีการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศสู่ระบบนิเวศ โดยการสังเคราะห์แสงของพืชในช่วงเวลากลางวัน ส่วนในช่วงเวลากลางคืนจะมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากระบบนิเวศสู่บรรยากาศจากการหายใจของระบบนิเวศ
2. การแปรผันตามฤดูกาลในป่าดิบแล้งนั้นมีการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยเฉลี่ยต่ำกว่าในช่วงฝน ในขณะที่ป่าผสมผลัดใบในช่วงแล้งและฤดูฝนมีการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยเฉลี่ยใกล้เคียงกัน
3. ค่าการแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิของระบบนิเวศในป่าดิบแล้ง เท่ากับ -5.25 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ต่อปี ส่วนป่าผสมผลัดใบมีค่าการแลกเปลี่ยนคาร์บอนสุทธิของระบบนิเวศ 0.11 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ต่อปี
4. ป่าดิบแล้งมีสถานภาพเป็นแหล่งดูดซับคาร์บอน ส่วนป่าผสมผลัดใบมีสถานภาพเป็นปลดปล่อยคาร์บอนแต่ก็อยู่ในภาวะสมดุล
5. ประสิทธิภาพการใช้คาร์บอนในป่าดิบแล้ง และป่าผสมผลัดใบมีค่าเท่ากับ 0.26 และ 0.01 โดยในป่าดิบแล้งมีประสิทธิภาพในการใช้คาร์บอนสูงกว่าป่าผสมผลัดใบ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณสำเร็จ ปานอุทัย หัวหน้าสถานีวิจัยต้นน้ำแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี ข้อมูล และอาจารย์มนตรี แสงวังสี หัวหน้ากลุ่มวิจัยจุลอุตุนิยมวิทยา วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ข้อมูล และโครงการวิจัยการขยายสเกลจากระบบนิเวศสู่ระดับภูมิภาคของข้อมูลการแลกเปลี่ยนคาร์บอน น้ำ และพลังงานในระบบนิเวศ: การประเมินความสมดุลและความไม่แน่นอน สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ที่ทุนสนับสนุนในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- Carrara, A., A.S. Kowalski, J. Neiryneck, I.A. Janssens, J.C. Yuste and R. Ceulemans. 2003. Net ecosystem CO₂ exchange of mixed forest in Belgium over 5 years. **Agricultural and Forest Meteorology** 119: 209–227.
- Chidthaisong, A. 2011. **Measurement of Carbon Dioxide Exchange in Tropical Forest by Eddy Covariance Technique and Its Correlation to Environmental Factors**. Final Report Office of the Higher Education Commission and Thailand Research Fund, Bangkok.
- DeLucia, E.H., J.E. Drake, R.B. Thomas and M. Gonzalez-Meler. 2007. Forest carbon use efficiency: is respiration a constant fraction of gross primary production? **Global Change Biology** 13: 1157-1167.
- Diloksumpun, S., D. Staporn, P. Ladpala and W. Satitviboon. 2005. Photosynthetic light response of dominant tree species in the Sakaerat dry evergreen and the Maeklong mixed deciduous forest, pp. 298-320. *In Proceedings of Conference on Climate change of Forest sector*. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok.
- Falge, E., D. Baldocchi, R. Olson, P. Anthoni and M. Aubinet. 2001. Gap filling strategies for defensible annual sums of net ecosystem exchange. **Agricultural and Forest Meteorology** 107: 43-69.
- FAO. 2010. **The World's Forests**. Available Source: <http://www.fao.org/forestry/fra/41256/en/>, August 6, 2015.
- Gamo, M. and S. Panuthai. 2005. CO₂ flux observation in the tropical seasonal forests in Thailand, pp. 194-211. *In Proceedings of Conference on Climate change of Forest sector*. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok.
- Goulden, M.L., S.D. Miller, H.R. da Rocha, M.C. Menton, H.C. de Freitas, A.M.eS. Figueira and C.A.D. de Sousa. 2004. Diel and seasonal patterns of tropical forest CO₂ exchange. **Ecological Applications** 14 (Supplement): S42-S54.
- Hirata, R., N. Saigusa, S. Yamamoto, Y. Ohtani, R. Ide, J. Asanuma, M. Gamo, T. Hirano, H. Kondo, Y. Kosugi, H. Li, Y. Nakai, K. Tagagi, M. Tani and H. Wang. 2008. Spatial distribution of carbon balance in forest ecosystems across East Asia. **Agricultural and Forest Meteorology** 148: 761-755.
- Hokkaido Research Center, FFPRI. 2012. **Practical Handbook of Tower Flux Observation**. Digital Print Co. Ltd., Sakurakawa.
- Lloyd, J. and J.A. Taylor. 1994. On the temperature dependence of soil respiration. **Functional Ecology** 8: 315-323.
- NOAA/ESRL. 2015. **Trends in Atmospheric Carbon Dioxide**. Available Source: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>, August 6, 2015.

- Papale, D., M. Reichstein, M. Aubinet, E. Canfora, C. Bernhofer, W. Kutsch, B. Longdoz, S. Rambal, R. Valentini and T. Vesala. 2006. Towards a standardized processing of net ecosystem exchange measured with eddy covariance technique: algorithms and uncertainty estimation. **Biogeosciences** 3: 571–583.
- Sanwangsri, M., P. Hanpattanakit and A. Chidthaisong. 2010. Characteristics of CO₂ exchange during cool-dry and hot-wet periods in a dry dipterocarp forest, pp. 232-247. *In Proceedings of Climate Thailand Conference National Risks and Opportunities in Global Climate Changes*. Thailand Greenhouse Gas Management Organization and Thailand Research Fund, Bangkok.
- Stull, R.B. 1988. **An Introduction to Boundary Layer Meteorology**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Viriyaware J. 2012. **Dynamic of Dry evergreen forest characteristics in Sakearat Environmental Research Station Pakthongchai District Nakhon Ratchasima Province**. Bachelor Research Project. Kasetsart University, Bangkok.

มวลชีวภาพเหนือดินและการกักเก็บคาร์บอนของไผ่หวานอ่างช้าง
ที่ปลูกในระดับความสูงแตกต่างกัน ในจังหวัดเชียงใหม่

Aboveground Biomass and Carbon Storage of *Dendrocalamus latiflorus*
Growing at Three Different Elevations in Chiang Mai Province

ปวีณธิดา นุ้ยเย็น^{1*} ลดาวัลย์ พวงจิตร¹ และ รุ่งเรือง พูลศิริ¹
Paveenathida Nuiyen^{1*} Ladawan Puangchit¹ and Roongreang Poolsiri¹

¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: fx.your@gmail.com

ABSTRACT

The present study aimed to compare the differences in the aboveground biomass and carbon storage of *Dendrocalamus latiflorus* planted at three different altitudes—the Royal Angkhang Agricultural Station (1,400 m msl), the Royal Pangda Agricultural Station (700 m msl), and the Maehea Bamboo Collection Plot (300 m msl). Eight bamboo culms were selected in each age class (1-5-year-old) as determined using the Krejcie and Morgan method and distributed in all diameter classes. Biomass allometric equations were constructed to estimate the aboveground biomass and to calculate the carbon content. The results for culms showed that the aboveground biomass and carbon storage of *D. latiflorus* differed significantly (ANOVA, P-value < 0.01) among the different altitudes. At an altitude of 700 m msl, the highest levels of aboveground biomass (22.82 ± 15.34 kg culm⁻¹) and carbon content (10.72 ± 7.21 kg culm⁻¹) were found. However, the biomass and carbon content were lower at the highest altitude (1,400 m msl) and the lowest altitude (300 m msl) with a mean aboveground biomass of 11.41 ± 8.48 and 8.74 ± 5.05 kg culm⁻¹, respectively, and a mean carbon content of 5.36 ± 3.99 and 4.11 ± 2.37 kg culm⁻¹, respectively. The total aboveground biomass and carbon storage of *D. latiflorus* differed significantly (ANOVA, P-value < 0.01) among the different altitudes. At an altitude of 1400 m msl, the highest level of aboveground biomass (42.04 t ha⁻¹) and carbon content (19.75 t ha⁻¹) were found. However, the biomass and carbon content were lower at the lowest altitude (300 m msl) and the highest altitude (700 m msl) with a mean aboveground biomass of 36.74 and 23.81 t ha⁻¹, respectively, and a mean carbon content of 17.27 and 11.19 t ha⁻¹, respectively. The ratios of culm and branch to leaf biomass were from 10.03 to 13.49 (at 1400 m msl), from 82.30 to 85.62 (at 700 m msl), and from 2.89 to 7.66 (at 300 m msl). These findings implied that altitude affects the aboveground biomass and carbon storage of *D. latiflorus*. The management and utilization

of *D. latiflorus*, would be optimized if each clump comprised three culms of every age class ranging from one year to five years.

Keywords: aboveground biomass, altitude, carbon storage, *Dendrocalamus latiflorus*

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของมวลชีวภาพเหนือดิน และการกักเก็บคาร์บอนของไผ่หวานอ่างช้างที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูงจากน้ำทะเลแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ สถานีเกษตรหลวงอ่างช้าง สถานีเกษตรหลวงปางดะ และแปลงรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ ซึ่งมีระดับความสูงจากน้ำทะเล เท่ากับ 1,400, 700 และ 300 เมตร ตามลำดับ ทำการสุ่มตัวอย่างกอไผ่หวานอ่างช้าง อายุ 1-5 ปี ทั้งพื้นที่ ตามขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม จากตารางสำเร็จรูปของ Krejcie and Morgan โดยสุ่มตัวอย่างลำไผ่ชั้นอายุละ 8 ลำ กระจายตามขนาดชั้นเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก สร้างสมการแอลโลเมตรีเพื่อหามวลชีวภาพเหนือดินและประเมินการกักเก็บคาร์บอน โดยใช้ค่าสัดส่วนคาร์บอนของ IPCC ผลการศึกษา พบว่า มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนต่อลำของไผ่หวานอ่างช้างทั้ง 3 พื้นที่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ANOVA, $p\text{-value} < 0.01$) โดยมีค่ามากที่สุดอยู่ที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ (700 เมตรจากระดับน้ำทะเล) รองลงมาคือ สถานีเกษตรหลวงอ่างช้าง (1,400 เมตรจากระดับน้ำทะเล) และน้อยสุดที่แปลงรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (300 เมตรจากระดับน้ำทะเล) โดยมีมวลชีวภาพเฉลี่ยเท่ากับ 22.82 ± 15.34 11.41 ± 8.48 และ 8.74 ± 5.05 กิโลกรัมต่อลำ ตามลำดับ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 10.72 ± 7.21 5.36 ± 3.99 และ 4.11 ± 2.37 กิโลกรัมต่อลำ ตามลำดับ และมีมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนต่อพื้นที่ของไผ่หวานอ่างช้างทั้ง 3 พื้นที่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ANOVA, $p\text{-value} < 0.01$) โดยมีค่ามากที่สุดอยู่ที่สถานีเกษตรหลวงอ่างช้าง รองลงมาคือ แปลงรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ และน้อยสุดที่สถานีหลวงปางดะ โดยมีมวลชีวภาพเท่ากับ 42.04 36.74 และ 23.81 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และการกักเก็บคาร์บอนต่อพื้นที่เท่ากับ 19.75, 17.27 และ 11.19 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วนสัดส่วนของมวลชีวภาพของลำ กิ่ง และใบ มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 82.30-85.62, 10.03-13.49 และ 2.89-7.66 ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ความสูงจากระดับน้ำทะเลมีผลต่อปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของไผ่หวานอ่างช้าง

คำสำคัญ: มวลชีวภาพเหนือดิน ระดับความสูงจากน้ำทะเล การกักเก็บคาร์บอน *Dendrocalamus latiflorus*

คำนำ

ในปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาใหญ่ที่หลายฝ่ายหาแนวทางแก้ไข แนวทางหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจอย่างมาก คือ การดึงเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศมาสร้างเป็นอาหารแล้วสะสมไว้ในรูปของเนื้อไม้ จึงมีการอนุรักษ์หรือปลูกสร้างป่าไม้เพิ่มขึ้น การศึกษาส่วนใหญ่มุ่งไปที่ต้นไม้เนื่องจากการสะสมเนื้อไม้ การศึกษาศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในไผ่ยังมีน้อยมาก (Gifford, 2000) แม้ว่าไผ่จะเป็นพืชตระกูลหญ้า แต่ก็มี การเติบโตเร็ว มีการสะสมเนื้อไม้ และมีอายุหลายปี จึงมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนไม่แตกต่างกับต้นไม้และได้รับการยอมรับในกลไกคาร์บอนเครดิตให้ไผ่มีศักยภาพ

เช่นเดียวกับต้นไม้ (ลดาวัลย์ และ กิตติศักดิ์, 2559) ไม้มีรูปแบบการเติบโตที่แตกต่างจากต้นไม้ โดยลำไผ่ปกติจะมีขนาดโตเต็มที่ภายในหนึ่งฤดูกาล นอกจากนั้นไผ่ยังเป็นพืชเอนกประสงค์ที่เหมาะสมสำหรับชุมชนท้องถิ่นเนื่องจากไผ่ให้ประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ไม่ว่าจะเป็นแหล่งอาหาร ใช้ในการก่อสร้าง เป็นแนวกันลม และป้องกันการกร่อนของดิน

ในปี พ.ศ. 2529 มูลนิธิโครงการหลวง ได้นำไผ่หลายชนิดจากไต้หวันเข้ามาปลูก เพื่อเป็นไม้ใช้สอยในสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ (ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1,400 เมตร) ซึ่งพื้นที่สูงและอากาศค่อนข้างเย็นคล้ายกับอุณหภูมิในไต้หวัน ไผ่ชนิดหนึ่งที่นำเข้ามาปลูกคือ ไผ่หวานอ่างขาง หลังจากการปลูกไผ่หวานอ่างขางที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (ระยะปลูก 5×5 เมตร) แล้วพบว่ามีการเติบโตได้ดี มูลนิธิโครงการหลวงจึงได้ทดลองนำไปปลูกอีก 2 พื้นที่ ได้แก่ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (ระยะปลูก 8×8 เมตร) อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ (ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 700 เมตร) ในปี พ.ศ. 2535 และแปลงรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (ระยะปลูก 5×5 เมตร) มูลนิธิโครงการหลวง อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ (ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 300 เมตร) ในปี พ.ศ. 2540 ซึ่งแต่ละพื้นที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลแตกต่างกัน

อิทธิพงศ์ (2557) ได้ทำการศึกษาการเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของไผ่หวานอ่างขาง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ซึ่งเป็นการปลูกแบบสวนไผ่เชิงเดี่ยว แม้ว่ามีต้นไม้อื่นปะปนอยู่บ้าง พบว่า ไผ่หวานอ่างขางมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกระหว่าง 7.13-8.74 เซนติเมตร ความสูงระหว่าง 10.07-15.13 เมตร สัดส่วนลำ กิ่ง และใบ เท่ากับร้อยละ 85.59 9.91 และ 4.50 ตามลำดับ และมวลชีวภาพเหนือดินเท่ากับ 20.81 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งน้อยกว่ามวลชีวภาพเหนือดินของไผ่ *Bambusa cacharensis* ที่มีค่าเท่ากับ 104.08 ตันต่อเฮกตาร์ แต่มากกว่าไผ่ *B. Balcooa* เท่ากับ 5.21 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ทำการศึกษาป่าไผ่ชุมชน และชุมชนมีการนำไผ่ไปใช้ประโยชน์ ในประเทศอินเดีย (Nath *et al.*, 2009) และน้อยกว่าไผ่ชนิด *(Phyllostachys pubescens)* ซึ่งเป็นสวนไผ่ที่ปลูกในช่วงปี ค.ศ.1603-1867 (ยุคเอะโดะ) ในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 125.9 ตันต่อเฮกตาร์ (Isagi *et al.*, 1997) ขณะที่ Embaye *et al.* (2005) ได้ศึกษามวลชีวภาพของไผ่ *Yushania alpina* ในป่าธรรมชาติของประเทศเอธิโอเปีย เท่ากับ 110 ตันต่อเฮกตาร์ และมีสัดส่วนของลำ กิ่ง และใบ เท่ากับ 82 13 และ 5 ตามลำดับ นอกจากนั้นยังมีรายงานของ Lin *et al.* (2011) ซึ่งได้ศึกษาไผ่ท้องถิ่นของไต้หวันจำนวน 4 ชนิด หนึ่งในนั้น คือ ไผ่หวานอ่างขาง โดยมีพื้นที่ศึกษา 3 พื้นที่ โดยมีระดับความสูงระหว่าง 249-648 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีมวลชีวภาพเฉลี่ยเท่ากับ 15.65 กิโลกรัมต่อลำ จากการศึกษาของ Teng *et al.* (2016) ในป่าไผ่ธรรมชาติในประเทศจีน และไต้หวัน พบว่า ไผ่หวานอ่างขางมีมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 16.68 และ 7.83 ตันต่อเฮกตาร์

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของมวลชีวภาพเหนือดิน และการกักเก็บคาร์บอนของไผ่หวานอ่างขางที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูงจากน้ำทะเลแตกต่างกัน เปรียบเทียบผลผลิตมวลชีวภาพเหนือดิน และการกักเก็บคาร์บอนของไผ่หวานอ่างขาง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการสวนไผ่ ให้มีประสิทธิภาพเพื่อการกักเก็บคาร์บอนและบรรเทาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม

1.1 สุ่มตัวอย่างกอไผ่หวานอย่างขาง ตามขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมจากตารางสำเร็จรูปของ Krejcie and Morgan (Krejcie and Morgan, 1970) ทำการสุ่มตัวอย่างกอไผ่ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง สถานีเกษตรหลวงปางตะ และแปลงรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ ทั้งหมด 74, 136 และ 126 กอ ตามลำดับ และวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของลำไผ่อายุ 1-5 ปี ในกอที่สุ่มทั้งหมด

1.2 ทำการคัดเลือกลำที่มีอายุแตกต่างกันตั้งแต่ 1 ปีเป็นต้นไปจนถึง 5 ปี ขึ้นอายุละ 8 ลำโดยให้มีการกระจายของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

1.3 ตัดลำไผ่ที่ระดับขีดดิน บันทึกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดิน (D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำท่อนโคน กลาง และปลายความสูง และความหนาของลำเพียงอก ความหนาลำท่อนโคน กลาง และปลาย บันทึกน้ำหนักสดของลำ กิ่ง และใบ จากนั้นทำการสุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละส่วนของไผ่ใส่ในถุงพลาสติกที่เตรียมไว้ โดยแยกเป็นตัวอย่างของแต่ละลำแล้วบันทึกน้ำหนักสดของตัวอย่าง

1.4 นำตัวอย่างทั้งหมดมาอบเพื่อหาน้ำหนักแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักคงที่ที่ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บันทึกน้ำหนักแห้งของตัวอย่างเพื่อนำไปคำนวณหาผลชีวิภาพ

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 คำนวณหาร้อยละความชื้นจากสูตรดังนี้

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100$$

2.2 คำนวณหาน้ำหนักแห้งหรือผลชีวิภาพของลำ กิ่ง และใบจากสูตรดังนี้

$$\text{น้ำหนักแห้ง} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสด}}{\text{ร้อยละความชื้น} + 100}$$

2.3 สร้างสมการแอลโลเมตริก (allometric equation) ของไผ่หวานอย่างขางทั้ง 3 พื้นที่ ในแต่ละชั้นอายุ ตามรูปสมการยกกำลัง (power equation) ดังนี้

$$Y = a(X)^b$$

$$\text{หรือ } \log Y = \log a + b \log X$$

โดย Y = ผลชีวิภาพเหนือดิน

X = พารามิเตอร์ (D_0 , DBH, D_0^2H , DBH^2H)

a, b = ค่าคงที่

2.4 นำสมการที่เหมาะสมมาคำนวณผลผลิตมวลชีวภาพตามระยะการปลูกของแต่ละพื้นที่ (แปลงรวมพันธุ์ไม้แม่เหียะ และสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง มีระยะปลูก 5×5 เมตร ส่วนสถานีเกษตรหลวงปางดะมีระยะปลูก 8×8 เมตร)

2.5 ประเมินการกักเก็บของคาร์บอนในลำไม้ จากสูตรด้วยค่าสัดส่วนโดยใช้ค่าสัดส่วนคาร์บอนไม้ของ IPCC (2006) คือ ร้อยละ 47 ของน้ำหนักแห้ง

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของมวลชีวภาพไม้หวานอ่างขางในส่วนต่างๆ และความแตกต่างของแต่ละพื้นที่ ตามวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

ผลและวิจารณ์

1. ลักษณะขนาดลำไม้

จากการสุ่มตัวอย่างลำไม้หวานอ่างขาง พื้นที่ละ 8 ลำ โดยให้มีการกระจายของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำเพียงอก พบว่า ไม้หวานอ่างขาง ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ใหญ่กว่าสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และแปลงรวมพันธุ์ไม้แม่เหียะ ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.01$) สอดคล้องกับการศึกษาของ ลดาวัลย์ และคณะ (2548) ที่พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้หวานอ่างขางที่แปลงรวมพันธุ์ไม้แม่เหียะ มีขนาดน้อยกว่าไม้หวานอ่างขางที่สถานีเกษตรหลวงปางดะในอายุเดียวกัน ทางด้านความสูงของไม้ พบว่า ลำไม้หวานอ่างขางสูงสุด อยู่ในสถานีเกษตรหลวงปางดะ รองลงมาคือ แปลงรวมพันธุ์ไม้แม่เหียะ และสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ตามลำดับ เท่ากับ 15.45 ± 5.44 , 12.23 ± 3.24 และ 11.87 ± 3.96 เมตร ตามลำดับ (Table 1) ความสูงของลำไม้ ที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และแปลงรวมพันธุ์ไม้แม่เหียะ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ถือได้ว่ามีขนาดทางความสูงในระดับเดียวกัน

ทางด้านระยะปลูกในแต่ละพื้นที่แทบจะไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตในสวนไม้ เพราะระยะปลูกทั้งสอง (5×5 และ 8×8 เมตร) กอไม้ต่างได้รับแสงอย่างพอเพียง และปริมาณผลผลิตขึ้นอยู่กับการจัดการกอไม้มากกว่าระยะปลูก

ความหนาลำเพียงอกของลำไม้หวานอ่างขางทั้ง 5 ขึ้นอายุ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด (Table 1) รองลงมาคือ แปลงรวมพันธุ์ไม้แม่เหียะ และสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ตามลำดับ เท่ากับ 15.85 ± 5.99 , 14.11 ± 3.85 และ 11.83 ± 3.49 มิลลิเมตร ตามลำดับ และการศึกษาในด้านความหนาของลำไม้หวานอ่างขางตลอดลำ พบว่า ความหนาลำมีแนวโน้มลดลงตามความสูงของลำไม้

จากการสุ่มตัวอย่างกอไม้ทั้งพื้นที่ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง สถานีเกษตรหลวงปางดะ และแปลงรวมพันธุ์ไม้แม่เหียะ จำนวน 74, 136 และ 126 กอ ตามลำดับ พบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5.93-8.16 เซนติเมตร (Table 2) โดยที่มีค่าเฉลี่ยมากสุดอยู่ในสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง

Table 1 Diameter at breast height (DBH), Height and Thickness of Sample (8 culm/age class) 1-5 3000ars old *D. latiflorus* at Maehea Bamboo Collection Plot (m msl), Royal Pangda Agricultural Station (700 m msl) and Royal Angkhang Agricultural Station (1,400 m msl).

Locations/ Age class		Maehea Bamboo Collection Plot ¹			Royal Pangda Agricultural Station ²			Royal Angkhang Agricultural Station ¹		
		DBH (cm)	H(m)	TN (mm)	DBH (cm)	H(m)	TN (mm)	DBH (cm)	H(m)	TN (mm)
1		6.13±1.99	12.79±3.20	13.74±3.42	10.35±3.23	17.29±6.14	15.01±6.74	8.36±3.57	13.36±4.93	12.09±4.76
2		6.29±2.36	12.55±4.39	13.54±5.38	10.07±3.41	15.12±7.07	17.83±6.76	8.15±3.02	12.28±3.71	11.59±2.46
3		5.85±2.29	11.39±3.15	13.00±4.02	9.76±3.07	15.50±6.35	15.13±4.83	7.99±2.80	11.29±3.66	11.39±3.68
4		6.65±1.38	13.09±3.52	15.01±3.16	10.06±3.16	15.57±4.12	14.93±4.91	8.35±2.54	12.24±4.14	12.45±4.02
5		6.81±1.52	11.35±1.94	15.27±3.63	9.64±2.95	13.79±3.60	16.37±7.36	7.43±2.36	10.19±3.56	11.63±2.95
Average		6.34±1.88	12.23±3.24	14.11±3.85	9.98±3.01	15.45±5.44	15.85±5.99	8.05±2.76	11.87±3.96	11.83±3.49
F-value		0.317 ^{ns}	0.476 ^{ns}	0.483 ^{ns}	0.063 ^{ns}	0.398 ^{ns}	0.325 ^{ns}	0.140 ^{ns}	0.702 ^{ns}	0.110 ^{ns}

Remarks DBH =Diameter at breast height

H =Height

TN =Thickness

ns=Non-significant difference (p>0.05)

¹ Spacing 5x5 m

² Spacing 8x8 m

Table 2 Diameter at breast height (DBH) of 1-5 years old *D. latiflorus* at Maehea Bamboo Collection Plot (300 m msl), Royal Pangda Agricultural Station (700 m msl) and Royal Angkhang Agricultural Station (1,400 m msl).

Locations/ Age Class	Average Diameter at breast height (cm)		
	Maehea Bamboo Collection Plot ¹	Royal Pangda Agricultural Station ²	Royal Angkhang Agricultural Station ¹
1	6.09±1.64 ^b	7.78±2.40 ^c	8.13±2.73 ^b
2	5.59±1.45 ^a	6.55±2.18 ^a	8.31±2.16 ^b
3	6.07±1.41 ^b	7.18±2.31 ^b	8.42±1.93 ^b
4	6.46±1.16 ^{bc}	8.74±2.33 ^d	8.21±1.67 ^b
5	6.63±1.27 ^c	8.92±2.36 ^d	7.34±1.85 ^a
Average	5.93±1.51	7.47±2.43	8.16±2.18
F-value	16.30 ^{**}	44.06 ^{**}	3.89 ^{**}

Remarks Means followed by the same letters are not significant difference by Duncan's new multiple range test at $p>0.05$

^{**} = High significant difference ($p<0.01$)

¹ Spacing 5×5 m

² Spacing 8×8 m

2. มวลชีวภาพ

จากการทดสอบความสัมพันธ์ของสมการแอลโลเมตริกแบบยกกำลัง โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) เป็นตัวแปร มีความสัมพันธ์กับปริมาณมวลชีวภาพอย่างมาก (Table 3) และเป็นตัวแปรที่ทำการศึกษได้อย่างสะดวก ผลการศึกษามวลชีวภาพเหนือดินของไผ่หวานอ่างช้างทั้ง 3 พื้นที่ พบว่า มวลชีวภาพของไผ่หวานอ่างช้างเฉลี่ยต่อลำ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ มีปริมาณมากกว่าสถานีเกษตรหลวงอ่างช้าง และแปลงรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ เท่ากับ 22.82 ± 15.34 , 11.41 ± 8.48 และ 8.74 ± 5.05 กิโลกรัมต่อลำ (Table 4) ตามลำดับ ซึ่งไผ่หวานอ่างช้าง ณ สถานีเกษตรปางดะ มีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพต่อลำ มากกว่าการศึกษาของ Lin *et al.* (2011) ในไผ่หวานอ่างช้างที่ไต้หวัน (ระดับความสูง 249-639 เมตรจากระดับน้ำทะเล) แต่ไผ่หวานอ่างช้างที่ไต้หวันมีมวลชีวภาพต่อลำมากกว่าไผ่หวานอ่างช้างที่แปลงรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ เนื่องจากมวลชีวภาพของไผ่หวานอ่างช้างที่ไต้หวันเป็นค่าเฉลี่ยของ 3 พื้นที่ที่อยู่ระดับความสูงแตกต่างกัน ส่วนการศึกษามวลชีวภาพต่อพื้นที่ พบว่า ไผ่หวานอ่างช้าง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างช้าง มีค่ามากกว่าแปลงรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะร้อยละ 12.61 ที่ระยะการปลูกเท่ากัน นั่นคือ 5×5 เมตร เนื่องจากไผ่อายุมากมีจำนวนมากกว่าแปลงรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ และแปลงรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะมีการนำไผ่อายุมาก (4-5 ปี) ไปใช้ประโยชน์ก่อนได้ทำการศึกษาวงศ์มานาน จึงทำให้มีไผ่อายุมากจำนวนน้อย ซึ่งไผ่ที่มีอายุมากจะมีปริมาณความชื้นลดน้อยลง (ลดว็ลล์ และคณะ, 2548)

Table 3 Equations relationship among D0, DBH, D0²H and DBH²H with aboveground biomass of 1-5 years old *D. latiflorus* at Maehea bamboc collection plot (300 m msl), Royal Pangda Agricultural Station (700 m msl) and Royal Angkhang Agricultural Station (1,400 m msl).

Locations	Ages class	X = D ₀	R ²	X = DBH	R ²	X = D ₀ ² H	R ²	X = DBH ² H	R ²
Maehea Bamboo Collection Plot	1	$y = 0.0533x^{2.3484}$	0.9448	$y = 0.1129x^{2.2350}$	0.9860	$y = 0.0238x^{0.8436}$	0.9348	$y = 0.0419x^{0.8157}$	0.9673
	2	$y = 0.0086x^{3.2507}$	0.8800	$y = 0.0420x^{2.7634}$	0.9241	$y = 0.0061x^{1.0569}$	0.9197	$y = 0.0199x^{0.9391}$	0.9368
	3	$y = 0.0163x^{2.9783}$	0.9569	$y = 0.1367x^{2.2362}$	0.9744	$y = 0.0092x^{1.0183}$	0.9514	$y = 0.0495x^{0.8305}$	0.9659
	4	$y = 0.0817x^{2.2620}$	0.9257	$y = 0.1512x^{2.1530}$	0.9558	$y = 0.0366x^{0.8224}$	0.8477	$y = 0.0582x^{0.7962}$	0.8760
	5	$y = 0.1422x^{2.0110}$	0.8778	$y = 0.2379x^{1.9424}$	0.9543	$y = 0.0494x^{0.7973}$	0.9500	$y = 0.0835x^{0.7618}$	0.9911
Royal Pangda Agricultural Station	1	$y = 0.0266x^{2.4662}$	0.8916	$y = 0.0357x^{2.5553}$	0.9656	$y = 0.0245x^{0.8013}$	0.9123	$y = 0.0301x^{0.8172}$	0.9571
	2	$y = 0.1655x^{2.0087}$	0.8957	$y = 0.2484x^{1.9649}$	0.9039	$y = 0.2439x^{0.6002}$	0.7112	$y = 0.2826x^{0.6053}$	0.7343
	3	$y = 0.2842x^{1.8539}$	0.9560	$y = 0.2931x^{1.9432}$	0.9861	$y = 0.2998x^{0.5853}$	0.9747	$y = 0.3501x^{0.5839}$	0.9627
	4	$y = 2.5287x^{0.9016}$	0.3565	$y = 0.1253x^{2.2371}$	0.8959	$y = 0.5768x^{0.4856}$	0.5393	$y = 1.0554x^{0.9984}$	0.5848
	5	$y = 0.4586x^{1.5284}$	0.6936	$y = 0.4693x^{1.6248}$	0.7796	$y = 0.2748x^{0.5649}$	0.7905	$y = 0.2946x^{0.5799}$	0.8418
Royal Angkhang Agricultural Station	1	$y = 0.0554x^{2.2264}$	0.9955	$y = 0.0479x^{2.4128}$	0.9885	$y = 0.0236x^{0.8243}$	0.9804	$y = 0.0209x^{0.8686}$	0.9681
	2	$y = 0.0832x^{2.0754}$	0.8872	$y = 0.1992x^{1.7573}$	0.8724	$y = 0.0620x^{0.7024}$	0.8936	$y = 0.1191x^{0.6259}$	0.8825
	3	$y = 0.0677x^{2.2810}$	0.8854	$y = 0.0624x^{2.3575}$	0.9566	$y = 0.0677x^{2.2810}$	0.8854	$y = 0.0503x^{0.8041}$	0.9708
	4	$y = 0.2513x^{1.7527}$	0.8638	$y = 0.1905x^{2.0065}$	0.9164	$y = 0.1978x^{0.5992}$	0.8319	$y = 0.1479x^{0.6690}$	0.8805
	5	$y = 0.0495x^{2.4591}$	0.9128	$y = 0.0704x^{2.4438}$	0.8811	$y = 0.0492x^{0.7985}$	0.9179	$y = 0.0617x^{0.7957}$	0.8977

Table 4 Aboveground biomass and carbon storage of 1-5 years old *D. latiflorus* at Maehea bamboo collection plot (300 m msl), Royal Pangda Agricultural Station (700 m msl) and Royal Angkhang Agricultural Station (1,400 m msl).

Locations	Ages class	Biomass (kg culm ⁻¹)	Carbon storage (kg culm ⁻¹)	Biomass (ton ha ⁻¹)	Carbon storage (ton ha ⁻¹)
Maehea Bamboo Collection Plot	1	7.38±5.14	3.47±2.42	12.23 ^b	5.75 ^b
	2	8.29±5.66	3.90±2.66	12.08 ^a	5.68 ^a
	3	8.40±6.64	3.95±3.12	8.40 ^c	3.95 ^c
	4	9.29±3.53	4.37±1.66	2.92 ^c	1.37 ^{cd}
	5	10.32±4.62	4.85±2.17	1.11 ^d	0.52 ^d
Average/Sum		8.74±5.05	4.11±2.37	36.74	17.27
F-value		0.36 ^{ns}		37.07 ^{**}	
Royal Pangda Agricultural Station	1	16.51±11.62	7.76±5.46	8.54 ^a	4.01 ^a
	2	26.02±16.52	12.23±12.23	6.65 ^b	3.13 ^b
	3	26.07±16.38	12.25±7.70	4.26 ^c	2.00 ^c
	4	25.64±21.21	12.05±9.97	2.66 ^d	1.25 ^d
	5	19.86±9.86	9.34±4.63	1.70 ^d	0.80 ^d
Average/Sum		22.82±15.34	10.72±7.21	23.81	11.19
F-value		0.63 ^{ns}		95.40 ^{**}	
Royal Angkhang Agricultural Station	1	10.01±7.96	4.70±3.74	8.06 ^a	3.79 ^a
	2	9.01±6.92	4.23±3.25	11.96 ^a	5.62 ^a
	3	12.00±9.80	5.64±4.61	8.35 ^c	3.92 ^c
	4	15.07±10.83	7.08±5.09	8.86 ^d	4.16 ^d
	5	10.99±7.18	5.16±3.37	4.81 ^b	2.26 ^b
Average/Sum		11.41±8.48	5.36±3.99	42.04	19.75
F-value		0.58 ^{ns}		24.72 ^{**}	

Remark Means followed by the same letters are not significant difference by Duncan's new multiple range test at $p>0.05$

ns = Non-significant difference ($p>0.05$)

* = Significant difference ($p<0.05$)

** = High significant difference ($p<0.01$)

จากการศึกษาของ อิทธิพงศ์ (2557) พบว่า ไม้หวานอ่างช้าง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างช้าง มีมวลชีวภาพเท่ากับ 20.81 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งมีปริมาณต่างจากการศึกษาครั้งนี้ที่มีมวลชีวภาพเท่ากับ 42.04 ตันต่อเฮกตาร์ เนื่องจากช่วงเวลาที่การศึกษาแตกต่างกัน จึงมีการใช้ประโยชน์ที่ต่างกัน และไม้เกิดที่หลังมักมีขนาดใหญ่กว่าไม้เกิดก่อน (Were, 1988) ทำให้การศึกษานี้มีมวลชีวภาพมากกว่า ส่วนสถานีเกษตรหลวงปางดะมีระยะปลูก 8x8 เมตร และได้มีการนำไม้ขนาดใหญ่อายุมากไปใช้ประโยชน์ก่อนทำการศึกษาไม่นานเช่นกัน ทำให้ปริมาณมวลชีวภาพมีปริมาณน้อยกว่าพื้นที่อื่น แต่ในทางกลับกันไม้หวานอ่างช้าง ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะมีขนาดลำใหญ่กว่าพื้นที่อื่น โดยเฉพาะมีขนาดลำใหญ่กว่าแปลงรวมพันธุ์ไม้แม่เหียะอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ลดาวัลย์ และคณะ (2548) ที่พบว่า ไม้หวานอ่างช้างอายุเดียวกันของสถานีเกษตรหลวงปางดะมีมวลชีวภาพมากกว่าไม้หวานอ่างช้าง ณ แปลงรวมพันธุ์ไม้แม่เหียะ

3. สัดส่วนมวลชีวภาพของลำ กิ่ง ใบ ของไม้หวานอ่างช้าง

สัดส่วนมวลชีวภาพของลำมากที่สุด ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างช้าง (Figure 1) ซึ่งมีสัดส่วนมวลชีวภาพของลำ กิ่ง และใบ เท่ากับร้อยละ 85.62 10.60 และ 3.78 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อิทธิพงศ์ (2557) ที่พบว่า ไม้หวานอ่างช้าง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างช้างมีสัดส่วนเท่ากับร้อยละ 85.59, 9.91 และ 4.50 ตามลำดับ รองลงมาคือ แปลงรวมพันธุ์ไม้แม่เหียะ มีสัดส่วนร้อยละ 83.64, 13.40 และ 2.96 ตามลำดับ ส่วนสถานีเกษตรหลวงปางดะมีสัดส่วนร้อยละของลำน้อยสุด ซึ่งมีสัดส่วนร้อยละ 82.30, 10.03 และ 7.66 ตามลำดับ สัดส่วนของมวลชีวภาพส่งผลต่อปริมาณการกักเก็บคาร์บอน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lin *et al.* (2011) ที่พบว่า ร้อยละการกักเก็บคาร์บอนในไม้หวานอ่างช้างที่ได้หั่นอยู่ในส่วนของลำมากกว่าส่วนของกิ่ง และใบ

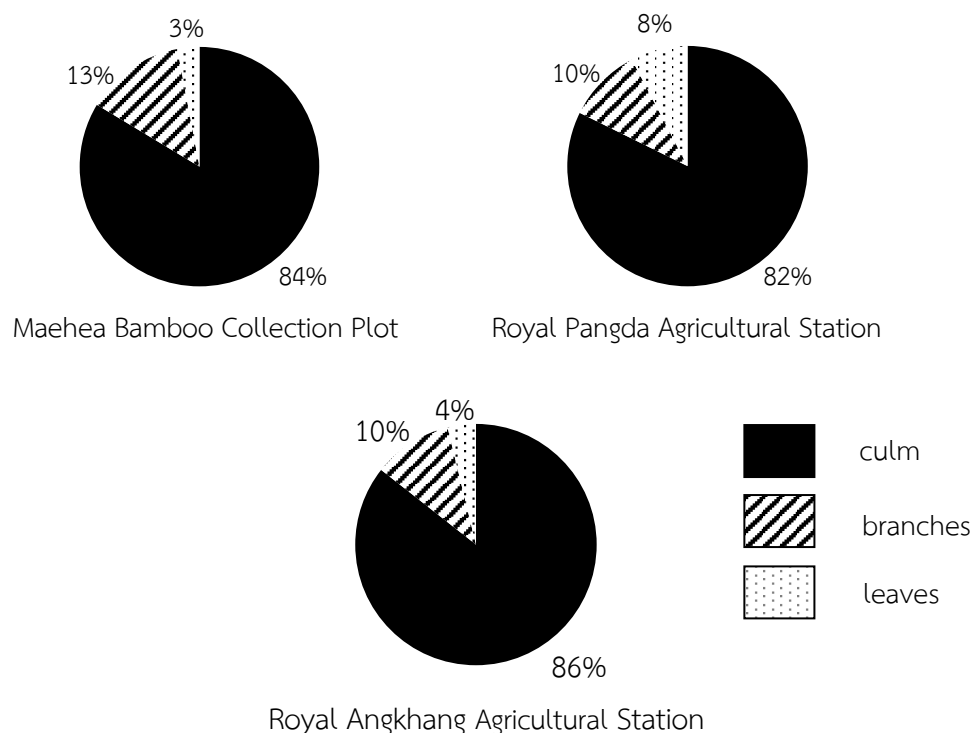


Figure 1 Distribution aboveground biomass of *D. latiflorus* at Maehea Bamboo Collection Plot (300 m msl), Royal Pangda Agricultural Station (700 m msl) and Royal Angkhang Agricultural Station (1,400 m msl).

4. การกักเก็บคาร์บอน

จากการศึกษาการกักเก็บคาร์บอน โดยใช้ค่าสัดส่วนคาร์บอนไม้ของ IPCC (2006) มีค่าร้อยละ 47 ของมวลชีวภาพ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Lin *et al.* (2011) ที่ทำการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในไม้หวานอ่าขางในไต้หวันที่มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 45-47 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับส่วนของไม้ อาทิในส่วนโคนลำจะมีสัดส่วนคาร์บอนมากกว่าส่วนปลาย และส่วนลำมีสัดส่วนมากกว่ากิ่งหรือใบ การศึกษาในครั้งนี้ พบว่า การกักเก็บคาร์บอนมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกับปริมาณมวลชีวภาพในส่วนไม้หวานอ่าขางพื้นที่ต่างๆ

การศึกษากักเก็บคาร์บอนของไม้หวานอ่าขาง ดังแสดงใน Table 4 (Figure 2) พบว่า ไม้หวานอ่าขาง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขางมีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด เท่ากับ 19.75 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งมากกว่าการศึกษาของ Teng *et al.* (2016) พบว่า ไม้หวานอ่าขางมีการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 7.83 ตันต่อเฮกตาร์ เนื่องจากสวนป่าไม้ธรรมชาติ มีไม้ชนิดอื่นขึ้นอยู่ปะปนในพื้นที่จึงทำให้การประมาณการกักเก็บคาร์บอนต่อพื้นที่ลดน้อยลง จากการศึกษาของ Yen *et al.* (2010) ในไม้ Moso (*Phyllostachys heterocycla*) ที่ไต้หวัน พบว่า มีการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 49.81 ตันต่อเฮกตาร์ ที่มีรูปแบบการปลูกเป็นสวนไม้ จึงมีการจัดการดูแล และเป็นไม้ลำเดี่ยวซึ่งมีการเติบโตได้ทั่วทั้งพื้นที่ ส่งผลให้มีปริมาณมวลชีวภาพมีค่ามากกว่าการกักเก็บคาร์บอนของไม้หวานอ่าขาง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง

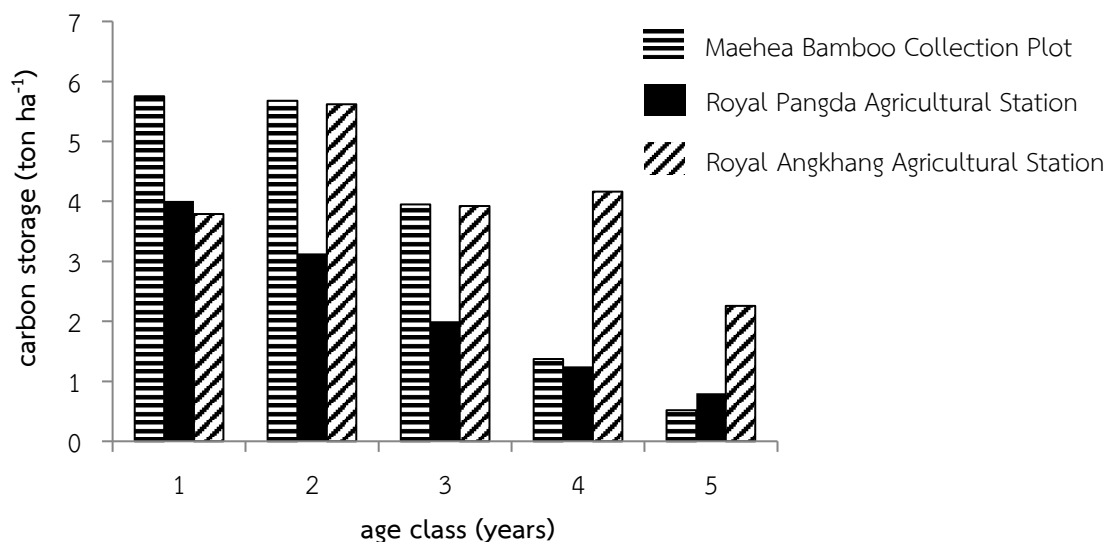


Figure 2 Shows carbon storage of 1-5 years old *D. latiflorus* at Maehea Bamboo Collection Plot (300 m msl), Royal Pangda Agricultural Station (700 m msl) and Royal Angkhang Agricultural Station (1,400 m msl).

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ความสูงจากระดับน้ำทะเลมีผลต่อปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของไม้หวานอ่าขาง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lin *et al.* (2011) ที่พบว่า ความสูงจากระดับน้ำทะเล มีผลต่อปริมาณผลผลิตของไม้หวานอ่าขางในไต้หวัน

สรุปและข้อเสนอแนะ

1. ตัวแปรที่เหมาะสมในสมการแอลโลเมตรีรูปแบบยกกำลัง ที่ใช้ประเมินมวลชีวภาพของไผ่หวานอย่างางที่มีความสัมพันธ์ดีที่สุดที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH)
2. ไผ่หวานอย่างาง ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ มีขนาดลำไผ่ใหญ่สุด ใน 3 พื้นที่ ที่มีมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนต่อลำมากที่สุด เท่ากับ 26.07 และ 12.25 กิโลกรัมต่อลำ ตามลำดับ
3. สถานีเกษตรหลวงอย่างาง มีการผลิตมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของไผ่หวานอย่างางต่อพื้นที่มากที่สุด เท่ากับ 42.04 และ 19.75 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ
4. ไผ่หวานอย่างางมีการเติบโตดีด้านขนาดลำไผ่ที่ระดับความสูง 700 เมตรจากระดับน้ำทะเลขึ้นไป แต่มีการเติบโตไม่ดีด้านขนาดลำไผ่ที่ระดับความสูง 300 เมตรจากระดับน้ำทะเล ดังนั้นความสูงจากระดับน้ำทะเลมีผลต่อปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของไผ่หวานอย่างาง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิโครงการหลวงที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการวิจัย สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน) ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย และเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวงทุกท่านที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ลดาวลัย พวงจิตร และ กิตติศักดิ์ จินดาวงศ์. 2559. ร่างรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนของสวนไผ่. สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน), กรุงเทพฯ.
- _____, บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์, วาทีนี ทองเชตุ, สุธีรา พักตร์วิไล, สมาน ณ ลำปาง, กิตติศักดิ์ จินดาวงศ์, ธนศักดิ์ ประทุม และ ชลิตา ศรีสัตตดา. 2548. นิเวศสรีรวิทยาเพื่อการจัดการดินและน้ำของสวนไผ่บนที่สูง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มูลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่.
- อิทธิพงศ์ วรรณลังกา. 2557. มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และปริมาณสารอาหารในสวนไผ่ที่มีอายุต่างกัน ณ สถานีเกษตรหลวงอย่างาง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Embaye, K., M. Weih, S. Ledin and L. Christersson. 2005. Biomass and nutrient distribution in highland bamboo forest in southwest Ethiopia: implications for management. *For. Ecol. Manage.* 204: 159-169.
- Gifford, R.M. 2000. Carbon contents of above-ground tissues of forest and woodland trees: National carbon accounting system. *Technical Report No.22*. Australian Greenhouse Office, Canberra.
- IPCC. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. International Panel on Climate Change. IGES, Japan.
- Isagi, Y., T. Kawahara, K. Kamo and H. Ito. 1997. Net production and carbon cycling in a bamboo *Phyllostachys pubescens* stand. *Plant Ecol.* 130: 41-52.

- Krejcie, V.R. and D.W. Morgan. 1970. Determining sample size for research activities. **Education and psychological measurement** 30: 607-610.
- Lin, Y., C. Wang and S. Wu. 2011. Analyzing carbon conversion factors of four species of Taiwanese bamboo. **Taiwan J. For. Sci.** 26: 341-355.
- Nath, A.J., G. Das and A.K. Das. 2009. Above ground standing biomass and carbon storage in village bamboos in North East India. **Biomass Bioenergy** 33: 1188-1196.
- Teng, J., T. xiang, Z. Huang, J. Wu, P. Jiang, C. Meng, Y. Li and J.J. Fuhrmann. 2016. Spatial distribution and variability of carbon storage in different sympodial bamboo species in China. **J. Environ. Manage.** 168: 46-52.
- Were, J.M. 1988. *Arundinaria alpine* in Kenya, pp. 32-33. In I.V.R. Rao, R. Gnanaharan and C.B. Sastry, eds. **Proceedings of the International Bamboo Workshop held in Cochin.** 14-18 November 1988. Bamboo Current Research, India.
- Yen, T.M., Y.J. Ji and J.S. Lee. 2010. Estimating biomass production and carbon storage for a fast-growing makino bamboo (*Phyllostachys makinoi*) plant based on the diameter distribution model. **For. Ecol. Manage.** 260: 339-344.

การประมาณมวลชีวภาพและปริมาณการเก็บกักคาร์บอนเหนือพื้นดิน
ของไม้กระถินณรงค์ อายุ 6 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานี

Evaluation of Aboveground Biomass and Carbon Storage of 6 year-old
Acacia auriculiformis Cunn. at Surat Thani Silvicultural Research Station

อดิสร คงคิด^{1*} และ วรัญญ ราชฤทธิ์เจริญ¹
Adisorn Kongkid^{1*} and Waranyu Ratcharoen¹

¹ สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานี อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000

¹ Surat Thani Silvicultural Research Station, Mueang District, Surat Thani Province 84000

* Corresponding author; E-mail address: kongkid89@gmail.com

ABSTRACT

The evaluation of aboveground biomass and carbon storage of 6-year-old *Acacia auriculiformis* Cunn. (Aa) at Surat Thani Silvicultural Research Station was held in the progeny trial of 2nd generation Aa. plantation in Surat thani in order to investigate the volume and aboveground biomass equations, and to analyze the amount of carbon and nutrients in the aboveground biomass. The DBH and H were measured. The diameter class was made and representative trees were cut, measured all dimensions and dried in an oven in order to find the biomass of the stem, branch and leaf of Aa. The samples of each part were collected and analyzed the amount of carbon and nutrients. The volume equations of stem, branch and leaf, and biomass evaluation of 6-year-old 2nd generation Aa plantation were calculated.

The results revealed that the Aa plantation had 103 trees rai^{-1} density with an average height of 16.42 m and DBH 16.27 cm. The over and under bark volume were 0.0364 and 0.0331 $\text{m}^3 \text{ tree}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, or 0.2276 and 0.2072 $\text{m}^3 \text{ tree}^{-1} \text{ yr}^{-1} \text{ ha}^{-1}$. The biomass of stem, branch, leaf and total aboveground biomass were 21.93, 3.86, 1.29 and 27.08 $\text{kg tree}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, respectively. The total aboveground biomass, carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium of Aa were 16,731.0, 8,024.0, 43.9, 3.2, 32.4, 756.7 and 86.8 kg rai^{-1} , respectively.

Keywords: aboveground biomass, carbon storage, *Acacia auriculiformis* cunn., Surat Thani

บทคัดย่อ

การประมาณมวลชีวภาพและปริมาณการเก็บกักคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้กระถินณรงค์ อายุ 6 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานี ได้ดำเนินการศึกษาในแปลงทดสอบสายพันธุ์ไม้กระถินณรงค์ รุ่น 2 ระยะปลูก 4x2 เมตร ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี เพื่อสร้างสมการประมาณ

ปริมาตรและมวลชีวภาพไม้ และเพื่อหาปริมาณการเก็บกักคาร์บอนและสารอาหารในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้กระถินณรงค์ อายุ 6 ปี ในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยการเก็บข้อมูล ความโต ความสูงของไม้ในแปลง คัดเลือกไม้ตัวแทนในแต่ละชั้นความโต ตัดและวัดมิติต่างๆ ของไม้ตัวแทนแต่ละชั้นความโต แล้วตัดทอนออกเป็นท่อนๆ ตลอดความยาวของลำต้น เก็บตัวอย่างเพื่อนำไปอบหาน้ำหนักแห้งเพื่อหามวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ และศึกษาประมาณสารอาหารต่างๆ ที่สะสมในเนื้อไม้กระถินณรงค์

ผลการศึกษาพบว่า สวนป่าไม้กระถินณรงค์มีความหนาแน่นของต้นไม้เฉลี่ย 103 ต้นต่อไร่ มีความสูงเฉลี่ย 16.42 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 16.27 เซนติเมตร ปริมาตรเหนือเปลือกและใต้เปลือกเท่ากับ 0.0364 และ 0.0331 ลูกบาศก์เมตรต่อต้นต่อปี คิดเป็น 0.2276 และ 0.2072 ลูกบาศก์เมตรต่อต้นต่อปีต่อเฮกตาร์ และค่าประมาณมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และมวลชีวภาพรวมทั้งต้นเหนือดินเท่ากับ 21.93, 3.86, 1.29 และ 27.08 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ตามลำดับ ผลรวมปริมาณการเก็บกักมวลชีวภาพ คาร์บอนและสารอาหารในส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินของต้นกระถินณรงค์คิดเป็นกิโลกรัมต่อไร่ได้ดังนี้ คือ มวลชีวภาพรวม 16,731.0 กิโลกรัมต่อไร่ คาร์บอน 8,024.0 กิโลกรัมต่อไร่ ไนโตรเจน 43.9 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 3.2 กิโลกรัมต่อไร่ โพแทสเซียม 32.4 กิโลกรัมต่อไร่ แคลเซียม 756.7 กิโลกรัมต่อไร่ และแมกนีเซียม 86.8 กิโลกรัมต่อไร่

ความสำคัญ: มวลชีวภาพ การเก็บกักคาร์บอน กระถินณรงค์ สุราษฎร์ธานี

คำนำ

โลกร้อน เป็นปัญหาที่รุนแรงในปัจจุบัน มีผลมาจากสาเหตุหลายๆ ด้าน ทั้งการเพิ่มขึ้นของประชากร การใช้ทรัพยากรบนโลกเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์อย่างไร้ขีดจำกัด ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก ต้นไม้รวมทั้งพืชสีเขียวทั้งหลายสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปเก็บกักไว้ในรูปธาตุคาร์บอนเนื้อไม้และมีส่วนช่วยในการลดภาวะโลกร้อนได้ ดังนั้นการรณรงค์การปลูกป่าและการปลูกสร้างสวนป่าเชิงเศรษฐกิจที่นอกจากจะสร้างรายได้แล้วยังเป็นการช่วยลดสภาวะโลกร้อนอีกทางหนึ่ง จึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องดำเนินการให้เพิ่มขึ้นทุกปี (เจษฎา และคณะ, 2553) ไม้กระถินณรงค์เป็นไม้ชนิดหนึ่งที่มีความสนใจจากเกษตรกรเนื่องจากเป็นไม้โตเร็ว เนื้อไม้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านของผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ โครงสร้างต่างๆ ได้ดี ปัจจุบันไม้กระถินณรงค์เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ

ป่าไม้มีบทบาทสำคัญที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อย ออกมามากที่สุด คือ ประมาณร้อยละ 71 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด โดยป่าไม้จะมีบทบาททั้งในการทำหน้าที่เป็นแหล่งกักเก็บ (sink) และแหล่งปลดปล่อย (source) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การกักเก็บหรือดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยพืชทุกชนิดจะนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการปรุงอาหารแล้วเปลี่ยนสภาพเป็นเซลลูโลสและกลายเป็นมวลชีวภาพในที่สุด โดยถูกจัดเก็บในรูปของธาตุคาร์บอนในเนื้อไม้ ซึ่งถือได้ว่าเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ ซึ่งในขณะเดียวกันก็จะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่บรรยากาศผ่านกระบวนการหายใจ การตาย และการย่อยสลายของซากพืช ปัญหาที่ก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคป่าไม้ คือ การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งสะสมอยู่ในรูปมวลชีวภาพที่ถูกเผาไหม้ออกสู่อากาศ (ชิงชัย, 2546)

ดังนั้นการศึกษามวลชีวภาพและปริมาณการเก็บกักคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้กระถินณรงค์อายุ 6 ปี ที่สถานีวิจัยสุราษฎร์ธานี โดยการสร้างสมการประมาณปริมาตร มวลชีวภาพ และวิเคราะห์สารอาหารในส่วนกล่าตัน กิ่ง ใบ เพื่อทราบปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการเก็บกักคาร์บอนและสารอาหารในไม้กระถินณรงค์ อายุ 6 ปี ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประมาณปริมาตรลำต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการเก็บกักคาร์บอนและสารอาหารของไม้กระถินณรงค์ อายุ 6 ปี ในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี หรือพื้นที่ใกล้เคียงต่อไปได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สถานที่ทำการศึกษา

สถานีวิจัยสุราษฎร์ธานี ตั้งอยู่หมู่ที่ 5 ตำบลมะขามเตี้ย อำเภอเมืองฯ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ละติจูด $09^{\circ} 05.970'$ เหนือ ลองจิจูด $99^{\circ} 21.996'$ ตะวันออก มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีประมาณ 1,700 มิลลิเมตร จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ย 155 วันต่อปี อุณหภูมิรายเดือนเฉลี่ยทั้งปี 27°C สูงสุด 39.7°C (เมษายน) ต่ำสุด 16.2°C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปีร้อยละ 81 เฉลี่ยสูงสุดร้อยละ 95 เฉลี่ยต่ำสุดร้อยละ 60 แสงแดดเฉลี่ยปีละ 2,127.0 ชั่วโมงลักษณะพื้นที่ลาดเอียงเล็กน้อยไปทางทิศตะวันออก ความสูงของพื้นที่ประมาณ 40 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง ลักษณะดินแบบดินร่วนปนทราย ประกอบด้วย ทรายร้อยละ 81.33 ตะกอนร้อยละ 9.14 ดินเหนียวร้อยละ 9.53 เนื้อดินสีน้ำตาลแดง พีเอช (pH) 5.0-6.5 เมื่อแห้งจะมีความเป็นกรด (pH 4.22) ดินส่วนใหญ่ในบริเวณเขาท่าเพชร เป็นหน่วยดินไม่สัมพันธ์ของดินชุดสะเตาและดินชุดฝั่งแดง (Sadao and Fang Daeng Soils: Sd & Fd เบอร์ 80) รวมทั้งของแปลงทดลองของสถานีฯ ด้วย ประกอบไปด้วย ดินชุดสะเตา และดินชุดฝั่งแดงที่เกิดขึ้นในภูมิประเทศที่ติดต่อกันและไม่มีความสัมพันธ์กับทางภูมิประเทศ ในการทำแผนที่ไม่สามารถแยกขอบเขตของดินแต่ละชนิดออกจากกันได้ เนื่องจากมาตราส่วนไม่อำนวย จึงรวมดินเหล่านี้ไว้ในขอบเขตอันเดียวกัน

2. สํารวจ เก็บข้อมูล และสุ่มเลือกตัวอย่าง

2.1 สํารวจ เก็บข้อมูลความสูง ความโต หาค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด กำหนดจำนวนชั้นและความกว้างของชั้นความสูงและความโตของต้นไม้ในแปลง แล้วจัดชั้นความโต จากนั้นสุ่มเลือกตัวแทนต้นไม้ในแต่ละชั้นความโตเพื่อเป็นตัวแทน จำนวน 12 ต้น (Table 1)

2.2 วัดความกว้างเรือนยอด ความโตที่ระดับ 0.0, 0.30 และ 1.30 เมตร ตัดต้นไม้ที่คัดเลือกนั้นลง แล้ววัดความยาวของลำต้น ความยาวถึงกิ่งสดกิ่งแรก ความโตที่กิ่งสดกิ่งแรก และความโตที่ระดับ 2.30, 3.30, ... เมตร ไปจนสุดความยาวลำต้นทุกระยะ 1 เมตร (Figure 1) โดยแยกชิ้นส่วนลำต้น กิ่ง และใบตามลำดับท่อน วัดความหนาเปลือก ซึ่งน้ำหนักสดของลำต้น กิ่ง และใบ แยกเป็นรายท่อน (Figure 2) เก็บตัวอย่างลำต้น กิ่ง และใบจากทั้ง 12 ต้น ตัวอย่างละประมาณ $\frac{1}{2}$ กิโลกรัม นำไปอบหาค่าน้ำหนักแห้งที่อุณหภูมิ 85°C นาน 48 ชั่วโมง และเก็บตัวอย่างลำต้น กิ่ง ใบ ทั้ง 12 ต้น รวมกันประมาณส่วนละ $\frac{1}{2}$ กิโลกรัม เพื่อนำไปวิเคราะห์สารอาหาร (Figure 3)

Table 1 GBH Class of 6-year-old 2nd generation *Acacia auriculiformis* Cunn.

H Class (m)	GBH Class (cm)									Total
	<10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	
<3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3-6	4	2	0	0	0	0	1	0	0	7
6-9	0	15	5	0	1	2	0	0	0	23
9-12	0	0	29	8	1	1	1	0	0	40
12-15	0	2	35	78	51	14	2	0	0	182
15-18	0	0	0	27	100	125	75	24	7	358
18-21	0	0	0	0	0	4	1	0	7	5
Total	5	19	69	113	153	146	80	24	7	616
Select	1	1	1	2	2	2	1	1	1	12

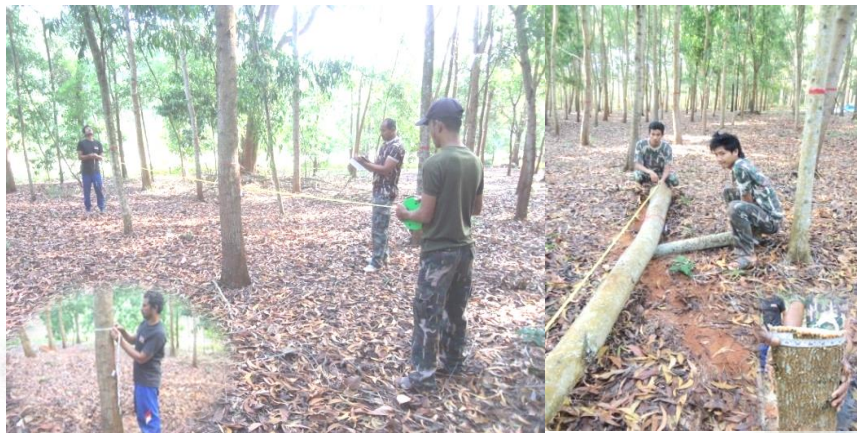
**Figure 1** Measure the dimension of tree, cut and measure girth every 1 m.**Figure 2** Separate parts of stems, branches and leaves by section, measure the bark thickness and weigh the fresh stems, branches and leaves of each section.



Figure 3 Sampling each part to oven dry and for nutrient analysis.

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การหาปริมาตรเนื้อเปลือก สำหรับแต่ละท่อนโดยใช้สูตร

$$V_o = \frac{(BA + Ba)}{2} * L$$

เมื่อ V_o = ปริมาตรเนื้อเปลือก (ลูกบาศก์เมตร)
 BA (basal area) = พื้นที่หน้าตัดส่วนโคนท่อน (ตารางเมตร)
 Ba (basal area) = พื้นที่หน้าตัดส่วนปลายท่อน (ตารางเมตร)
 L (length) = ความยาวท่อน (เมตร)

3.2 การหาปริมาตรท่อนปลายยอด ใช้สูตร

$$V_n = \frac{1}{3} \pi r^2 * L = \frac{1}{3} BA * L$$

เมื่อ V_n = ปริมาตรเนื้อเปลือกท่อนปลายยอด (ลูกบาศก์เมตร)
 r (radius) = รัศมีวงกลม (เมตร)
 BA (basal area) = พื้นที่หน้าตัดส่วนโคนท่อน (ตารางเมตร)
 L (length) = ความยาวท่อน (เมตร)

3.3 การหาปริมาตรลำต้น เท่ากับผลรวมของท่อนไม้ทุกท่อน

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + \dots + V_n$$

3.4 การหาปริมาตรใต้เปลือก ใช้วิธีเดียวกับการหาปริมาตรเนื้อเปลือกที่กล่าวมาในข้อ 2.1 โดยลบค่าความหนาเปลือกออกจากค่ารัศมี (r) เป็นค่ารัศมีใต้เปลือก

$$r \text{ (under bark)} = r \text{ (over bark)} - \text{bark thickness}$$

เมื่อ r (under bark) = รัศมีใต้เปลือก (เซนติเมตร)
 r (over bark) = รัศมีเหนือเปลือก (เซนติเมตร)
 bark thickness = ความหนาเปลือก (เซนติเมตร)

3.5 การคำนวณหาร้อยละความชื้นและน้ำหนักแห้ง

3.5.1 คำนวณหาร้อยละความชื้น โดยสูตร

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสดตัวอย่าง} - \text{น้ำหนักแห้งตัวอย่าง}}{\text{น้ำหนักแห้งตัวอย่าง}} \times 100$$

3.5.2 คำนวณหาน้ำหนักแห้งทั้งหมด โดยใช้สูตร

$$\text{น้ำหนักแห้งทั้งหมด} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสดทั้งหมด}}{100 + \text{ร้อยละความชื้น}}$$

3.6 การคำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ได้แก่ ลำต้น กิ่ง และใบ สามารถดำเนินการตามวิธี stratified clip technique (พงษ์ศักดิ์, 2538) โดยใช้ตัวแทนของต้นไม้ในพื้นที่เพื่อนำไปจัดสร้างสมการปริมาตรลำต้นและมวลชีวภาพของต้นไม้ โดยประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์แบบ allometric equation ในรูปของสมการยกกำลัง (power equation: $Y = aX^b$) (อำไพ และคณะ, 2557)

3.7 การปรับแก้

$$\text{ค่าปรับแก้} = \frac{\text{ค่าจริงของตัวอย่าง}}{\text{ค่าประมาณที่ได้จากสมการ}}$$

4. การประมาณการเก็บกักคาร์บอนและสารอาหารในมวลชีวภาพ

การศึกษาคาร์บอนและสารอาหารที่เก็บกักในมวลชีวภาพจากตัวอย่างชิ้นส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ โดยนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของคาร์บอนและสารอาหารที่เก็บสะสมในมวลชีวภาพ ได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในห้องปฏิบัติการ

ผลและวิจารณ์

1. ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้กระถินณรงค์ อายุ 6 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานี

การศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้กระถินณรงค์ ระยะปลูก 4x2 เมตร อายุ 6 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานี พบว่า สวนป่าไม้กระถินณรงค์มีความหนาแน่นของต้นไม้เฉลี่ย 103 ต้นต่อไร่ มีความสูงเฉลี่ย 16.42 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) เฉลี่ย 16.27 เซนติเมตร จากการคำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรลำต้นกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ได้กราฟและสมการประมาณปริมาตรลำต้นเหนือเปลือกและใต้เปลือกของกระถินณรงค์ และสมการประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของลำต้น กิ่ง และใบ ดังแสดงใน Table 2 และ Figure 4-7

สมชาย และคณะ (2559) ได้ศึกษาการประมาณปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของสวนป่าไม้สักอายุ 6 ปี จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ไม้สักอายุ 6 ปี มีความสูงเฉลี่ย 9.69 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 10.14 เซนติเมตร มีความเพิ่มพูนรายปีด้านความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.61 เมตรต่อปี และ 1.69 เซนติเมตรต่อปี ปริมาตรไม้ใต้เปลือกเท่ากับ 6.34 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ คิดเป็นความเพิ่มพูนของปริมาตรไม้ใต้เปลือกเท่ากับ 1.06 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี ในขณะที่ไม้อะเคเซีย ลูกผสม 6 สายต้น อายุ 4 ปี ระยะปลูก 3x3 เมตร ที่ปลูกในที่ดินเสื่อมโทรม จังหวัดกาญจนบุรี มีความสูงเฉลี่ย 9.59 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 8.77 เซนติเมตร (ฤกษ์พงษ์ และคณะ, 2559)

Table 2 The equations of volume and biomass estimation, R^2 and the adjustment value of the *Acacia auriculiformis* Cunn. 6-year-old plantation at Surat Thani Silvicultural Research Station.

Equations	R^2	adjustment value
Volume over bark = $0.0001 \text{ DBH}^{2.6464}$	0.9761	1.4622
Volume under bark = $0.00001 \text{ DBH}^{2.6774}$	0.9782	1.2177
$W_s = 0.1037 \text{ DBH}^{2.5843}$	0.9887	1.0143
$W_B = 0.0274 \text{ DBH}^{2.3943}$	0.8932	1.1611
$W_L = 0.0907 \text{ DBH}^{1.6093}$	0.8798	1.0726

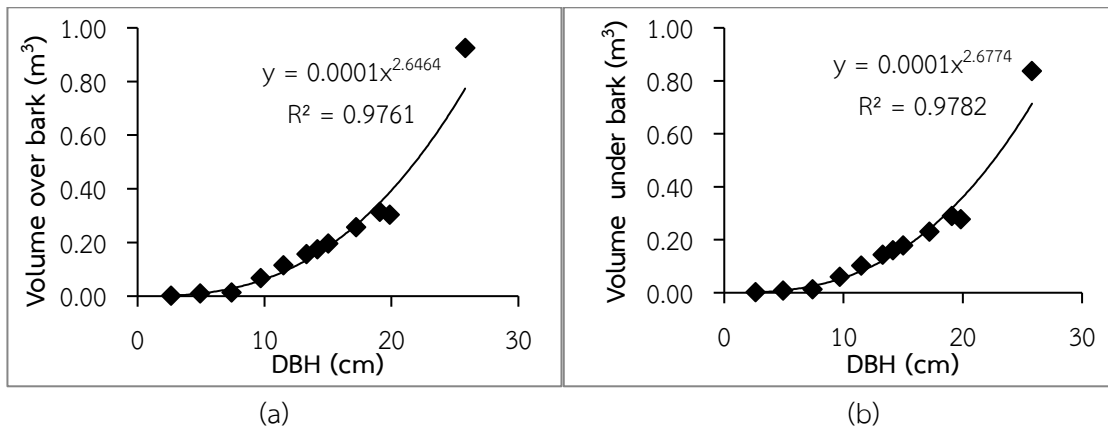


Figure 4 Estimated volume over bark (a) and under bark (b) equations.

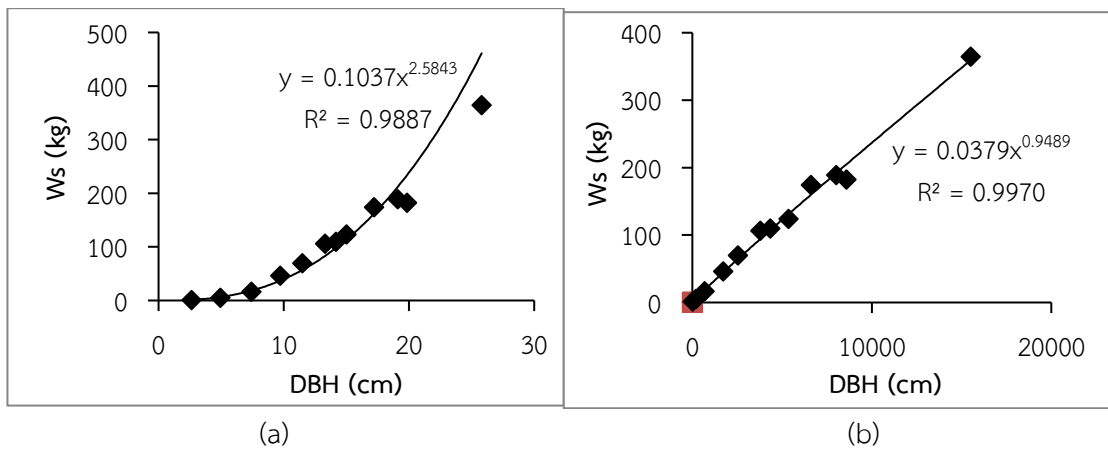


Figure 5 Estimated over bark (a) and under bark (b) stem biomass equations.

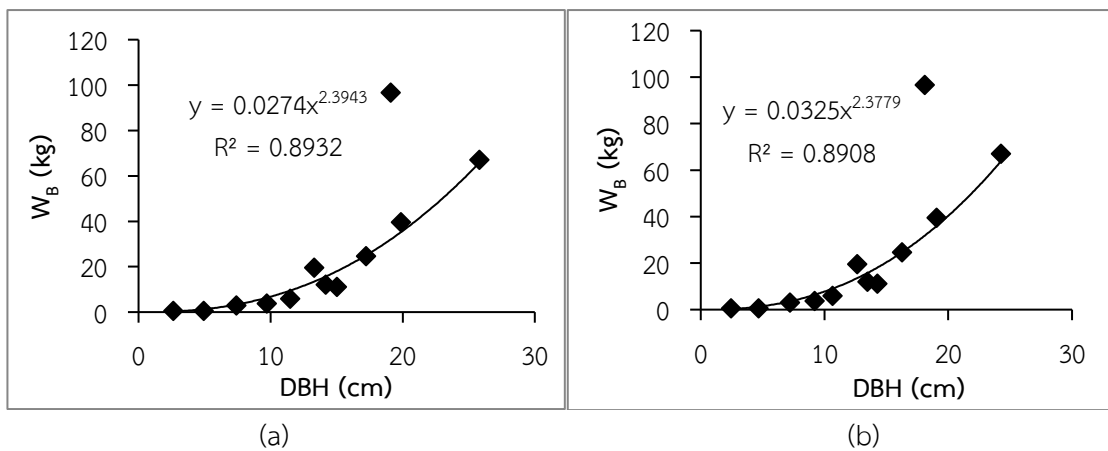


Figure 6 Estimated over bark (a) and under bark branch (b) biomass equations.

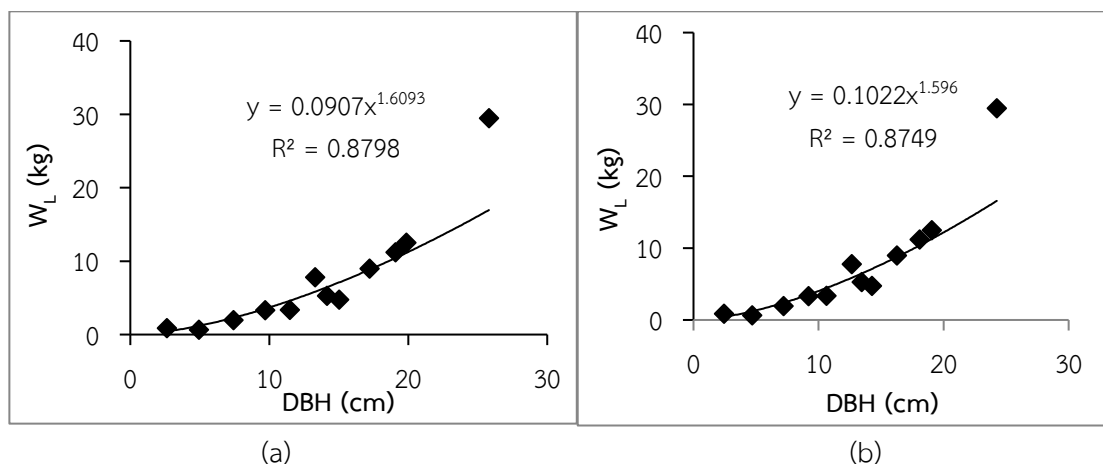


Figure 7 Estimated over bark (a) and under bark (b) leaf biomass equations.

ผลการศึกษาพบว่า ค่าประมาณปริมาตรเหนือเปลือกและใต้เปลือกของไม้กระถินณรงค์อายุ 6 ปี ระยะปลูก 4x2 เมตร ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานีเท่ากับ 22.51 และ 20.49 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ คิดเป็น 140.6801 และ 128.0394 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ ค่าประมาณปริมาตรเหนือเปลือกและใต้เปลือกต่อไร่ต่อปี เท่ากับ 3.75 และ 3.41 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี คิดเป็น 23.4467 และ 21.3399 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ ต่อปี ค่าประมาณปริมาตรเหนือเปลือกและใต้เปลือกต่อตันต่อปีเท่ากับ 0.0364 และ 0.0331 ลูกบาศก์เมตร ต่อตันต่อปีต่อไร่ คิดเป็น 0.2276 และ 0.2072 ลูกบาศก์เมตรต่อตันต่อปีต่อเฮกตาร์ (Table 3)

เมื่อแทนค่าในสมการมวลชีวภาพ แล้วหาผลรวมของมวลชีวภาพรายต้นและมวลชีวภาพทั้งแปลงได้ ค่าประมาณมวลชีวภาพในส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และมวลชีวภาพรวมทั้งต้นเหนือพื้นดินเท่ากับ 13,554, 2,383, 795 และ 16,731 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ คิดเป็น 2,259.0, 397.2, 132.4 และ 2,788.6 กิโลกรัม ต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ และคิดเป็น 21.93, 3.86, 1.29 และ 27.07 กิโลกรัมต่อตันต่อปี ตามลำดับ (Table 4) ซึ่งมากกว่ามวลชีวภาพของไม้สักในสวนป่าอายุ 6 ปีที่จังหวัดเชียงใหม่ที่มีมวลชีวภาพเท่ากับ 7,371 กิโลกรัม ต่อไร่ แยกเป็นมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง ใบ และราก เท่ากับ 3,694, 807, 559 และ 2,310 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (สมชาย และคณะ, 2559)

Table 3 The estimated over bark and under bark volume of 6-year-old *Acacia auriculiformis* Cunn. at Surat Thani Silvicultural Research Station.

GBH Class (cm)	V _{over bark} (m ³)			V _{under bark} (m ³)		
	6 rai	1 rai	1 ha	6 rai	1 rai	1 ha
<10	0.007	0.001	0.007	0.007	0.001	0.008
10-20	0.158	0.026	0.164	0.166	0.028	0.173
20-30	1.878	0.313	1.956	2.006	0.334	2.090
30-40	7.006	1.168	7.298	7.556	1.259	7.871
40-50	18.053	3.009	18.805	19.616	3.269	20.434
50-60	28.006	4.668	29.173	30.602	5.100	31.877

Table 3 (Continued)

GBH Class (cm)	V _{over bark} (m ³)			V _{under bark} (m ³)		
	6 rai	1 rai	1 ha	6 rai	1 rai	1 ha
60-70	22.891	3.815	23.845	25.130	4.188	26.177
70-80	10.028	1.671	10.446	11.057	1.843	11.518
80-90	4.336	0.723	4.517	4.804	0.801	5.004
Total	92.363	15.394	96.211	100.945	16.824	105.151
Independence variable		1.462			1.218	
Adjust value	135.052	22.508	140.680	122.917	20.486	128.039
Mean annual increment	22.508	3.751	23.446	20.486	3.414	21.339
Mean annual increment per tree	0.2185	0.0364	0.2276	0.1989	0.0331	0.2072

Table 4 The estimated biomass of stem, branch and leaf of 6-year-old *Acacia auriculiformis* Cunn. plantation at Surat Thani Silvicultural Research Station.

Status	Biomass			
	Stem	Branch	Leaf	Total
Biomass (kg rai ⁻¹)	13,363	2,052	741	16,156
Independence variable	1.0143	1.1611	1.0726	3.248
Adjust biomass (kg rai ⁻¹)	13,554	2,383	795	16,731
Mean annual increment (kg rai ⁻¹ yr ⁻¹)	2,259.0	397.2	132.4	2,788.6
Mean annual increment (kg individual ⁻¹ yr ⁻¹)	21.93	3.86	1.29	27.07

ฤกษ์พงษ์ และคณะ (2559) ได้ศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณสารอาหารในไม้อะเคเซีย ลูกผสมสายต้นต่างๆ อายุ 4 ปี ระยะปลูก 3x3 เมตร ที่ปลูกในที่ดินเสื่อมโทรม จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า ไม้อะเคเซียลูกผสมสายต้นต่างๆ นั้นมีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมตั้งแต่ 18.57-25.14 ตันต่อเฮกตาร์ ในขณะที่การศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ไม้กระถินณรงค์ รุ่นที่ 2 อายุ 6 ปี ระยะปลูก 4x2 เมตร ที่จังหวัด สุราษฎร์ธานี มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวม 104.57 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่ง ชิงชัย (2550) พบว่า มวลชีวภาพของ ไม้มีความแตกต่างกันตามพื้นที่ปลูกและปัจจัยที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อมวลชีวภาพ คือ ปริมาณน้ำฝนรายปี โดยที่มวลชีวภาพจะเพิ่มขึ้นในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนมาก อย่างไรก็ตามการพัฒนาสายพันธุ์ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อมวลชีวภาพ โดยจะเห็นได้ว่า ยูคาลิปตัสที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์มาอย่างต่อเนื่อง มีการเติบโตดีกว่าไม้ อื่นๆ อย่างชัดเจน ส่งผลให้มีผลผลิตสูงกว่าไม้ชนิดอื่นที่ใช้ระยะเวลาเท่ากัน ซึ่งไม้กระถินณรงค์ที่ได้รับการ พัฒนาปรับปรุงพันธุ์รุ่นที่ 2 นี้ อาจมีผลจากการปรับปรุงพันธุ์จึงให้ผลผลิตที่ค่อนข้างสูงกว่าปกติ

ผลการวิเคราะห์คาร์บอนและสารอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และ แมกนีเซียม ที่เก็บกักในมวลชีวภาพจากตัวอย่างส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ ภายในห้องปฏิบัติการ พบว่า

ความเข้มข้นของคาร์บอนและสารอาหารภายในลำต้น มีคาร์บอน 47.97 กรัมต่อ 100 กรัม ไม่มีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส 0.01 กรัมต่อ 100 กรัม โพแทสเซียม 0.13 กรัมต่อ 100 กรัม แคลเซียม 3.52 กรัมต่อ 100 กรัม และแมกนีเซียม 0.41 กรัมต่อ 100 กรัม ในกิ่งมีคาร์บอน 47.11 กรัมต่อ 100 กรัม ไนโตรเจน 0.87 กรัมต่อ 100 กรัม ฟอสฟอรัส 0.03 กรัมต่อ 100 กรัม โพแทสเซียม 0.21 กรัมต่อ 100 กรัม แคลเซียม 9.07 กรัมต่อ 100 กรัม และแมกนีเซียม 0.71 กรัมต่อ 100 กรัม ในส่วนของใบมีคาร์บอน 50.34 กรัมต่อ 100 กรัม ไนโตรเจน 2.91 กรัมต่อ 100 กรัม ฟอสฟอรัส 0.10 กรัมต่อ 100 กรัม โพแทสเซียม 1.23 กรัมต่อ 100 กรัม แคลเซียม 8.01 กรัมต่อ 100 กรัม และแมกนีเซียม 1.81 กรัมต่อ 100 กรัม (Table 5) ขณะที่ไม้สักในสวนป่าอายุ 6 ปีที่จังหวัดเชียงใหม่มีปริมาณการสะสมสารอาหาร ได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่สะสมในมวลชีวภาพของสวนป่าไม้สัก เท่ากับ 4,006, 71.6, 7.5, 47.1, 50.1 และ 15.3 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (สมชาย และคณะ, 2559)

Table 5 The concentration of carbon and nutrient components in 6-year-old *Acacia auriculiformis* Cunn. plantation at Surat Thani Silvicultural Research Station.

Nutrient (g 100g ⁻¹)	Stem	Branch	Leaf
Carbon (C)	47.97	47.11	50.34
Nitrogen (N)	0.00	0.87	2.91
Phosphorus (P)	0.01	0.03	0.1
Potassium (K)	0.13	0.21	1.23
Calcium (Ca)	3.52	9.07	8.01
Magnesium (Mg)	0.41	0.71	1.81

เมื่อคำนวณปริมาณการสะสมคาร์บอนและสารอาหารของกระถินณรงค์ พบว่า ในส่วนลำต้นมีมวลชีวภาพ 13,554.0 กิโลกรัมต่อไร่ คาร์บอน 6,502.0 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่มีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส 1.6 กิโลกรัมต่อไร่ โพแทสเซียม 17.6 กิโลกรัมต่อไร่ แคลเซียม 477.0 กิโลกรัมต่อไร่ และแมกนีเซียม 55.6 กิโลกรัมต่อไร่ ในกิ่งมีมวลชีวภาพ 2,383.0 กิโลกรัมต่อไร่ คาร์บอน 1,123.0 กิโลกรัมต่อไร่ ไนโตรเจน 20.7 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 0.7 กิโลกรัมต่อไร่ โพแทสเซียม 5.0 กิโลกรัมต่อไร่ แคลเซียม 216.1 กิโลกรัมต่อไร่ และแมกนีเซียม 16.9 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนใบมีมวลชีวภาพ 795.0 กิโลกรัมต่อไร่ คาร์บอน 400.0 กิโลกรัมต่อไร่ ไนโตรเจน 23.1 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 0.8 กิโลกรัมต่อไร่ โพแทสเซียม 9.8 กิโลกรัมต่อไร่ แคลเซียม 63.6 กิโลกรัมต่อไร่ และแมกนีเซียม 14.4 กิโลกรัมต่อไร่

ผลรวมปริมาณการเก็บกักมวลชีวภาพ คาร์บอนและสารอาหารในส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินของต้นกระถินณรงค์คิดเป็นกิโลกรัมต่อไร่ได้ดังนี้ คือ มวลชีวภาพรวม 16,731.0 กิโลกรัมต่อไร่ คาร์บอน 8,024.0 กิโลกรัมต่อไร่ ไนโตรเจน 43.9 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 3.2 กิโลกรัมต่อไร่ โพแทสเซียม 32.4 กิโลกรัมต่อไร่ แคลเซียม 756.7 กิโลกรัมต่อไร่ และแมกนีเซียม 86.8 กิโลกรัมต่อไร่

ผลรวมปริมาณการเก็บกักมวลชีวภาพ คาร์บอนและสารอาหารในส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินของต้นกระถินณรงค์คิดเป็นกิโลกรัมต่อไร่ต่อปีได้ดังนี้ คือ มวลชีวภาพรวม 2,788.57 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี คาร์บอน 1,337.40 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ไนโตรเจน 7.31 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ฟอสฟอรัส 0.53 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี โพแทสเซียม 0.54 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี แคลเซียม 126.12 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และแมกนีเซียม 14.47 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี

ผลรวมปริมาณการเก็บกักมวลชีวภาพ คาร์บอนและสารอาหารในส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินคิดเป็นกิโลกรัมต่อต้นต่อปี มีมวลชีวภาพรวม 27.07 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี คาร์บอน 12.98 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ไนโตรเจน 0.07 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ฟอสฟอรัส 0.01 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี โพแทสเซียม 0.05 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี แคลเซียม 1.22 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี และแมกนีเซียม 0.14 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี (Table 6)

Table 6 The amount of biomass retention, carbon and nutrient components in 6-year-old *Acacia auriculiformis* Cunn. plantation at Surat Thani Silvicultural Research Station.

Nutrient (kg ra ⁻¹)	Stem	Branch	Leaf	Total	Total	(Total)
					kg ra ⁻¹ yr ⁻¹	kg tree ⁻¹ yr ⁻¹
Biomass	13,554.00	2,383.00	795	16,731.00	2,788.60	27.07
Carbon (C)	6,501.81	1,122.63	399.97	8,024.41	1,337.40	12.98
Nitrogen (N)	0.00	20.73	23.12	43.85	7.31	0.07
Phosphorus (P)	1.63	0.71	0.83	3.17	0.53	0.01
Potassium (K)	17.62	5.00	9.77	32.4	5.40	0.05
Calcium (Ca)	476.96	216.14	63.6	756.7	126.12	1.22
Magnesium (Mg)	55.57	16.87	14.38	86.82	14.47	0.14

สรุปและข้อเสนอแนะ

สวนป่าไม้กระถินณรงค์มีความหนาแน่นของต้นไม้เฉลี่ย 103 ต้นต่อไร่ มีความสูงเฉลี่ย 16.42 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 16.27 เซนติเมตร ปริมาตรเหนือเปลือกและใต้เปลือกเท่ากับ 0.0364 และ 0.0331 ลูกบาศก์เมตรต่อต้นต่อปี คิดเป็น 0.2276 และ 0.2072 ลูกบาศก์เมตรต่อต้นต่อปีต่อเฮกตาร์ และค่าประมาณมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และมวลชีวภาพรวมทั้งต้นเหนือดินเท่ากับ 21.93, 3.86, 1.29 และ 27.08 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ตามลำดับ ผลรวมปริมาณการเก็บกักมวลชีวภาพ คาร์บอนและสารอาหารในส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินของต้นกระถินณรงค์คิดเป็นกิโลกรัมต่อไร่ได้ดังนี้ คือ มวลชีวภาพรวม 16,731.0 กิโลกรัมต่อไร่ คาร์บอน 8,024.0 กิโลกรัมต่อไร่ ไนโตรเจน 43.9 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 3.2 กิโลกรัมต่อไร่ โพแทสเซียม 32.4 กิโลกรัมต่อไร่ แคลเซียม 756.7 กิโลกรัมต่อไร่ และแมกนีเซียม 86.8 กิโลกรัมต่อไร่

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- เจษฎา เหลืองแจ่ม, จตุพร มังคลารัตน์, ธิดิ วิสารัตน์ จุฑารัตน์, แสงเสถียร และ ยุทธนา เผือกเนียร. 2553. การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้ *Acacia crassicaarpa* ที่จังหวัดนครราชสีมา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- ชิงชัย วิริยะบัญชา. 2546. คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหมู่ไม้. ฝ่ายวนวัฒนวิจัยและพฤกษศาสตร์ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

- ชิงชัย วิริยะบัญชา. 2550. การศึกษาการปลูกไม้โตเร็วสำหรับใช้ผลิตไฟฟ้าในชุมชน, น. 164-207. ใน การ
สัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนแบบครบวงจร.
มหาวิทยาลัยสุรนารี, นครราชสีมา.
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟู. 2538. ผลผลิตและการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้. คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ฤกษ์พงษ์ โคตรมา, รุ่งเรือง พูลศิริ และ มะลิวัลย์ หฤทัยนาสันต์. 2559. มวลชีวภาพเหนือพื้นดินและ
ปริมาณธาตุอาหารในไม้อะเคเซียลูกผสมสายต้นต่างๆ ที่ปลูกในที่ดินเสื่อมโทรม จังหวัดกาญจนบุรี.
วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 34 (2) : 21-30.
- สมชาย นองเนื่อง, อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์, สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล, พงศักดิ์ ฉัตรเดชะ และ วรพจน์ คำใบ.
2559. การประมาณปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของสวนป่าไม้สักอายุ 6
ปี จังหวัดเชียงใหม่. กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์, สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล, สมชาย นองเนื่อง, ประสิทธิ์ เพียรอนุรักษ์, จ्ञานรรจ์ เพียร
อนุรักษ์, พงศักดิ์ ฉัตรเดชะ และ วรพจน์ คำใบ. 2557. การประมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บ
คาร์บอนในสวนป่า. ศูนย์วนวัฒนวิจัยภาคเหนือ กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการ
ป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

การกักเก็บคาร์บอนของป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Carbon Storage in Khuan Khreng Peat Swamp Forest,
Nakhon Si Thammarat Province

สาพิศ ดิลกสัมพันธ^{1*} พรเทพ เหมือนพงษ์¹ กอบศักดิ์ วันธงไชย¹ จงรัก วชรินทร์รัตน์¹ และ มนัสวี เกื้อวงศ์¹

Sapit Diloksumpun^{1*} Ponthep Meunpong¹ Kobsak Wanthongchai¹
Chongrak Wachrinrat¹ and Manadsawee Kuewong¹

¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: sapit.d@ku.ac.th

ABSTRACT

The once-rich Khuan Khreng peat swamp forest was devastated by a tropical storm in 1962 but has recovered gradually by natural succession of the *Melaleuca* community co-occurring with grassland. This study determined the carbon storage in various carbon pools in the Khuan Khreng peat swamp forest. Sampling occurred in a lowland *Melaleuca* community, a highland *Melaleuca* community and grassland using a completely randomized design (CRD) to establish four 30 m x 30 m sample plots in each plant community. In addition, systematic grid sampling on a 1 km x 1 km uniform grid, totaling 172 grids, was applied covering the total Khuan Khreng peat swamp forest area for carbon stock assessment.

The results indicated large variations in the vegetation composition, size, and density, and the peat soil resulted in variation in the carbon stored in the lowland *Melaleuca* community, highland *Melaleuca* community and grassland among sites within a plant community. As a result, non-significant differences in carbon storage in all carbon pools were observed among the three plant communities. Importantly, carbon storage in the peat soil accounted for more than 88% in all plant communities. Furthermore, the results obtained from the 172 grids also showed large variations in peat depth and carbon storage, with an average of 500.19 MgC ha⁻¹ of which 95% of the total carbon was stored in the peat soil. Based on the land-use classification of the Khuan Khreng peat swamp forest in 2007, the total forest area was 157.87 km² and could store carbon up to 7.90x10⁶ MgC or 28.95x10⁶ MgCO₂.

Keywords: peat swamp forest, peat soil, carbon pool, biomass, soil carbon

บทคัดย่อ

ป่าพรุควนเคร็งเคยเป็นป่าพรุสมบูรณ์แต่ถูกทำลายจากพายุโซนร้อนในปี พ.ศ. 2505 ต่อมามีการทดแทนตามธรรมชาติจนเกิดเป็นสังคมป่าเสม็ดสลับกับทุ่งหญ้า การวิจัยครั้งนี้ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในแหล่งสะสมคาร์บอนประเภทต่างๆ ในป่าพรุควนเคร็ง โดยการวางแผนแปลงตัวอย่างขนาด 30x30 เมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด จำนวน 4 ซ้ำ และยังทำการสำรวจเป็นกริด (grid) มีระยะห่าง 1x1 กิโลเมตร จำนวน 172 จุดสำรวจทั่วพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดของป่าพรุควนเคร็ง

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงการแปรผันขององค์ประกอบ ขนาด และความหนาแน่นของพืชพรรณ และชั้นพรุ ซึ่งทำให้การกักเก็บคาร์บอนของป่าเสม็ดที่ดอน ป่าเสม็ดที่ลุ่ม และทุ่งหญ้า มีความแตกต่างระหว่างพื้นที่สูง เป็นเหตุให้การกักเก็บคาร์บอนในทุกแหล่งสะสมคาร์บอนมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสังคมพืช ($p \geq 0.05$) โดยสังคมพืชทั้ง 3 ประเภทมีการสะสมคาร์บอนในชั้นพรุคิดเป็นสัดส่วนไม่น้อยกว่าร้อยละ 88 ของการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด เช่นเดียวกับผลการสำรวจพื้นที่จำนวน 172 จุดสำรวจ พบว่า มีการแปรผันของความลึกของชั้นพรุและการกักเก็บคาร์บอนสูงมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 500.19 ตันต่อเฮกตาร์ การกักเก็บคาร์บอนในดินคิดเป็นสัดส่วนโดยเฉลี่ยถึงร้อยละ 95 ป่าพรุที่มีน้ำท่วมขังตลอดทั้งปีและพบไม้เสม็ดหนาแน่นมีการกักเก็บคาร์บอนสูงกว่าในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขังตามฤดูกาล ทั้งนี้ ป่าพรุควนเคร็งในปี พ.ศ. 2556 มีเนื้อที่ป่าพรุทั้งสิ้น 157.87 ตารางกิโลเมตร สามารถประเมินการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดได้เท่ากับ 7.90 ล้านตันคาร์บอน หรือ 28.95 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์

คำสำคัญ: ป่าพรุ ดินพรุ แหล่งสะสมคาร์บอน มวลชีวภาพ คาร์บอนในดิน

คำนำ

ป่าพรุเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญโดยชั้นพรุที่อินทรีย์วัตถุยังสลายตัวอย่างไม่สมบูรณ์นั้นเป็นแหล่งที่สะสมคาร์บอนที่สำคัญของระบบนิเวศประเภทนี้ อาจมีการสะสมคาร์บอนในดินมากกว่าป่าประเภทอื่นๆ ถึง 10 เท่า ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของชั้นพรุ ป่าพรุเขตร้อนมีเนื้อที่ประมาณ 439,238 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 11 ของป่าพรุทั่วโลก) โดยที่ร้อยละ 57 หรือคิดเป็น 247,778 ตารางกิโลเมตร อยู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จากการศึกษาของ Page *et al.* (2011) พบว่า ป่าพรุเขตร้อนสามารถกักเก็บคาร์บอนได้มากถึง 88.5 พันล้านตัน (Gt) และป่าพรุในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ถึง 68.5 พันล้านตัน โดยที่ป่าพรุในประเทศอินโดนีเซียมีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดถึง 57.4 พันล้านตัน โดยที่ร้อยละ 74 เป็นการกักเก็บคาร์บอนในดินพรุ โดยทั่วไปดินพรุมีความเข้มข้นของคาร์บอนสูงถึงร้อยละ 18-60 โดยน้ำหนักแห้ง และมีความหนาแน่นรวมของดินต่ำเพียง 0.3-3.0 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แต่ดินพรุสามารถสะสมคาร์บอนได้ถึง 30-700 ตันต่อเฮกตาร์ต่อเมตร โดยดินพรุที่พบส่วนใหญ่มีชั้นพรุลึกประมาณ 2-8 เมตร (Agus *et al.*, 2011) ทำให้ส่วนมากแล้วป่าพรุมีการกักเก็บคาร์บอนในดินพรุมากกว่าในมวลชีวภาพของพืชพรรณ แต่ป่าพรุที่อยู่ในที่ดอนอาจมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพืชพรรณมากกว่าในดินพรุขึ้นอยู่กับชนิด และความหนาแน่นของพืชพรรณที่ปกคลุม (Hairiah and Rahayu, 2007) เช่นเดียวกับป่าประเภทอื่นๆ ป่าพรุที่สมบูรณ์อาจมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพืชพรรณได้สูงถึง 100-250 ตันต่อเฮกตาร์ (Page *et al.*, 2011) การกักเก็บคาร์บอนของป่าพรุขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ปัจจัยภูมิอากาศ สภาพพื้นที่ ลักษณะทางอุทกวิทยา ลักษณะสังคมพืช ความลึกของชั้นพรุ และการย่อย

สลาย เป็นต้น ปกติป่าพรุในที่มีน้ำท่วมขังตลอดปีมักมีการสะสมคาร์บอนในดินพรุเป็นสัดส่วนที่มากกว่า การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ ในขณะที่ป่าพรุในที่ดอนที่มีน้ำท่วมขังตามฤดูกาลมีการสะสมคาร์บอนในดินพรุน้อยกว่าแต่กลับมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพมากกว่า (Hooijer *et al.*, 2010) ป่าพรุในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีการกักเก็บคาร์บอนสูง แต่สถานการณ์ในปัจจุบัน มีการระบายน้ำออกจากพื้นที่พรุและเผาเพื่อเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นพื้นที่เกษตรกรรม การลักลอบตัดไม้ และปัจจัยอื่นๆ ที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดไฟไหม้ ซึ่งมีผลทำให้การกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่พรุลดลง จากการศึกษาสถานการณ์การระบายน้ำออกจากป่าพรุในประเทศอินโดนีเซีย เพื่อเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2543 ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดถึง 100 ล้านตันต่อปี ในระหว่างการเกิดไฟป่าระหว่างปี พ.ศ. 2540-2541 และ พ.ศ. 2545-2546 ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศมากถึง 2,500 และ 200-1,000 ล้านตัน ตามลำดับ (Hooijer *et al.*, 2010)

สำหรับประเทศไทยมีพื้นที่ป่าพรุอยู่ประมาณ 808 ตารางกิโลเมตร ส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดนราธิวาส เช่น ป่าพรุโต๊ะแดง ซึ่งเป็นป่าพรุที่มีความสมบูรณ์ เป็นแหล่งดูดซับคาร์บอนที่สำคัญ สำหรับป่าพรุควนเคร็งเป็นป่าพรุในกลุ่มน้ำปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ เคยเป็นป่าพรุที่มีความสมบูรณ์มาก จนเมื่อปี พ.ศ. 2505 ได้เกิดพายุไต้ฝุ่นแฮเรียตพัดผ่านภาคใต้ทำลายพรรณไม้ดั้งเดิมในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งเสียหายจำนวนมาก ต่อมามีการเจริญทดแทนของเสม็ดขาว (*Melaleuca cajuputi* Powell) วงศ์ Myrtaceae และพืชพื้นล่างวงศ์กก (*Cyperaceae*) กระจุต (*Lepironia articulata* (Retz.) Domin)) และกก หรือ กกปรือ หรือ กกสามเหลี่ยมใหญ่ (*Actinoscirpus grossus* (L.f.) Goetgh & D.A.Simpson) เป็นต้น ซึ่งสามารถเติบโตได้ในที่มีภาวะเป็นกรด ต่อมาในปี พ.ศ. 2518 มีการประกาศให้ป่าพรุควนเคร็งเป็นเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย ครอบคลุมเนื้อที่ 240 ตารางกิโลเมตร และประกาศเป็นเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบ่อล้อ ตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 22 มิถุนายน พ.ศ. 2553 ครอบคลุมเนื้อที่ 103 ตารางกิโลเมตร (กอบศักดิ์, 2556) ปัจจุบัน ป่าพรุควนเคร็งกำลังเผชิญกับปัญหาไฟไหม้เกิดขึ้นอยู่เป็นประจำ โดยไฟที่เกิดขึ้นในพื้นที่พรุมีลักษณะที่เป็นทั้งไฟผิวดิน (surface fire) และไฟใต้ดิน (ground fire) ก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบนิเวศ และการปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศเป็นจำนวนมากหลายอย่างเช่นเหตุการณ์ไฟไหม้ป่าพรุควนเคร็งอย่างรุนแรงในปี พ.ศ. 2555 นอกจากนี้ป่าพรุควนเคร็งยังเผชิญกับปัญหาคุกคามจากการที่ชาวบ้านระบายน้ำออกจากพื้นที่พรุเพื่อเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นพื้นที่เกษตรกรรม เช่น สวนปาล์ม สวนยางพารา เป็นต้น ซึ่งนอกจากจะสูญเสียคาร์บอนจากมวลชีวภาพ และปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการ oxidation ของดินพรุแล้วยังส่งผลกระทบต่อพรุแห้งและเสี่ยงต่อการถูกไฟไหม้อย่างรุนแรงอีกด้วย อย่างไรก็ตามปัจจุบันข้อมูลสถานภาพการกักเก็บคาร์บอนของป่าพรุควนเคร็งยังมีอยู่น้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกักเก็บคาร์บอนในดินพรุ ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในแหล่งสะสมคาร์บอนต่างๆ ของสังคมพืชต่างๆ ในป่าพรุควนเคร็ง และประเมินการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดของป่าพรุควนเคร็งโดยการสำรวจแบบกริด (grid) ครอบคลุมทั้งพื้นที่

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

ป่าพรุควนเคร็งในกลุ่มน้ำปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อยู่ในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย เนื้อที่ 240 ตารางกิโลเมตร และเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบ่อล้อ เนื้อที่ 103 ตารางกิโลเมตร หรือ 64,494 ไร่ โดยในปี พ.ศ. 2556 มีเนื้อที่ที่ยังคงมีสภาพเป็นป่าพรุทั้งสิ้น 157.87 ตารางกิโลเมตร (ประสงค์, 2556)

2. การศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในสังคมพืชต่างๆ

2.1 การวางแผนทดลอง

จำแนกพื้นที่ศึกษาเป็น 3 สังคมพืช ได้แก่ ป่าเสม็ดที่ดอน ป่าเสม็ดที่ลุ่ม และทุ่งหญ้า วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design, CRD) วางแปลงตัวอย่างขนาด 30x30 เมตร ในแต่ละสังคมพืชจำนวน 4 ซ้ำ สำหรับป่าเสม็ดเลือกพื้นที่ให้มีการปกคลุมของเรือนยอดในระดับต่างๆ ทำแนวกันไฟกว้างประมาณ 10 เมตร รอบแปลงโดยการขุดเป็นร่องจนถึงชั้นดิน

2.2 การเก็บข้อมูลพืชพรรณ

ภายในแปลงตัวอย่างขนาด 30x30 เมตร ได้แบ่งแปลงออกเป็น 4 แปลงย่อย ขนาด 15x15 เมตร ในแปลงตัวอย่างที่เป็นป่าเสม็ด เก็บข้อมูลการเติบโตของไม้ต้น (tree) ซึ่งเป็นไม้เสม็ดขาวที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมากกว่า 4.5 เซนติเมตรทุกต้นในแปลง วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูงทั้งหมด และความหนาเปลือกโดยใช้ Swedish bark gauge และวางแผนขนาด 4x4 เมตร เพื่อสำรวจไม้รุ่น (sapling) ซึ่งมีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร แต่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกน้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงทั้งหมด และวางแผนขนาด 1x1 เมตร ตัดพืชพื้นล่าง (รวมกล้าไม้เสม็ด) และซากพืช เพื่อนำไปชั่งน้ำหนักสด และเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่เพื่อชั่งน้ำหนักแห้ง

2.3 การวิเคราะห์มวลชีวภาพของไม้เสม็ดขาว

วิเคราะห์มวลชีวภาพเหนือดิน (aboveground biomass) ของไม้เสม็ดขาวในแปลงตัวอย่าง โดยใช้สมการแอลโลเมตรี ดังแสดงใน Table 1 สำหรับการวิเคราะห์มวลชีวภาพของส่วนใต้ดิน (ราก) ใช้อัตราส่วนของมวลชีวภาพใต้ดินต่อมวลชีวภาพเหนือดินเท่ากับ 0.37 ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานของป่าไม้ผลัดใบในเขตร้อน (IPCC, 2006)

Table 1 Allometric equations applied for aboveground biomass estimation of *Melaleuca cajuputi* Powell.

Tree (Wanthongchai <i>et al.</i> , 2015)		Sapling (Wanthongchai, 2013)	
$W_S = 0.0661 (DBH \times H)^{1.2178}$	$R^2 = 0.9136$	$W_S = 0.1050 (DBH)^{1.9916}$	$R^2 = 0.9727$
$W_B = 0.0094 (DBH \times H)^{1.3903}$	$R^2 = 0.7909$	$W_B = 0.02001 (DBH)^{2.1419}$	$R^2 = 0.9078$
$W_L = 0.2226 (DBH)^{1.0641}$	$R^2 = 0.6699$	$B_L = 0.0062 (DBH)^{2.9918}$	$R^2 = 0.9277$
$W_{Ba} = 0.0029 (DBH \times H)^{1.4567}$	$R^2 = 0.9345$		

Remarks W_S is stem wood biomass (kg), W_B is branch biomass (kg), W_L is leave biomass (kg), W_{Ba} is biomass of stem bark (kg), H is tree height (m) and DBH is diameter at breast height (cm)

2.4 การวิเคราะห์การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ

วิเคราะห์การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้เสม็ดขาว (ไม้ต้น และไม้รุ่น) พืชพื้นล่าง (รวมทั้งกล้าไม้เสม็ดขาว) และซากพืช จากความเข้มข้นคาร์บอน และมวลชีวภาพ หรือน้ำหนักแห้ง โดยใช้ความเข้มข้นคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของไม้เสม็ดขาว ได้แก่ ลำต้น (ร้อยละ 47.89) กิ่ง (ร้อยละ 49.41) ใบ (ร้อยละ

51.51) และเปลือก (ร้อยละ 56.31) พีชพื้นล่าง (ร้อยละ 43.05) และซากพีช (ร้อยละ 42.21) (กอบศักดิ์ และคณะ, 2559)

3. การศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในชั้นพรุและดิน

ในแปลงตัวอย่างขนาด 30x30 เมตร ทุกๆ แปลง ทำการเก็บตัวอย่างชั้นพรุแบบไม่รบกวนโครงสร้าง (undisturbed sample) ที่ความลึก 1 เมตร จำแนกชั้นพรุตามเกณฑ์การจำแนกดินอินทรีย์ตามลักษณะทางกายภาพของพรุ ซึ่งพิจารณาจากลักษณะของซากพีชที่อยู่ในกระบวนการย่อยสลาย (Agus *et al.*, 2011) ดังนี้

3.1 Fibric peat หรือ immature peat คือ ลักษณะพรุที่ยังไม่ย่อยสลาย มีซากพีชที่ยังไม่ย่อยสลายอยู่เป็นส่วนใหญ่ เนื้อพรุมีลักษณะหยาบ

3.2 Hemic peat คือ ลักษณะพรุที่ย่อยสลายปานกลาง ยังมีซากพีชที่ยังไม่ย่อยสลายอยู่บ้าง ประปราย เนื้อพรุมีลักษณะเหนียวเหมือนโคลน หรือบางครั้งเรียกว่า muddy

3.3 Sapric peat หรือ mature peat คือ ลักษณะพรุที่ย่อยสลายเกือบสมบูรณ์ถึงสมบูรณ์จนไม่พบชิ้นส่วนของซากพีชชิ้นเล็ก หรือพบน้อยมาก สีน้ำตาลเข้มจนถึงดำ ลักษณะเหนียวใกล้เคียงเนื้อดินเหนียว

บางแปลงตัวอย่างพบชั้นพรุที่มีรอยไฟไหม้เดิมก็จะจำแนกเป็นชั้นออกจากชั้นอื่นๆ นำตัวอย่างดินในแต่ละชั้นไปวิเคราะห์หาความหนาแน่นรวม (bulk density) และความเข้มข้นของคาร์บอน (carbon content) ด้วยวิธี dry combustion โดยใช้เครื่อง CHNS 2400 series II (PerkinElmer) ที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และวิเคราะห์การกักเก็บคาร์บอนในชั้นพรุ ดังสมการ

$$\text{SoilC} = \frac{C \times D_b \times 10^6 \times \text{Depth} \times 10^2}{10^8}$$

เมื่อ SoilC คือ การกักเก็บคาร์บอนในดิน (ตันต่อเฮกตาร์) (ที่ระดับความลึกใดๆ)

C คือ ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอน (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)

D_b คือ ความหนาแน่นรวม (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

Depth คือ ความลึกของชั้นพรุ (เซนติเมตร)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์การกักเก็บคาร์บอนด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และทำการจัดกลุ่มโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

5. การประเมินการกักเก็บคาร์บอนในป่าพรุควนเคร็ง

ทำการสำรวจเป็นกริด (grid) มีระยะห่าง 1x1 กิโลเมตร ทั่วพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง แต่สำรวจได้จริงจำนวน 172 จุดสำรวจ (Figure 1) เนื่องจากพื้นที่ศึกษาบางจุดสำรวจพื้นที่ถูกเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินไปเป็นพื้นที่ประเภทอื่น ในแต่ละจุดสำรวจ วางแปลงขนาด 15x15 เมตร เก็บข้อมูลเช่นเดียวกับการศึกษาสังคมพืช และวัดความลึกของชั้นพรุ จำนวน 3 จุด ตามแนวแวงมุมของแปลง คำนวณการกักเก็บคาร์บอนในชั้นพรุและดินที่ความลึก 1 เมตร โดยใช้ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในชั้นพรุและดินที่ได้จากการศึกษาสังคมพืช วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตลอดจนการกระจายของข้อมูลของการกักเก็บคาร์บอนของจุดสำรวจทั้งหมด

นอกจากนี้ยังประเมินการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดของป่าพรุควนเคร็งที่ยังคงสภาพป่าพรุทั้งสิ้น 157.87 ตารางกิโลเมตร (ประสงค์, 2556)

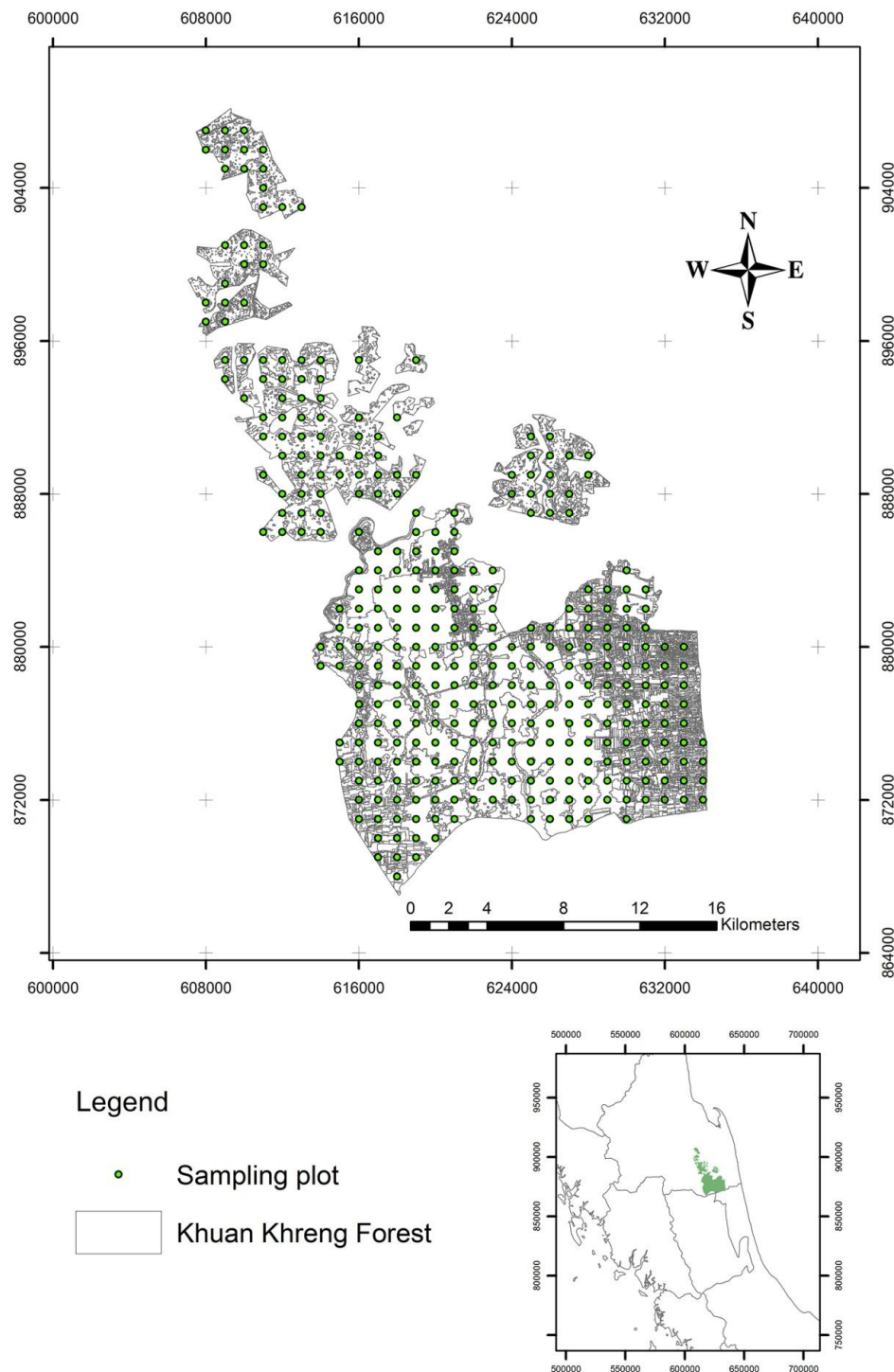


Figure 1 A systematic grid sampling on a 1x1 km uniform grid in the Khuan Khreng peat swamp forest.

ผลและวิจารณ์

1. การกักเก็บคาร์บอนในสังคมพืชประเภทต่างๆ

1.1 ลักษณะสังคมพืชป่าพรุควนเคร็ง

ป่าเสม็ดที่ลุ่มมีน้ำท่วมขังเกือบตลอดปี มีปริมาณการปกคลุมของเรือนยอดแตกต่างกันไปตามความหนาแน่นของไม้เสม็ดขาว โดยมีความหนาแน่นเฉลี่ย 1,500 ต้นต่อเฮกตาร์ และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 9.68 เซนติเมตร และ 7.27 เมตร ตามลำดับ ในแปลงที่มีความหนาแน่นของต้นเสม็ดขาวน้อยพบมีกระจุต กระจุตหนู และพืชพื้นล่างชนิดอื่นๆ ขึ้นปะปนในบริเวณที่โล่ง ป่าเสม็ดที่ตอนส่วนใหญ่มีน้ำท่วมขังเฉพาะฤดูฝน มีปริมาณการปกคลุมของเรือนยอดแตกต่างกันไปตามความหนาแน่นของไม้เสม็ดขาวเช่นเดียวกับในพื้นที่ลุ่ม โดยมีความหนาแน่นเฉลี่ย 1,120 ต้นต่อเฮกตาร์ และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 12.29 เซนติเมตร และ 9.31 เมตร ตามลำดับ แต่ที่แตกต่างกับป่าเสม็ดที่ลุ่ม คือ ในแปลงที่มีความหนาแน่นของต้นไม้น้อยไม่ค่อยพบพืชพื้นล่างในบริเวณที่โล่ง เมื่อเปรียบเทียบลักษณะสังคมพืชของป่าเสม็ดที่ลุ่ม และที่ตอน พบว่า ป่าเสม็ดที่ลุ่มมีความหนาแน่นของไม้เสม็ดขาวโดยเฉลี่ยมากกว่าป่าเสม็ดที่ตอน แต่ไม้เสม็ดขาวมีขนาดเล็กกว่า แต่ความหนาแน่น และขนาดของไม้เสม็ด มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ในขณะที่การกระจายของไม้รุ่นในทั้งสองสังคมพืชมีการแปรผันสูงมาก ตั้งแต่ไม่มีเลยจนถึง 2,969 ต้นต่อเฮกตาร์ (Table 2)

Table 2 Trees and saplings in lowland and upland *Melaleuca* plant communities at Khuan Khreng peat swamp forest.

Plant community	Density (individual ha ⁻¹)		DBH (cm)		H (m)	
	Trees	Saplings	Trees	Saplings	Trees	Saplings
Lowland <i>Melaleuca</i>	1,500±896	2,461±2,683	9.68±2.88	1.69±1.22	7.27±1.62	2.97±1.35
Upland <i>Melaleuca</i>	1,120±365	898±1,411	12.29±2.12	0.76±0.56	9.31±1.90	1.93±0.63
p-value	$\geq 0.05^{ns}$	$\geq 0.05^{ns}$	$\geq 0.05^{ns}$	$\geq 0.05^{ns}$	$\geq 0.05^{ns}$	$\geq 0.05^{ns}$

Remark ns – non-significant difference at p-value ≥ 0.05

สำหรับสังคมพืชที่เป็นทุ่งหญ้าในบริเวณป่าพรุควนเคร็งส่วนใหญ่เป็นทุ่งกระจุต มักพบในบริเวณที่ลุ่ม มีกระจุตใหญ่ที่ใช้ประโยชน์ในการสานเสื่อ ทำใบเรือ ทำเชือกผูกมัด และทำกระสอบบรรจุสินค้าเกษตรและสิ่งของอื่นๆ และมีเพียงส่วนน้อยที่มีกระจุตหนูที่มีลำต้นขนาดเล็กและสั้นกว่าทำให้ใช้ประโยชน์ได้น้อยกว่าขึ้นปะปน มีเพียงพื้นที่ส่วนน้อยที่เป็นทุ่งหญ้าอื่นๆ ที่มีพืชวงศ์กกเช่นเดียวกัน แต่เป็นพวกกกปรีอกระจุตหนู ซึ่งเป็นพืชพื้นล่างที่พบในป่าเสม็ดที่ลุ่มและที่ตอนด้วยเช่นกัน

1.2 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้เสม็ด

จากการศึกษามวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในป่าเสม็ดที่ลุ่มและป่าเสม็ดที่ตอน พบว่า มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดินของป่าเสม็ดที่ลุ่ม และที่ตอน มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ดังแสดงใน Table 3 ทั้งนี้เนื่องจากป่าเสม็ดที่ลุ่มและที่ตอนมีความแตกต่างระหว่างแปลงตัวอย่างที่ศึกษามากทั้งความหนาแน่น และขนาดของต้นไม้ (Table 2) ป่าเสม็ดที่ตอนมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพมากกว่าป่าเสม็ดที่ลุ่มถึงร้อยละ 34 โดยทั้งสองสังคมพืชมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของลำต้นมีค่าเกือบครึ่งของมวลชีวภาพทั้งหมด ในขณะที่สัดส่วนของมวลชีวภาพของเปลือกซึ่งจัดเป็นแหล่งเชื้อเพลิง

Table 3 Dry matter and carbon storage in three different plant communities of Khuan Khreng peat swamp forest.

Plant community	Melaleuca trees			Undergrowth			Litter	Soil	Total
	Aboveground	Belowground	Total	Aboveground	Belowground	Total			
	Dry matter (Mg ha ⁻¹)								
Lowland <i>Melaleuca</i>	32.32±21.19	12.93±4.24	45.25±25.43	2.38±1.76	0.95±0.70	3.33±2.46	4.00±3.53	na	101.16±31.42
Upland <i>Melaleuca</i>	44.82±20.79	17.93±4.16	62.75±24.95	3.40±0.83	1.36±0.33	4.76±1.16	9.91±3.96	na	144.93±30.07
Grassland	na	na	na	7.97±6.05	3.19±2.42	11.16±8.47	5.63±2.44	na	27.95±10.91
p-value	p≥0.05 ^{ns}	5.01±3.42	p≥0.05 ^{ns}	p≥0.05 ^{ns}	p≥0.05 ^{ns}	p≥0.05 ^{ns}	p≥0.05 ^{ns}	na	p≥0.05 ^{ns}
C storage (Mg ha ⁻¹)									
Lowland <i>Melaleuca</i>	16.46±10.16	6.58±2.03	23.04±12.18	1.02±0.75	0.41±0.15	1.43±0.90	1.72±1.53	401.59±240.16	427.78±255.82
Upland <i>Melaleuca</i>	22.09±10.25	8.84±2.00	30.93±12.25	1.44±0.36	0.58±0.07	2.02±0.43	4.48±2.02	284.72±25.70	322.14±29.08
Grassland	na	na	na	3.58±2.85	1.43±0.57	5.01±3.42	2.31±0.90	284.68±154.08	292.00±158.04
p-value	p≥0.05 ^{ns}	p≥0.05 ^{ns}	p≥0.05 ^{ns}	p≥0.05 ^{ns}	p≥0.05 ^{ns}	p≥0.05 ^{ns}	p≥0.05 ^{ns}	p≥0.05 ^{ns}	p≥0.05 ^{ns}

Remark Values are means ± standard deviation and ns is referred to non-statistical significance at p≥0.05.

สำคัญในป่าพรุ พบว่า ป่าเสม็ดในที่ดอน (ร้อยละ 7) มีมากกว่าป่าเสม็ดที่ลุ่ม (ร้อยละ 5) ทั้งนี้มวลชีวภาพของไม้รุ่มพบเป็นสัดส่วนที่น้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในป่าเสม็ดที่ดอน (Table 2)

มวลชีวภาพเหนือดินโดยเฉลี่ยของป่าเสม็ดที่ดอนจากการศึกษาครั้งนี้ (44.82 ต้นต่อเฮกตาร์) มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ กอบศักดิ์ (2556) ที่ศึกษาภายหลังการเกิดไฟป่าในป่าพรุควนเคร็งเมื่อปี พ.ศ. 2555 โดยมีมวลชีวภาพเหนือดินเฉลี่ยเท่ากับ 46.93 ต้นต่อเฮกตาร์ แต่การศึกษานี้มีมวลชีวภาพเหนือดินและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือดินต่ำกว่าการศึกษาของ อานูช และคณะ (2557) ที่ศึกษาในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติบ้านกุ่มแปะ และป่าบ้านในลุ่ม และป่าพรุควนเคร็ง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.31 และ 26.31 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากป่าพรุบริเวณดังกล่าวไม้เสม็ดมีความหนาแน่นมากกว่าและขนาดใหญ่กว่า อย่างไรก็ตามผลการศึกษานี้มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินสูงกว่ามวลชีวภาพเหนือดินที่รายงานโดย ทาเคชิ และคณะ (2544) ซึ่งศึกษามวลชีวภาพป่าเสม็ดขาวในพื้นที่พรุบาเจาะ จังหวัดนราธิวาส พบว่า มีมวลชีวภาพเหนือดินเพียง 6-16 ต้นต่อเฮกตาร์เท่านั้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับป่าชนิดอื่นๆ ในประเทศไทยที่รวบรวมโดย กัลยา และ สาทิศ (2554) พบว่า การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือดินของป่าเสม็ดบริเวณป่าพรุควนเคร็งที่ศึกษาครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าประเภทอื่นๆ โดยป่าดงดิบมีค่าเฉลี่ยสูงสุด และป่าชายเลนรุ่มสองมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 125.5 และ 35.2 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ เนื่องจากป่าพรุควนเคร็งเกิดไฟไหม้รุนแรงหลายครั้งติดต่อกัน ทำให้ไม้เสม็ดขาวมีการเติบโตและการเจริญทดแทนตามธรรมชาติต่ำ และล่าสุดเพิ่งเกิดไฟป่าที่รุนแรงในปี พ.ศ. 2555 (กอบศักดิ์, 2556) นอกจากนี้ในพื้นที่ศึกษายังมีความแตกต่างของลักษณะภูมิประเทศ ป่าจันทุมิอากาศ และลักษณะทางอุทกวิทยา (การท่วมขังของน้ำ) ทำให้มีความแตกต่างของความหนาแน่น และขนาดของต้นไม้ระหว่างพื้นที่สูงมาก (Table 2) เช่นเดียวกับการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนของป่าพรุในลุ่มน้ำ Amanzule และ Ankobra ประเทศกานา พบว่า การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าพรุมีความแตกต่างกันอยู่กับ ลักษณะพื้นที่ ลักษณะทางอุทกวิทยา และกิจกรรมของมนุษย์ โดยการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าพรุที่สมบูรณ์ (114.29 ต้นต่อเฮกตาร์) มีค่ามากกว่าป่าพรุเสื่อมโทรม (71.27 ต้นต่อเฮกตาร์) และป่าพรุที่ถูกทำลาย (20.46 ต้นต่อเฮกตาร์) ตามลำดับ (Asante and Jengre, 2012)

1.3 การกักเก็บคาร์บอนในพืชพื้นล่างและซากพืช

นอกเหนือจากการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นแล้ว การศึกษาครั้งนี้ยังศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในแหล่งสะสมอื่นๆ ได้แก่ มวลชีวภาพของพืชพื้นล่าง และซากพืช การกักเก็บคาร์บอนในพืชพื้นล่างมีความแตกต่างระหว่างพื้นที่มาก ตามที่คาดการณ์ในทุ่งหญ้ามีการกักเก็บคาร์บอนในพืชพื้นล่าง (5.01 ต้นต่อเฮกตาร์) สูงกว่าในป่าเสม็ดที่ดอน (1.44 ต้นต่อเฮกตาร์) และที่ลุ่ม (1.02 ต้นต่อเฮกตาร์) เกินสองเท่า ในขณะที่การกักเก็บคาร์บอนในซากพืชในป่าเสม็ดที่ดอน (4.48 ต้นต่อเฮกตาร์) สูงกว่าป่าเสม็ดที่ลุ่ม (1.72 ต้นต่อเฮกตาร์) (Table 3) เนื่องจากป่าเสม็ดที่ดอนมีมวลชีวภาพเหนือดินสูง ทำให้มีการร่วงหล่นของซากพืชในปริมาณที่มากกว่า เช่นเดียวกับที่มีเคยมีการศึกษาในป่าชายเลนพื้นที่ต่างๆ พบว่า ผลผลิตซากพืชมีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพเหนือดิน และความสูงของหมู่ไม้ (Seanger and Snedaker, 1993) ในขณะที่การกักเก็บคาร์บอนของซากพืชในทุ่งหญ้า (2.31 ต้นต่อเฮกตาร์) มีความแตกต่างระหว่างพื้นที่สูงมาก โดยแปลงตัวอย่างที่เป็นสังคมของกระจูด (1.54-1.55 ต้นต่อเฮกตาร์) มีการกักเก็บคาร์บอนของซากพืชต่ำกว่าสังคมของกกปรีอ (2.78-3.35 ต้นต่อเฮกตาร์) อาจเนื่องจากการนำกระจูดออกไปใช้ประโยชน์ของชุมชน อย่างไรก็ตามการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพืชพื้นล่างและซากพืชมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ระหว่างสังคมพืช ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีความแตกต่างระหว่างพื้นที่ในแต่ละข้าค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามหากพิจารณาพืชพื้นล่าง และซากพืช รวมทั้งเปลือกของต้นไม้ (Table 3) ซึ่งจัดเป็นแหล่งเชื้อเพลิงหลักของป่าพรุ และเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อพฤติกรรมของไฟในป่าพรุควนเคร็ง จะ

เห็นได้ว่า สังคมเสม็ดในที่ดอน มีแนวโน้มที่จะเกิดไฟป่าที่มีความรุนแรงมากกว่าสังคมหญ้า และสังคมเสม็ดในที่ลุ่ม ตามลำดับ เนื่องจากมีปริมาณของเชื้อเพลิงมากกว่า

1.4 การกักเก็บคาร์บอนในชั้นพรุและดิน

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดินพรุ โดยการจำแนกเป็นชั้นต่างๆ ชั้นพรุ fibric และพรุ hemic ซึ่งมีปริมาณซากพืชที่ยังไม่ย่อยสลายอยู่มีความเข้มข้นของคาร์บอนค่อนข้างสูง แต่มีการแปรผันระหว่างชั้นพรุ และพื้นที่สูงมาก โดยชั้นพรุ fibric และพรุ hemic มีค่าร้อยละ 16.54-26.24 และ 21.99-40.09 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และมีความหนาแน่นรวม 0.196-0.318 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับชั้นพรุ sapric ที่มีย่อยสลายเกือบสมบูรณ์ถึงสมบูรณ์แล้ว ที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำที่สุดไม่ถึงร้อยละ 2 และมีความหนาแน่นรวม 1.036-1.392 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยทั่วไปดินพรุซึ่งเป็นดินอินทรีย์ มีสัดส่วนคาร์บอนแปรผันระหว่างร้อยละ 18-60 ของน้ำหนักแห้ง และมีความหนาแน่นรวม 0.03-0.30 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับดินอินทรีย์ ที่มีสัดส่วนคาร์บอนเพียงร้อยละ 0.5-6.0 ของน้ำหนักแห้ง แต่มีความหนาแน่นรวม 0.6-1.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Agus *et al.*, 2011)

เมื่อเปรียบเทียบการกักเก็บคาร์บอนในดินในพื้นที่ที่มีลักษณะสังคมพืชที่แตกต่างกัน พบว่า ในป่าเสม็ดที่ลุ่ม มีชั้นพรุที่สามารถแบ่งเป็นพรุ fibric พรุ hemic และ พรุ sapric และบางแปลงตัวอย่างมีชั้นพรุที่เคยถูกไฟไหม้ โดยพบชั้นพรุที่ยังย่อยสลายไม่สมบูรณ์มีความลึกอยู่ระหว่าง 42-90 เซนติเมตร โดยมีการสะสมคาร์บอนที่ระดับ 0-100 เซนติเมตร แปรผันสูงมาก เฉลี่ยเท่ากับ 401.59 ± 240.16 ตันต่อเฮกตาร์ สำหรับป่าเสม็ดที่ดอน มีชั้นพรุที่สามารถจำแนกเป็นพรุ fibric และชั้นพรุ sapric และบางแปลงตัวอย่างมีชั้นพรุที่เคยถูกไฟไหม้ โดยมีชั้นพรุที่ยังย่อยสลายไม่สมบูรณ์อยู่ไม่มาก (13-33 เซนติเมตร) โดยมีการกักเก็บคาร์บอนในดินสะสมที่ระดับ 0-100 เซนติเมตร เฉลี่ยเท่ากับ 284.72 ± 25.70 ตันต่อเฮกตาร์ ในขณะที่สังคมพืชทุ่งหญ้ามีความแตกต่างชนิดของพืชพื้นล่างที่เป็นองค์ประกอบ ส่วนใหญ่เป็นทุ่งหญ้าที่ปกคลุมด้วยกระจูด มีชั้นพรุ fibric พรุ hemic และชั้นพรุที่เคยถูกไฟไหม้ โดยพบชั้นพรุที่ยังย่อยสลายไม่สมบูรณ์อยู่ระหว่าง 43-47 เซนติเมตร โดยมีการสะสมคาร์บอนที่ระดับ 0-100 เซนติเมตร ระหว่าง $402.52-431.38$ ตันต่อเฮกตาร์ แต่ในแปลงตัวอย่างที่มีกบปรีอปกคลุม ชั้นพรุที่เกิดขึ้นมีพรุ fibric และชั้นพรุที่เคยถูกไฟไหม้เพียงเล็กน้อย (19-25 เซนติเมตร) ส่วนใหญ่เป็นชั้นพรุ sapric โดยมีการสะสมคาร์บอนที่ระดับ 0-100 เซนติเมตร ระหว่าง $132.06-172.76$ ตันต่อเฮกตาร์ ทำให้ทุ่งหญ้ามักมีการสะสมคาร์บอนในชั้นพรุเฉลี่ย 284.68 ± 154.08 ตันต่อเฮกตาร์

แต่เมื่อเปรียบเทียบการสะสมคาร์บอนในดินที่ระดับ 0-100 เซนติเมตรของป่าเสม็ดที่ลุ่ม ป่าเสม็ดที่ดอน และทุ่งหญ้า พบว่า ป่าเสม็ดที่ลุ่มมีการกักเก็บมากที่สุด และมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของป่าเสม็ดที่ดอน และทุ่งหญ้าถึงร้อยละ 45 แต่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสังคมพืช ($p \geq 0.05$) เนื่องจากมีความแตกต่างระหว่างแปลงตัวอย่างสูงมาก (Table 3) การกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าพรุควนเคร็งที่ศึกษาในครั้งนี้มีค่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับ การกักเก็บคาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0-100 เซนติเมตร กับป่าชนิดอื่นๆ ในประเทศไทยที่รวบรวมโดย กัลยา และ สาทิศ (2554) ซึ่งพบว่า การกักเก็บคาร์บอนในดินพบมากที่สุดในปีดับขึ้น (145-331 ตันต่อเฮกตาร์) และน้อยที่สุดในป่าเต็งรัง (51 ตันต่อเฮกตาร์) เนื่องจากดินของป่าพรุควนเคร็งเป็นดินอินทรีย์ที่ยังมีชั้นพรุที่ยังย่อยสลายไม่สมบูรณ์อยู่มาก และมีความเข้มข้นของคาร์บอนในสัดส่วนที่สูง เช่นเดียวกับที่มีการรายงานกักเก็บคาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0-100 เซนติเมตร ในป่าพรุของประเทศอินโดนีเซียที่มีการแปรผันมาก โดยในป่าพรุที่ลุ่มมีค่าสูงสุดถึง 700 ตันต่อเฮกตาร์ (Agus *et al.*, 2011) และในป่าพรุที่ดอนมีค่าสูงสุดถึง 300 ตันต่อเฮกตาร์ (Shofiyati *et al.*, 2010)

จากการเปรียบเทียบการกักเก็บคาร์บอนในภาพรวมของป่าพรุควนเคร็งจากแหล่งสะสมคาร์บอนต่างๆ ได้แก่ มวลชีวภาพของไม้เสม็ด พืชพื้นล่าง ชากพืช และในดินพรุ พบว่า ป่าเสม็ดที่ลุ่ม มีการกักเก็บคาร์บอนมากกว่าป่าเสม็ดที่ดอน และทุ่งหญ้า ถึงร้อยละ 40 โดยที่การกักเก็บคาร์บอนในทั้ง 3 สังคมพืชมากกว่าร้อยละ 80 ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดมาจากการสะสมคาร์บอนในดิน (Table 3) ซึ่งเป็นดินอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นของคาร์บอนสูง เช่นเดียวกับที่ศึกษาพบในป่าพรุเขตร้อนทั่วไป

1.5 การกักเก็บคาร์บอนในป่าพรุควนเคร็ง

จากการสำรวจและวางแผนแปลงตัวอย่างจำนวน 172 จุดสำรวจ พบว่า ข้อมูลความลึกในแปลงเดียวกันมีการแปรผันค่อนข้างสูง ดังนั้นการสำรวจความลึกของพรุจึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการสำรวจซ้ำเพื่อให้เกิดความแม่นยำของข้อมูลที่สุด โดยค่าความลึกของชั้นพรุที่สำรวจพบระหว่าง 0.00-3.10 เมตร และมีความลึกเฉลี่ยของพื้นที่ศึกษามีค่าเท่ากับ 0.78 ± 0.77 เมตร ชั้นพรุมีลักษณะการกระจายตัวของความลึกไม่ต่อเนื่องกัน ผลจากการวิเคราะห์การกักเก็บคาร์บอนจากแหล่งสะสมคาร์บอน ได้แก่ มวลชีวภาพของไม้เสม็ด มวลชีวภาพของพืชพื้นล่าง ชากพืช และในดินพรุ พบว่า มีการแปรผันสูงมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 500.19 ± 247.43 ตันต่อเฮกตาร์ (Table 4) ป่าพรุควนเคร็ง ในปี พ.ศ. 2556 มีเนื้อที่ที่ยังคงสภาพเป็นป่าพรุทั้งสิ้น 157.87 ตารางกิโลเมตร สามารถประเมินการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดของพื้นที่ได้เท่ากับ 7.90 ล้านตันคาร์บอน หรือ 28.95 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ มีการกักเก็บคาร์บอนในดินพรุเป็นสัดส่วนถึงร้อยละ 94.7 ในขณะที่การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้เสม็ด พืชพื้นล่าง และชากพืชเพียงร้อยละ 4.6, 0.1 และ 0.6 ตามลำดับ (Figure 2a) จากข้อมูลการสำรวจสามารถจำแนกพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งตามปริมาณการกักเก็บคาร์บอนออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ การกักเก็บคาร์บอนต่ำมาก ต่ำ ปานกลาง สูง และ สูงมาก โดยแปลงสำรวจมีการกักเก็บคาร์บอนสูงมากมีมากที่สุดถึง 63 แปลง (ร้อยละ 36.63) ซึ่งส่วนใหญ่พบในที่ลุ่มที่มีไม้เสม็ดขาขึ้นอยู่ และมีความลึกของชั้นพรุมากกว่า 0.90 เมตร ในขณะที่กลุ่มที่มีการกักเก็บคาร์บอนต่ำมากพบรองลงมาเป็นจำนวน 54 แปลง (ร้อยละ 31.40) ซึ่งมักพบในที่ดอน ที่ไม่พบชั้นพรุ sapric หรือมีความลึกของชั้นพรุที่ยังย่อยสลายไม่สมบูรณ์น้อยกว่า 0.20 เมตร ทั้งในสังคมพืชที่มีไม้เสม็ด และทุ่งหญ้า ในขณะที่กลุ่มอื่นๆ พบในปริมาณที่ใกล้เคียงกันระหว่างร้อยละ 9-13 ของแปลงสำรวจทั้งหมด (Figure 2b) ทั้งนี้หากพิจารณาการกระจายตัวของการกักเก็บคาร์บอนของป่าพรุ จะเห็นว่าพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนสูงถึงสูงมากมักอยู่บริเวณที่ลุ่มด้านในห่างไกลจากชุมชน ในขณะที่พื้นที่บริเวณรอบนอกและพื้นที่ป่าพรุที่กระจายอยู่เป็นหย่อมๆ มีการกักเก็บคาร์บอนต่ำถึงต่ำมาก (Figure 3)

Table 4 Peat depth and carbon storage in various pools in the in Khuan Khreng peat swamp forest.

Parameter	Peat depth (m)	Carbon storage (MgC ha ⁻¹)				
		Tree biomass	Undergrowth	Litter	Soil at 1 m depth	Total
Average	0.78	22.84	0.50	3.18	473.67	500.19
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	146.97	146.97
Maximum	3.10	111.59	4.89	22.97	737.78	844.30
Coefficient of variation	98.26	97.20	136.25	102.24	52.01	49.47

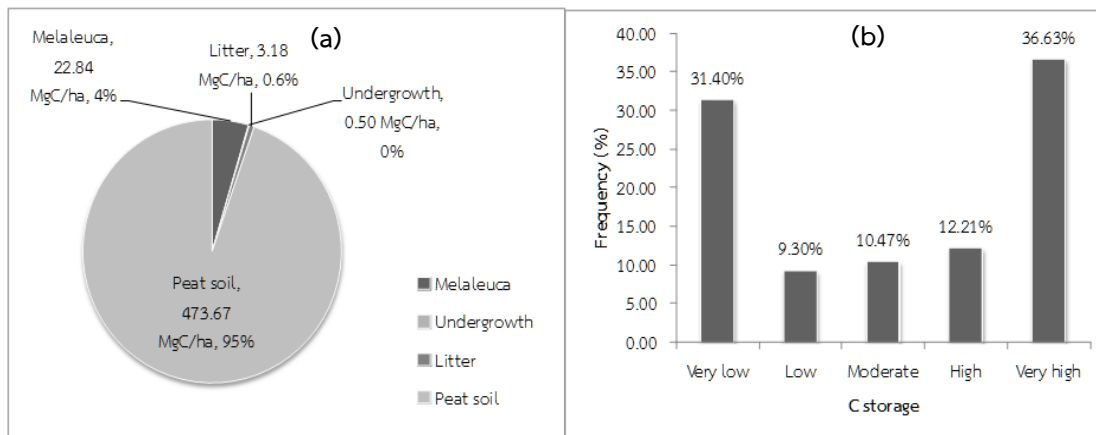


Figure 2 Carbon storage in the Khuan Khreng peat swamp forest (a) carbon allocation in each carbon pool; and (b) plot distribution in each carbon storage class, very low <291, low 291-430, moderate 430-570, high 570-709 and very high >709 MgC ha⁻¹.

ในภาพรวม จะเห็นได้ว่าดินพรุเป็นแหล่งสะสมคาร์บอนที่สำคัญ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของในดินของป่าพรุขึ้นอยู่กับความลึกของชั้นพรุ ลักษณะทางอุทกวิทยา และลักษณะการใช้ที่ดิน จากการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนของป่าพรุในลุ่มน้ำ Amanzule และ Ankobra ประเทศกานา โดย Asante and Jengre (2012) สรุปได้ว่า แหล่งสะสมคาร์บอนที่สำคัญ คือ ดินพรุ และปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการกักเก็บคาร์บอนในป่าพรุ คือ ลักษณะทางอุทกวิทยา โดยป่าพรุที่มีน้ำท่วมขังตลอดทั้งปีมีการกักเก็บคาร์บอนสูงกว่าป่าพรุที่มีน้ำท่วมขังตามฤดูกาล เช่นเดียวกับการศึกษาครั้งนี้ ที่ป่าเสม็ดที่ลุ่มซึ่งมีน้ำท่วมขังตลอดทั้งปีมีการกักเก็บคาร์บอนในดินสูงกว่าป่าเสม็ดที่ดอน แต่มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพและในซากพืชชั้นน้อยกว่า อย่างไรก็ตามในป่าพรุที่ดอนที่มีความสมบูรณ์มากอาจมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพมากกว่าในดิน (Agus *et al.*, 2011) แต่การสะสมคาร์บอนในชั้นดินพรุอาจมีการเปลี่ยนแปลง และถูกปล่อยเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศได้ง่ายจากการเกิดปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนในกระบวนการ peat oxidation เมื่อระดับน้ำลดลง และการเกิดไฟป่า จากการศึกษาป่าพรุใน Kalimantan ตอนกลาง ประเทศมาเลเซีย พบว่า ป่าพรุส่วนใหญ่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน 9.53-10.61 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี (Jauhainen *et al.*, 2005) ในขณะที่ป่าพรุที่กำลังเสื่อมโทรมมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินถึง 21.30 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี (Melling *et al.*, 2005) ดังนั้นจึงควรมีมาตรการเพื่อป้องกันและควบคุมการเกิดไฟ และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เพื่อรักษาแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญต่อไป

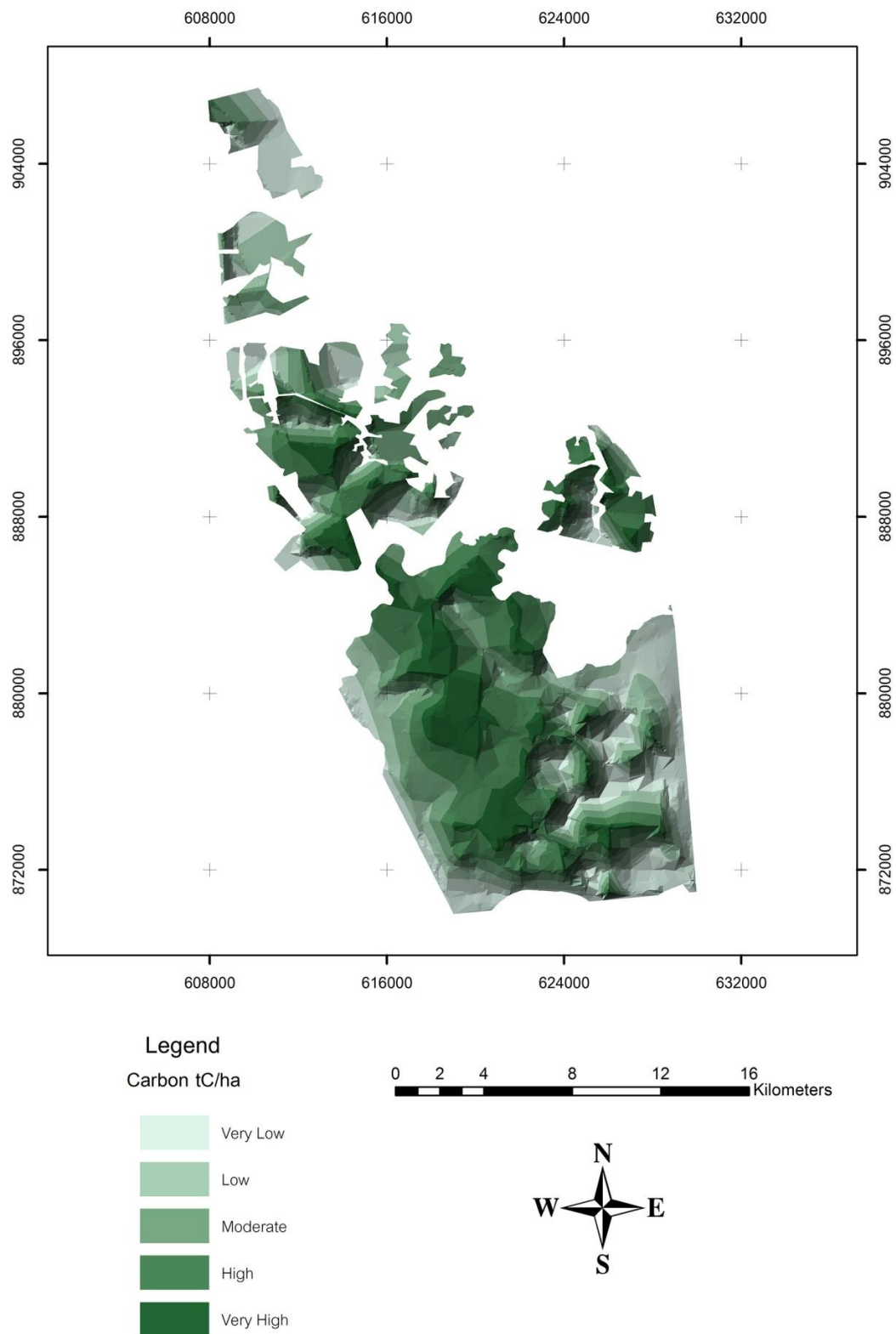


Figure 3 Distribution of carbon storage in the Khuan Khreng peat swamp forest; very low <291, low 291-430, moderate 430-570, high 570-709 and very high >709 MgC ha⁻¹.

สรุปและข้อเสนอแนะ

ป่าพรุควนเคร็งเคยเป็นป่าพรุสมบูรณ์แต่ถูกทำลายและมีการทดแทนตามธรรมชาติจนเกิดเป็นสังคมป่าเสม็ดสลับกับทุ่งหญ้า ไม่มีไม้ยืนต้นชนิดอื่นๆ ขึ้นอยู่ ทำให้การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพืชพรรณขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของไม้เสม็ดขาวเป็นสำคัญ ในภาพรวมปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของป่าพรุควนเคร็งมีค่าสูง โดยที่มากกว่าร้อยละ 90 อยู่ในชั้นพรุ เนื่องจากชั้นพรุยังอยู่ในระหว่างกระบวนการย่อยสลายทำให้มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบอยู่มาก และยังมีการสะสมของชั้นดินพรุเพิ่มขึ้นทุกปี แต่การสะสมคาร์บอนในชั้นดินพรุมีแปรผันมากระหว่างพื้นที่ขึ้นอยู่กั ลักษณะภูมิประเทศ และลักษณะทางอุทกวิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งระดับการท่วมขังของน้ำในรอบปี และที่สำคัญการกักเก็บคาร์บอนในชั้นพรุอาจมีการเปลี่ยนแปลงและถูกปลดปล่อยเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศได้ง่าย เนื่องจากปัจจัยคุกคามจากการระบายน้ำออกจากพื้นที่เพื่อเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากป่าพรุเปลี่ยนเป็นพื้นที่สวนปาล์ม และสวนยางพารา ทำให้สูญเสียคาร์บอนจากกระบวนการ peat oxidation เมื่อระดับน้ำลดลง และเสี่ยงต่อการเกิดไฟไหม้อย่างรุนแรง ดังนั้นจึงควรมีมาตรการในการควบคุมระดับน้ำในป่าพรุควนเคร็ง และควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการสูญเสียคาร์บอนในชั้นพรุจากกระบวนการ peat oxidation ไฟไหม้ และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตลอดจนผลกระทบของปัจจัยเหล่านั้นที่มีต่อสมดุลคาร์บอนในระบบนิเวศป่าพรุ เพื่อการจัดการป่าพรุควนเคร็งแห่งนี้ให้ยังคงเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของแผนงานวิจัย การจัดการไฟป่าเพื่อบรรเทาปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กอบศักดิ์ วันธงไชย. 2556. การประเมินลักษณะเชื้อเพลิง พุทธิกรรมไฟป่า การสูญเสียคาร์บอน และผลกระทบของไฟป่าต่อลักษณะโครงสร้างสังคมพืช จากเหตุการณ์ไฟไหม้ป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช ปี พ.ศ. 2555. ใน การประเมินความเสียหายของไฟไหม้ป่าพรุควนเคร็งปี พ.ศ. 2555. รายงานฉบับสมบูรณ์. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- _____, จงรัก วัชรินทร์รัตน์, สาพิศ ดิลกสัมพันธ์, ประสงค์ สงวนธรรม, สาวิตรี การ์เวทย์ และพรเทพ เหมือนพงษ์. 2559. การจัดการไฟป่าเพื่อบรรเทาปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง. รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- กัลยา วัฒนยากร และ สาพิศ ดิลกสัมพันธ์. 2554. วัฏจักรคาร์บอน. ใน อัครมน ลิ้มสกุล, อำนาจ ชิตไธสง และ กัณธรีย์ บุญประกอบ, บรรณาธิการ. รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานการณ์องค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1: องค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. คณะทำงานกลุ่มที่ 1 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
- ทาเคชิ ทังเก, เท็ตสึยา คาวาซุเอะ, ทาเคชิ ยามาโนชิตา, ยาซุชิ โมริกาว่า และ ธนิตย์ หนูยิ้ม. 2544. ผลผลิตมวลชีวภาพป่าเสม็ดขาวในพื้นที่พรุบาเจาะ จังหวัดนราธิวาส, น. 39-44. ใน รายงานนวนิพนธ์วิจัยประจำปี 2544. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

- ประสงค์ สงวนธรรม. 2556. การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่พรุควนเคร็ง นครศรีธรรมราช-พัทลุง เพื่อการประเมินพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากไฟป่าปี 2012 ในพื้นที่พรุควนเคร็งด้วยภาพถ่ายดาวเทียม. ใน **การประเมินความเสียหายของไฟไหม้ป่าพรุควนเคร็งปี พ.ศ. 2555**. รายงานฉบับสมบูรณ์. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อานูช ศิริรัฐนิคม, สุภาภา ศิริรัฐนิคม, ทิพย์ทิวา สัมพันธ์มิตร และ กมล อาศิริเมธี. 2557. มูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในป่าพรุ จังหวัดนครศรีธรรมราช. **วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร 8 (2) : 127-134**.
- Agus, F., K. Hairiah and A. Mulyani. 2011. **Measuring Carbon Stock in Peat Soils: Practical Guidelines**. Indonesian Centre for Agricultural Land Resources Research and Development. World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program, Jakarta.
- Asante, W. and N. Jengre. 2012. **Carbon Stocks and Soil Nutrient Dynamics in the Peat Swamp Forests of the Amanzule Wetlands and Ankobra River Basin**. USAID Integrated Coastal and Fisheries Governance Program for the Western Region of Ghana. Nature Conservation and Research Centre, Accra.
- Hairiah, K. and S. Rahayu. 2007. **Measurement of Carbon Stocks in a Wide Range of Land Uses**. World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program, Jakarta.
- Hooijer, A., S. Page, J.G. Canadell, M. Silvius, J. Kwadijk, H. Wosten, and J. Jauhiainen. 2010. Current and future CO₂ emissions from drained peatlands in Southeast Asia. **Biogeosciences 7**: 1505–1514.
- IPCC. 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. International Panel on Climate Change. IGES, Japan.
- Jauhiainen, J., H. Takahashi, J.E.P. Heikkinen, P.J. Martikainen, and H. Vasander. 2005. Carbon fluxes from a tropical peat swamp forest floor. **Global Change Biology 11**: 1788–1797.
- Melling, L., R. Hatano and K.J. Goh. 2005. Soil CO₂ flux from three ecosystems in tropical peatland of Sarawak, Malaysia. **Tellus B 57**: 1-11.
- Page, S.E., J.O. Rieley and C.J. Banks. 2011. Global and regional importance of the tropical peatlands carbon pool. **Global Change Biology 17**: 798-818.
- Seanger, P. and S.C. Snedaker. 1993. Pantropical trends in Mangrove above-ground biomass and annual litterfall. **Oecologia 96**: 293-299
- Shofiyati R, I. Las and F. Agus. 2010. Indonesian soil database and predicted stock of soil carbon, pp. 73–83. In Z.S. Chen and F. Agus, eds. **Proceedings of International Workshop on Evaluation and Sustainable Management of Soil Carbon Sequestration in Asian Countries**. 28–29 September 2010. Bogor, Indonesia.

พฤติกรรมไฟในป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Forest Fire Behavior in Khuan Khreng Peat Forest,
Nakhon Sri Thammarat Province

สุทธิพงษ์ ไชยรักษ์^{1*} กอบศักดิ์ วันธงชัย¹ และ พลากร คูหา¹
 Sutthiphong Chaiyarak^{1*} Kobsak Wanthongchai¹ and Phalakorn Kooa¹

¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: popforest74@gmail.com

ABSTRACT

Anthropogenic burning has become a common phenomenon throughout Thailand's tropical peat forest (TPF), where the forest grows on a thick peat or organic soil layer, formed under water logged conditions over thousands of years. This study investigated three vegetation types—*Melaleuca cajuputi* lowland, *M. cajuputi* upland, and grassland in Khuan Khreng TPF—using four replicated 30 m x 30 m plots in each vegetation type. Data on *M. cajuputi*, surface fuel, surface fire behavior descriptors, and residues left after burning were investigated. Furthermore, the horizon ground fire characteristics were estimated in a 0.3 m³ grass box. The total above ground fuel load was highest in the *M. cajuputi* upland plots (23.28 t ha⁻¹) followed by the *M. cajuputi* lowland plots (15.84 t ha⁻¹) and grassland (13.61 t ha⁻¹). The heat value content in six fuel types was: litter (4,289.18 cal g⁻¹), undergrowth (4,075.14 cal g⁻¹), *M. cajuputi* leaf (5,181.50 cal g⁻¹), *M. cajuputi* bark (5,502.95 cal g⁻¹), peat (3,280.72 cal g⁻¹), and *Lepironia articulata* (3,675.54 cal g⁻¹). The total residues left after burning the lowland plots, upland plots, and grassland plots were 10.20, 14.42, and 8.62 t ha⁻¹, respectively. The total fuel consumed by fire was 5.64, 8.86, and 8.62 t ha⁻¹, respectively. Burning in the grassland plots was classified as medium intensity (639.32 kW m⁻¹), while it was low intensity in the *M. cajuputi* lowland and upland plots (120.34 and 151.72 kW m⁻¹, respectively). The horizon rates of fire spread ranged from 0.91 to 9.95 cm hr⁻¹, being 3.24 cm hr⁻¹ on average, and the maximum temperature was over 620 °C.

Keywords: peat forest fire, ground fire, *Melaleuca cajuputi*, Khuan Krenge peat forest

บทคัดย่อ

ไฟป่าที่เกิดจากฝีมือมนุษย์นั้นเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในพื้นที่ป่าพรุของประเทศไทยมานาน ซึ่งป่าพรุนั้นเป็นพื้นที่ที่ต้นไม้เติบโตบนพื้นที่ที่มีดินพีทหรืออินทรีย์วัตถุทับถมกันเป็นชั้นหนา ในสภาวะน้ำขังเป็นเวลากว่าพันปี การศึกษาครั้งนี้แบ่งลักษณะพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 ลักษณะ ประกอบด้วย ป่าเสม็ดที่ลุ่ม ป่าเสม็ดที่ดอน และทุ่งหญ้า ในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช วางแปลงขนาด 30x30 เมตร จำนวน 4 แปลง ในแต่ละลักษณะพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลไม้เสม็ด เชื้อเพลิงผิวดิน พฏิกิริยาไฟผิวดินและปริมาณเชื้อเพลิงที่เหลือหลังการเผา อีกทั้งยังทำการศึกษาพฏิกิริยาไฟใต้ดินในแนวระนาบในกระเบจระจกขนาด 1x1x0.3 เมตร ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณเชื้อเพลิงผิวดินรวมมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในแปลงเสม็ดที่ดอน (23.28 ตันต่อเฮกตาร์) มีค่าสูงกว่าในแปลงทุ่งหญ้า (15.84 ตันต่อเฮกตาร์) และแปลงเสม็ดที่ลุ่ม (13.61 ตันต่อเฮกตาร์) ทำการศึกษาปริมาณความร้อนในเชื้อเพลิง 6 ชนิด ได้แก่ ชากพีช (4,289.18 แคลอรีต่อกรัม) ไม้พื้นล่าง (4,075.14 แคลอรีต่อกรัม) ใบเสม็ด (5,181.50 แคลอรีต่อกรัม) เปลือกเสม็ด (5,502.95 แคลอรีต่อกรัม) พรุ (3,280.72 แคลอรีต่อกรัม) และกระจูด (3,675.54 แคลอรีต่อกรัม) ปริมาณเชื้อเพลิงที่เหลือหลังการเผาในแปลงเสม็ดที่ลุ่ม เสม็ดที่ดอนและทุ่งหญ้า มีค่าเท่ากับ 10.20 14.42 และ 8.62 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ในแปลงทดลองข้างต้นมีค่าเท่ากับ 5.64 8.86 และ 8.62 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ การเผาไหม้ในแปลงทุ่งหญ้ามี่ความรุนแรงระดับกลาง (639.32 กิโลวัตต์ต่อเมตร) ในขณะที่แปลงเสม็ดที่ลุ่มและที่ดอนนั้นมีความรุนแรงในระดับต่ำ (120.34 และ 151.72 กิโลวัตต์ต่อเมตร) อัตราไฟลามในแนวราบในชั้นพรุมีค่าระหว่าง 0.91 ถึง 9.95 เซนติเมตรต่อชั่วโมง และมีค่าเฉลี่ย 3.24 เซนติเมตรต่อชั่วโมง อุณหภูมิไฟสูงสุดมีค่าสูงกว่า 620 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: ไฟป่าพรุ ไฟใต้ดิน เสม็ดขาว ป่าพรุควนเคร็ง

คำนำ

ป่าพรุเขตร้อนเป็นสังคมพืชจำเพาะที่มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการหมุนเวียนคาร์บอนอย่างมีนัยสำคัญและกำลังลดลงอย่างรวดเร็ว (Vegas-Vilarrúbia *et al.*, 2010; Wright *et al.*, 2011; Page *et al.*, 2011) ป่าพรุในประเทศไทยจะกระจายอยู่ในพื้นที่ภาคใต้ของไทย เป็นลักษณะหนึ่งของพื้นที่ชุ่มน้ำที่พบ ป่าพรุที่ใหญ่ที่สุดพบในจังหวัดนราธิวาส รองลงมาคือ ป่าพรุควนเคร็งในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งสามารถจำแนกลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมออกเป็นสองลักษณะได้แก่ ป่าเสม็ดและทุ่งหญ้า มีบทบาทด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ เช่น เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอน ควบคุมระบบน้ำและความหลากหลายทางชีวภาพ นอกจากนี้พื้นที่ป่าพรุเขตร้อนยังมีคุณค่าต่อมนุษย์ในด้านของการเป็นแหล่งอาหาร เนื้อไม้และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ในอดีตที่ผ่านมามนุษย์พึ่งพาป่าพรุเพื่อการดำรงชีวิต แต่ในปัจจุบันพื้นที่พรุลดลงเนื่องจากความพยายามที่จะเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยการผันน้ำออกจากพื้นที่ ตัดฟันต้นไม้และถางป่า รวมไปถึงการเผาทำลายซากพืชเพื่อเปิดพื้นที่เตรียมการเพาะปลูกพืชเกษตร เช่น ปาล์มน้ำมัน หรือ ยางพารา ในขณะที่หลายๆ เครื่องมือถูกนำมาใช้เพื่อเปิดพื้นที่ป่าเพื่อเตรียมปลูกพืชเกษตร พฏิกิริยาและวัฏจักรการใช้ไฟอย่างแพร่หลายในชุมชนนี้เองส่งผลกระทบต่อพื้นที่ป่าพรุอย่างรุนแรงดังเช่นที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2555 ที่เกิดไฟไหม้ครั้งใหญ่ขึ้นในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง เนื่องจากสภาพอากาศที่แห้งแล้งและประชาชนผันน้ำออกจากพื้นที่ป่าเพื่อทำการเกษตร โดยในปี พ.ศ. 2553 มีพื้นที่ที่เกิดไฟไหม้สูงถึง 3,055.2 เฮกตาร์

และ 1,948.64 เฮกตาร์ ในปี พ.ศ. 2555 ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างและหน้าที่ของระบบนิเวศในพื้นที่ กอบคักดี และคณะ (2556) รายงานว่า ไฟป่าที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2555 นั้นส่งผลกระทบต่อ นก 89 ชนิด สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 14 ชนิด สัตว์เลื้อยคลาน 15 ชนิด และสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ 12 ชนิด นอกจากนี้ไฟปายังส่งผลให้ประชาชนต้องสูญเสียรายได้จากการใช้ประโยชน์จากป่าเป็นเงินสูงถึง 4.22 ล้านบาทต่อปี (กอบคักดี และคณะ, 2556)

ด้วยเหตุนี้เพื่อการวางแผนการจัดการไฟป่าที่ประสบความสำเร็จ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาและทำความเข้าใจกับลักษณะเชื้อเพลิงและพฤติกรรมไฟในป่าพรุให้ถ่องแท้ แต่เป็นที่น่าเสียดายว่ายังไม่มี การเผยแพร่งานวิจัยที่เก็บข้อมูลดังกล่าวอย่างเป็นระบบ การวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงลักษณะเชื้อเพลิงและพฤติกรรมไฟผิวดินในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง ด้วยหลักทางวิชาการอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้การศึกษาเกี่ยวกับไฟป่าในประเทศไทยโดยส่วนมากจะทำการศึกษาและรายงานเฉพาะลักษณะไฟผิวดินเท่านั้นและไม่มีรายงานการศึกษาลักษณะไฟในชั้นพรุอย่างเป็นระบบ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีเป้าหมายเพื่อศึกษาลักษณะพฤติกรรมไฟในชั้นพรุซึ่งเป็นลักษณะของไฟใต้ดินที่เป็นเอกลักษณ์ของไฟในป่าพรุด้วยการจำลองการเผาไหม้ในชั้นพรุอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

ดำเนินการในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยคัดเลือกลักษณะสังคมพืช 3 ลักษณะ คือ ป่าเสม็ดที่ลุ่ม ป่าเสม็ดที่ดอนและทุ่งหญ้า เพื่อเป็นตัวอย่างในการศึกษาพฤติกรรมไฟในพื้นที่ป่าพรุที่มีลักษณะสังคมพืชที่แตกต่างกัน

2. การวางแผนเก็บข้อมูล

ทำการวางแผนเก็บข้อมูลขนาด 30x30 เมตร จำนวน 4 แปลง ในแต่ละสังคมพืชรวมทั้งสิ้น 12 แปลงเก็บข้อมูล

3. การเก็บข้อมูล

3.1 การเก็บข้อมูลเพื่อหาค่าปริมาณเชื้อเพลิงก่อนเผา ปริมาณเชื้อเพลิงที่เหลือหลังจากการเผา และค่าความร้อนในเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

3.1.1 บันทึกข้อมูลของต้นไม้ (เส้นรอบวงระดับอก > 15 ซม. ความสูง > 1.3 เมตร) ทุกต้น ในแปลงเก็บข้อมูล โดยข้อมูลที่บันทึกประกอบด้วย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูงฐานเรือนยอด ความสูงทั้งหมดและความหนาเปลือก แบ่งช่วงขนาดความโตของไม้เสม็ดออกเป็น 5 ชั้น และเลือกไม้เสม็ดที่เป็นตัวแทนช่วงชั้นละ 3 ต้น เพื่อเป็นตัวแทนในการหาสมการมวลชีวภาพไม้เสม็ด

3.1.2 วางแปลงขนาด 4x4 เมตร จำนวน 4 แปลง ในแปลงเก็บข้อมูล วัดเส้นรอบวงระดับอกของเชื้อเพลิงประเภทไม้รื้อน (เส้นรอบวงระดับอก < 15 ซม. ความสูง > 1.3 เมตร) เพื่อนำไปคำนวณเป็นมวลชีวภาพของเชื้อเพลิงประเภทไม้รื้อน

3.1.3 วางแปลงขนาด 1x1 เมตร จำนวน 8 แปลง ในแปลงเก็บข้อมูล เพื่อศึกษาปริมาณเชื้อเพลิงผิวดินก่อนเผา ด้วยวิธีการตัดชั่ง โดยจำแนกชนิดเชื้อเพลิงออกเป็น ซากพืช (litter) และไม้พื้นล่าง (undergrowth)

3.1.4 หลังการเผาพื้นที่ วางแปลงขนาด 4x4 เมตร จำนวน 4 แปลง ในแปลงเก็บข้อมูล จากนั้น เก็บตัวอย่างไม้หนุมที่พบในแปลงด้วยวิธีตัดซัง

3.1.5 วางแปลงขนาด 0.5x0.5 เมตร จำนวน 8 แปลง ในแปลงเก็บข้อมูล เก็บตัวอย่างเชื้อเพลิงผิวดินที่เหลือหลังจากการเผาทั้งหมดด้วยวิธีตัดซัง

3.1.6 บันทึกความหนาเปลือกเมล็ดหลังการเผา และรอยไหม้เรือนยอดของต้นเมล็ดแต่ละต้น

3.1.7 จำแนกชนิดของเชื้อเพลิงที่พบมากในพื้นที่และตัดเก็บตัวอย่างของเชื้อเพลิงชนิดนั้นๆ เพื่อทำการวิเคราะห์หาค่าความร้อนในเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

3.2 การศึกษาพฤติกรรมไฟผิวดิน

3.2.1 ทำแนวกันไฟโดยการถางวัชพืชและกำจัดเชื้อเพลิงโดยรอบแปลงทดลอง ความกว้างประมาณ 5 เมตร และฉีบน้ำในแนวกันไฟ

3.2.2 ปักแท่งเหล็กความยาว 2 เมตร ในแปลงเก็บข้อมูลจำนวน 2 แถว โดยให้แต่ละแถวห่างจากขอบแปลง 5 เมตร ระยะห่างระหว่างแท่งเหล็กเท่ากับ 5 เมตร ตั้งฉากกับขอบแปลงด้านที่จุดไฟ (ด้านที่จุดไฟให้ดูทิศทางลมในขณะที่ทำการทดลอง)

3.2.3 จุดไฟด้วยวิธีการเผาตามลม โดยการจุดไปจากด้านที่ลมพัดมาและให้ไฟลุกลามไปตามทิศทางลมบันทึกเวลาที่ไฟลุกลามไปถึงแท่งเหล็กแต่ละแท่งที่ปักไว้ เพื่อวิเคราะห์หาอัตราไฟลาม

3.2.4 ถ่ายภาพความสูงเปลวไฟขณะลุกไหม้ผ่านแท่งเหล็ก เพื่อใช้ประเมินความสูงเปลวไฟเฉลี่ยในแปลงทดลองและประกอบการวิจารณ์ผล

3.2.5 ใช้กล้องถ่ายภาพอินฟราเรด (Spot Infrared: Minolta TA 510) บันทึกอุณหภูมิไฟที่ระดับความสูง 20 50 และ 100 เซนติเมตรเหนือพื้นดิน

3.3 การศึกษาพฤติกรรมไฟใต้ดิน

การศึกษาลักษณะไฟใต้ดินในพื้นที่พรุควนเคร็งนั้น ไม่สามารถทำการศึกษาในพื้นที่ได้โดยตรงเนื่องจากประสบปัญหาระดับน้ำในพรุสูง จึงทำให้ไฟไม่สามารถลุกลามลงสู่ชั้นพรุได้จึงมีความจำเป็นต้องทำการจำลองการลุกลามของไฟในชั้นพรุ โดยวิธีการดังนี้

3.3.1 นำพรุจากในพื้นที่มาทำการผึ่งให้แห้ง แล้วใส่ลงในกระบะกระจก ขนาด 0.3 ลูกบาศก์เมตร (1x1x0.3 เมตร)

3.3.2 ปริมาณของดินพรุที่ใส่ในกระบะ เทียบปริมาณโดยค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยของพรุชั้นบนในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง 0.265 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (มนัสวี, ติดต่อบุคคล) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ดินพรุชั้นบนจำนวน 53 กิโลกรัม หรือเทียบได้เป็นดินพรุ 0.2 ลูกบาศก์เมตร

3.3.3 จุดไฟที่กึ่งกลางของกระบะ สังเกตและบันทึก ภาพการลุกลามของไฟในชั้นพรุ โดยกล้องถ่ายภาพความร้อน Fluke Thermal Image Ti32 ขณะทำการทดลองเผาทำการวัดระยะการลามในแต่ละช่วงเวลา โดยมองผ่านกล้องถ่ายภาพความร้อน เพื่อเป็นความยาวอ้างอิงในการวิเคราะห์ระยะลุกลามของไฟใต้ดินในแนวราบ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงก่อนเผา ปริมาณเชื้อเพลิงที่เหลือหลังจากการเผาและค่าความร้อนในเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

4.1.1 วิเคราะห์หาปริมาณเชื้อเพลิงไม้ใหญ่เมล็ด ในส่วนของเปลือกและใบโดยสมการที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพส่วนต่างๆ และความโต ความสูงของไม้เมล็ด

มวลชีวภาพใบ $0.2226 (\text{DBH})^{1.0641}$ $R^2 = 0.6699$

มวลชีวภาพเปลือก $0.0029 (\text{DBH} \times \text{Ht})^{1.4567}$ $R^2 = 0.9345$

4.1.2 วิเคราะห์ปริมาณเชื้อเพลิงไม้ร่อนเสม็ดด้วยสมการของ กอบศักดิ์ (2556)

มวลชีวภาพลำต้น $105.04(\text{DBH})^{1.9916}$ $R^2 = 0.9727$

มวลชีวภาพกิ่ง $20.059(\text{DBH})^{2.1419}$ $R^2 = 0.9078$

มวลชีวภาพใบ $6.247(\text{DBH})^{2.9918}$ $R^2 = 0.9277$

4.1.3 วิเคราะห์ปริมาณเชื้อเพลิงผิวดินก่อนเผาและปริมาณเชื้อเพลิงผิวดินที่เหลือจากการเผาด้วยวิธีการอบแห้งเพื่อหาปริมาณความชื้นในเชื้อเพลิงแต่ละประเภท และคำนวณกลับเป็นมวลชีวภาพของเชื้อเพลิงประเภทนั้นๆ ต่อพื้นที่ต่อไป

4.1.4 วิเคราะห์ค่าความร้อนในเชื้อเพลิงแต่ละประเภทด้วยเครื่อง adiabatic bomb calorimeter (ได้รับความอนุเคราะห์จาก งานพัฒนาพลังงานจากไม้ กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้)

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้จริง

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้จริงนั้น จำแนกออกไปตามเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ดังนี้

4.2.1 เชื้อเพลิงผิวดินหาได้จากค่าปริมาณเชื้อเพลิงก่อนเผาลบด้วยค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่เหลือจากการเผา

4.2.2 เชื้อเพลิงไม้ร่อนเสม็ดหาได้จากปริมาณมวลชีวภาพไม้ร่อนที่ได้จากการคำนวณลบด้วยปริมาณมวลชีวภาพไม้ร่อนจากการตัดซังหลังการเผา

4.2.3 เชื้อเพลิงต้นเสม็ด ในส่วนนี้พบว่าเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ในขณะเกิดไฟ มีเพียงส่วนของใบและเปลือกของต้นเสม็ดจึงทำการวิเคราะห์เพียง 2 ชนิดเชื้อเพลิงนี้ โดย

$$\text{ปริมาณมวลชีวภาพเปลือกเสม็ดที่ถูกเผาไหม้} = \frac{(B_1 - B_2)}{B_1} \times 100 \times \left(\frac{S_c}{H}\right) \times B_B$$

เมื่อ B_1 คือ ความหนาเปลือกก่อนเผา, B_2 คือ ความหนาเปลือกหลังเผา, S_c คือ ความสูงรอยไม้ลำต้น, H คือ ความสูงต้นเสม็ด และ B_B คือ มวลชีวภาพของต้นเสม็ดจากการคำนวณ

$$\text{ปริมาณมวลชีวภาพเปลือกเสม็ดที่ถูกเผาไหม้} = \frac{C_{B(n)} - C_B}{C_D} \times L_B$$

เมื่อ C คือ ความหนาเปลือกก่อนเผา B_2 คือ ความหนาเปลือกหลังเผา S_c คือ ความสูงรอยไม้ลำต้น H คือ ความสูงต้นเสม็ด และ B_B คือ มวลชีวภาพของต้นเสม็ดจากการคำนวณ

4.3 การวิเคราะห์พฤติกรรมไฟผิวดิน

การศึกษาครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์พฤติกรรมไฟผิวดินใน 3 ลักษณะ คือ อัตราไฟลาม ความรุนแรงไฟและความยาวเปลวไฟ ดังนี้

4.3.1 อัตราไฟลาม วิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของอัตราไฟลามระหว่างแท่งเหล็กในแถวที่ปักในแปลง

4.3.2 ความรุนแรงไฟและความยาวเปลวไฟใช้สมการของ Byram (1959)

ผลและวิจารณ์

1. ปริมาณเชื้อเพลิงก่อนเผา

ค่าเฉลี่ยปริมาณเชื้อเพลิงรวมก่อนเผามีมากที่สุดในแปลงป่าเสม็ดที่ดอน รองลงมาคือ แปลงป่าเสม็ดที่ลุ่ม และแปลงทุ่งหญ้า ตามลำดับ เมื่อแยกตามประเภทเชื้อเพลิงได้แก่ ใบเสม็ดในแปลงที่ลุ่มมีปริมาณมากกว่าในแปลงป่าเสม็ดที่ดอน ในขณะที่เปลือกเสม็ดในแปลงที่ดอนมีปริมาณมากกว่าในแปลงป่าเสม็ดที่ลุ่ม (Table 1) เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาปริมาณเชื้อเพลิงในแหล่งเชื้อเพลิงอื่น (Table 2) พบว่า ปริมาณเชื้อเพลิงในทั้งสามลักษณะสังคมพืชในป่าพรุควนเคร็ง มีค่าสูงกว่าที่เคยมีการรายงานไว้ในในพื้นที่ป่าสน ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ ป่าดิบแล้ง ทุ่งหญ้าและสวนป่าสัก

Table 1 Pre-burned fuel load at experimental plots in Khuan Khreng peat forest.

Plot	Pre-burned fuel (t ha ⁻¹)				
	<i>M. cajuputi</i> Leaf	<i>M. cajuputi</i> bark	litter	undergrowth	Total
Lowland	4.25±3.06	2.59±1.85	4.00±3.53	4.99±2.73	15.84±5.93
Upland	3.58±1.03	4.19±2.29	9.91±3.96	5.6±3.94	23.28±9.23
grassland	-	-	5.63 ±2.44	7.97±6.05	13.61±4.25

Table 2 Fuel load and fire behaviors from other studies.

Fuel bed	Fuel load (t ha ⁻¹)	Rate of fire spread (m min ⁻¹)	Fire intensity (kW m ⁻¹)	Flame length (m)	Source
PF	12.88	4.5	627	1.4	Wanthongchai <i>et al.</i> (2013)
DDF	3.06 - 11.87	0.3-4.46	57.77-466.8	0.2-5.5	Wanthongchai <i>et al.</i> (2011)
DF	3.31 - 9.13	0.60-3.41	62.06-227.19	0.3-1	Suttichart (1996) Klaiprasitporn (1998)
DEF	4.56 - 9.88	0.3-1	32.57-35.59	0.3-0.5	Suttichart (1996)
GL	11.69	2.24-8.29	2,166 - 3,966	2.44-5.7	Phuphet (2007) Akkaak (1991)
TP	7.12 - 8.63	0.86-6.91	150-1022	0.8-1.9	Wanthongchai (2011)

Edited from Wanthongchai (2016)

Abbreviations are: PF, pine forest, DDF, Dry dipterocarp forest, DF, Deciduous forest, GL, Grassland and TP, Teak plantation

2. ปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกเผา

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ปริมาณเชื้อเพลิงผิวดินที่ถูกเผาไหม้สูงที่สุดพบในแปลงทุ่งหญ้า (8.62 ตันต่อเฮกตาร์) รองลงมาคือ แปลงป่าเสม็ดที่ดอน (7.91 ตันต่อเฮกตาร์) และป่าเสม็ดที่ลุ่ม (4.02 ตันต่อเฮกตาร์) ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของแปลงทุ่งหญ้านั้นมีลักษณะเปิดโล่ง ทำให้เชื้อเพลิงได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ และอิทธิพลของลมที่พัดในพื้นที่ ทำให้เชื้อเพลิงมีความชื้นน้อยกว่าในแปลงป่าเสม็ด อีกทั้งอิทธิพลของลมยังส่งผลให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงมีค่ามากขึ้น เชื้อเพลิงใบเสม็ดที่ถูกเผาไหม้ในแปลงที่ดอนมีค่าสูงกว่าในแปลงที่ลุ่ม (1.05 และ 0.57 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ) ในขณะที่เชื้อเพลิงเปลือกเสม็ดที่ถูกเผาไหม้ในแปลงที่ลุ่มมีค่าสูงกว่าในแปลงที่ดอน (0.57 และ 0.38 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ) ปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้รวมในแปลงทุ่งหญ้าและแปลงที่ดอนมีค่าใกล้เคียงกัน (8.86 และ 8.82 ตันต่อเฮกตาร์) แตกต่างจากแปลงที่ลุ่มซึ่งมีค่าน้อยที่สุด (5.64 ตันต่อเฮกตาร์)

Table 3 Aboveground post-burned in Khuan Khreng peat forest.

Plot	Post-burned fuel (t ha ⁻¹)				
	<i>M. cajuputi</i> leaf	<i>M. cajuputi</i> bark	Ash	Unburned	Total
Lowland	3.20±1.73	2.02±1.63	0.59±0.43	4.38±3.42	10.20 ^{ab} ±3.79
Upland	3.01±0.91	3.81±2.41	1.52±1.25	6.08±4.26	14.42 ^b ±5.92
Grassland	-	-	1.29±1.02	3.70±2.46	4.99 ^a ±3.39

Table 4 Above ground fuel consumption in Kuan-Kreng peat forest.

Plot	Fuel consumed (t ha ⁻¹)			
	Surface fuel*	<i>M. cajuputi</i> leaf	<i>M. cajuputi</i> bark	Total
Lowland	4.02±3.28	1.05±1.55	0.57±0.36	5.64±4.98
Upland	7.91±7.63	0.57±0.28	0.38±0.2	8.86±8.01
Grassland	8.62±7.14	-	-	8.62±7.14

3. ค่าความร้อนในเชื้อเพลิง

ค่าปริมาณความจุความร้อนในเชื้อเพลิงที่วิเคราะห์จากเครื่อง Adiabatic Bomb Calories Meter มีค่าสูงที่สุดในเชื้อเพลิงประเภท เปลือกเสม็ด (5,502.95 cal g⁻¹) รองลงมาคือ เชื้อเพลิงประเภทใบเสม็ด (5,181.50 cal g⁻¹) ชากพืช (4,289.18 cal g⁻¹) ไม้พืชน้ำ (4,075.14 cal g⁻¹) กระจูด (3,675.54 cal g⁻¹) และน้อยที่สุดคือในเชื้อเพลิงประเภทดินพรุ (3,280.72 cal g⁻¹) (Table 5)

Table 5 Mean fuel heat value content in Khuan Khreng peat forest (cal g⁻¹).

Fuel types	litter	undergrowth	<i>M. cajuputi</i> Leaf	<i>M. cajuputi</i> Bark	peat	<i>L. articulata</i>
Heat values	4,289.18	4,075.14	5,181.50	5,502.95	3,280.72	3,675.54

4. พฤติกรรมไฟผิวดิน

การศึกษาถึงพฤติกรรมไฟผิวดินได้จากการศึกษาอุณหภูมิของเปลวไฟที่ระดับ 20, 50 และ 100 เซนติเมตรเหนือพื้นดิน พบว่า อุณหภูมิเปลวไฟมีค่าลดลงตามความระดับความสูงและมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างแปลงทดลอง อัตราการลุกลามของไฟมีค่าสูงสุดในแปลงทุ่งหญ้า เนื่องจากความเหมาะสมของเชื้อเพลิงในแปลงทุ่งหญ้ามามากกว่าเนื่องจากมีลักษณะเป็นต้นกระจูดขึ้นทึบต่อเนื่องกัน อีกทั้งพื้นที่ที่เป็ดโล่ง ทำให้ได้รับอิทธิพลจากลม ทำให้ความเร็วในการลุกลามมีค่าสูงขึ้น ในขณะที่แปลงป่าเสม็ดนั้นอัตราการลุกลามของไฟในป่าเสม็ดที่ลุ่ม มีค่าสูงกว่าในป่าเสม็ดที่ดอน เนื่องจากเชื้อเพลิงหลักในแปลงที่ดอนนั้นเป็นซากพืชซึ่งทับถมกันบนพื้นป่า และถูกเคลือบด้วยดินโคลนเนื่องจากระดับน้ำที่เข้าท่วมพื้นที่ในช่วงหน้าฝน ทำให้การลุกลามของไฟเกิดขึ้นได้ไม่ดีเท่าที่ควร ในขณะที่แปลงที่ลุ่มนั้น มีเชื้อเพลิงประเภทกระจูดขึ้นปกคลุมพื้นที่มากกว่า เนื่องจากมีน้ำท่วมขังมากกว่าในแปลงที่ดอน ดังนั้นไฟจึงลุกลามต่อเนื่องไปตามลำต้นกระจูดได้อย่างต่อเนื่องและรวดเร็วกว่า ความรุนแรงไฟและความสูงเปลวไฟมีค่าสูงสุดในแปลงทุ่งหญ้า มีค่าสูงกว่าในแปลงป่าเสม็ดที่ลุ่มและที่ดอนอย่างชัดเจน แต่ระหว่างแปลงป่าเสม็ดที่ลุ่มและป่าเสม็ดที่ดอนนั้นมีความแตกต่างกันน้อยมาก (Table 6)

เมื่อเทียบกับการศึกษาในพื้นที่ป่าอื่นที่มีการศึกษาและรายงาน (Table 2) พบว่าอัตราไฟลามและความยาวเปลวไฟในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งมีค่าสูงกว่าในพื้นที่ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ ป่าดิบแล้ง และสวนป่าสัก แต่มีค่าน้อยกว่าในป่าสนและทุ่งหญ้า ความรุนแรงไฟในแปลงทุ่งหญ้ามักใกล้เคียงกับพื้นที่ป่าสน ในขณะที่แปลงป่าเสม็ดทั้งสองนั้นมีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ป่าอื่น ๆ เมื่อทำการเปรียบเทียบระดับความรุนแรงไฟด้วยระบบของ Byram, (1959) พบว่ามีระดับความรุนแรงปานกลางในแปลงทุ่งหญ้า ในขณะที่แปลงป่าเสม็ดทั้งสองประเภทมีค่าความรุนแรงไฟอยู่ในระดับที่ต่ำ

Table 6 Fire temperature and fire behavior in Khuan Khreng peat forest.

Plot	Fire Temperature (°C)			Rate of spread (m min ⁻¹)	FI (kW m ⁻¹)	FL (m)
	20 cm	50 cm	100 cm			
Low land	511.10±18.54	375.52±45.10	238.85±46.91	0.96±0.49	120.34±66.54	0.70±0.20
Up land	478.76±42.93	300.24±98.17	248.38±125.92	0.66±0.55	151.72±158.39	0.70±0.43
Grass land	520.86±46.47	410.88±81.78	266.01±32.85	2.09±1.30	639.32±820.07	1.30±0.92

5. พฤติกรรมไฟในชั้นพรุ

การวิเคราะห์จากภาพความร้อนที่บันทึกได้พบว่า ทิศทางการลุกลามของไฟในชั้นพรุมีทิศทางไม่แน่นอน (Figure 1) ในขณะที่อัตราการลุกลามไฟใต้ดินในแนวราบเฉลี่ยเท่ากับ 3.24 ซม.ต่อชม. หรือเท่ากับ 77.80 ซม.ต่อวัน อัตราการลุกลามเฉลี่ยสูงสุดพบที่เวลา 08.26 – 10.23 น. ของวันที่ 25 พฤษภาคม 2558 มีค่าเท่ากับ 9.95 ซม.ต่อชม. อัตราการลุกลามเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.91 – 9.95 ซม.ต่อชม. อุณหภูมิสูงสุดจากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายความร้อนมีค่ามากกว่า 620 องศาเซลเซียส (Table 7)

สอดคล้องกับการศึกษาในประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งมีอัตราการลุกลามเฉลี่ยของไฟใต้ดินในแนวราบอยู่ที่ 3.83 ซม.ต่อชม. หรือประมาณ 92 ซม.ต่อวัน (1.7 – 6.49 ซม.ต่อชม. 42 – 155 ซม.ต่อวัน) (Usup *et al.*, 2004) ในขณะที่การรายงานการลุกลามไฟในชั้นพรุอื่นๆ พบว่า ในรัสเซียอัตราการลุกลาม 0.5 – 10

ชม.ต่อชม. (Chistjakov *et al.*, 1983) ในออสเตรเลียมีอัตราการลุกลาม 4.2 ชม.ต่อชม. และในแคนาดามีการรายงานอัตราการลุกลามของไฟในชั้นพรุอยู่ที่ 3 -12 ชม.ต่อชม. (Wein, 1983)

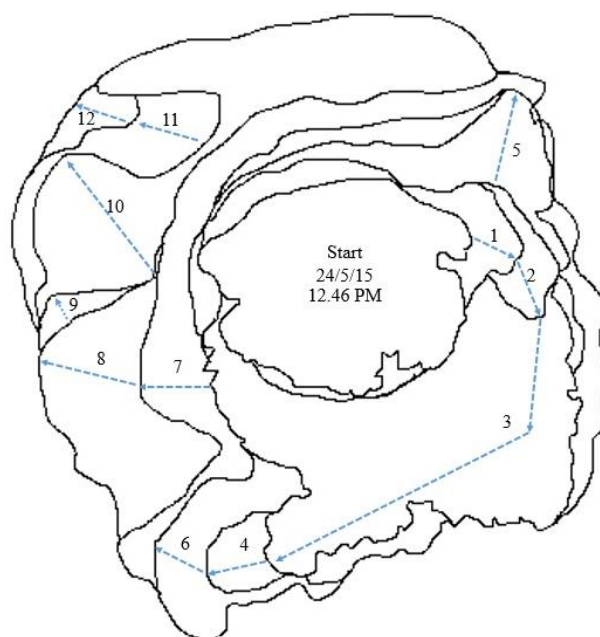


Figure 1 Peat fire direction in Khuan Khreng peat forest experimental burning.

Table 7 Peat fire data in Khuan Khreng peat forest experimental burning.

Date	Time	Line No.	Burned length (cm)	Burned time (hr)	Rate of fire spread (cm hr ⁻¹)
24/5/58	12.46	Start	-	-	-
	19.08	1	5.78	6.37	0.91
	21.24	2	6.67	3.27	2.04
25/5/58	6.00	3	44.44	8.60	5.17
	8.06	4	7.11	2.10	3.39
	10.23	5	11.11	1.12	9.95
	11.43	6	6.67	1.33	5.00
	14.21	7	8.00	1.63	4.90
	18.02	8	11.56	3.68	3.14
	20.08	9	3.56	2.07	1.72
26/5/58	12.09	10	15.56	16.02	0.97
	18.41	11	8.89	6.53	1.36
27/5/58	13.15	12	6.67	18.57	0.36
The mean of rate of fire spread (cm hr ⁻¹)					3.24
The mean of rate of fire spread (cm day ⁻¹)					77.80

ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ทำการศึกษาอัตราการลุกลามไฟในชั้นพรุในแนวตั้ง Fernandes (2001) กล่าวว่า อัตราการลุกลามของไฟมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงกับความเร็วลม แต่ในพื้นที่ป่าพรุเขตร้อน (Tropical peatland) ยังไม่มีความชัดเจนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลุกลามไฟในชั้นพรุกับความชื้นในดินและความเร็วลม (Usup *et al.*, 2004)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. เชื้อเพลิงในป่าพรุควนเค็งจําแนกได้เป็น ซากพืช ไม้พื้นล่าง ใบเสม็ด เปลือกเสม็ด ดินพรุ และ กระจูด โดยเชื้อเพลิงประเภทเปลือกเสม็ดมีค่าความร้อนสูงที่สุด ($5,502.95 \text{ cal g}^{-1}$)
2. ปริมาณเชื้อเพลิงผิวดินในพื้นที่ป่าพรุควนเค็งมีค่าระหว่าง 13.61 ไปจนถึง 23.28 ตันต่อเฮกตาร์
3. การเผาบริเวณทุ่งหญ้ามีความรุนแรงของไฟสูงที่สุด (639.32 กิโลวัตต์ต่อเมตร) รองลงมาคือป่าเสม็ดที่ดอน (203.81 กิโลวัตต์ต่อเมตร) และป่าเสม็ดในที่ลุ่ม (107.61 กิโลวัตต์ต่อเมตร)
4. ในระหว่างเกิดไฟไหม้อุณหภูมิเฉลี่ยของเปลวไฟในทุ่งหญ้ามียุคค่าสูงที่สุด รองลงมาคือป่าเสม็ดที่ดอนและที่ลุ่ม โดยอุณหภูมิบริเวณฐานเปลวไฟส่วนใหญ่มีค่าสูงมากกว่า 620 องศาเซลเซียส
5. อัตราการลุกลามไฟในชั้นพรุจากการจำลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.24 ซม.ต่อชม. โดยมีอุณหภูมิของไฟในชั้นพรุสูงสุมากกว่า 620 องศาเซลเซียส

ข้อเสนอแนะ

1. การควบคุมไฟในพื้นที่ป่าพรุโดยเฉพาะในพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยกระจูด ต้องทำอย่างเข้มงวดเนื่องจากอัตราการลุกลามของไฟที่มีค่าสูง และเชื้อเพลิงประเภทกระจูดนั้นสามารถปลิวไปตกในพื้นที่ใกล้เคียงได้ง่าย เมื่อได้รับอิทธิพลจากลมที่เกิดขณะมีไฟไหม้
2. ในพื้นที่ป่าเสม็ดนั้นสามารถเกิดไฟเรือนยอดได้ในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากในป่าเสม็ดที่ลุ่มนั้นมีต้นกระจูดหนาและค่อนข้างสูง ทำให้ความสูงเปลวไฟสูงตามไปด้วย ดังนั้นในขณะที่อากาศแห้งและร้อนจะทำให้ไฟที่เกิดขึ้นสามารถลุกลามต่อไปยังเรือนยอดเสม็ดได้ ในขณะเดียวกันพื้นที่ป่าเสม็ดที่ดอนที่มีขนาดลำต้นเสม็ดที่ใหญ่กว่า และเปลือกที่หนากว่าซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่ติดไฟได้ง่าย ในฤดูร้อนจะล่อกร่อนติดกับลำต้นเสม็ดนั้น เป็นเชื้อเพลิงอย่างดีที่จะเป็นสื่อให้ไฟลุกลามจากผิวดินไปตามลำต้นและลุกลามต่อไปยังเรือนยอดได้
3. แม้ในพื้นที่จะมีน้ำขังอยู่ แต่ไฟป่ายังคงสามารถลุกลามต่อเนื่องได้ผ่านทางเรือนยอดกระจูดในพื้นที่ได้ ดังนั้นการควบคุมไฟป่าที่ดีจึงควรให้ความสำคัญกับพื้นที่รอยต่อระหว่างทุ่งกระจูดและพื้นที่เสม็ดด้วยเช่นกัน
4. ควรมีการสำรวจพฤติกรรมไฟซ้ำเพื่อปรับปรุงข้อมูลพฤติกรรมไฟจากการศึกษาครั้งนี้ให้มีความใกล้เคียงสภาพการณ์ขณะเกิดไฟไหม้ตามธรรมชาติจริงมากยิ่งขึ้น เนื่องจากไฟที่ทดลองเผาอยู่ในสภาพการณ์ที่มีการควบคุม พฤติกรรมของไฟอาจไม่รุนแรงเท่ากับไฟที่เกิดขึ้นจริง
5. ค่าความร้อนในตัวอย่างเชื้อเพลิงประเภทพรุนั้นมีค่าต่ำสุดอาจเป็นผลมาจากการที่พรุผิวดินในพื้นที่มีส่วนผสมของอนุภาคดินเหนียว ดังจะเห็นได้จากเศษดินเหนียวที่หลงเหลือจากกระบวนการเผาเพื่อ

วิเคราะห์ค่าความร้อนในเชื้อเพลิง ซึ่งอาจส่งผลให้ค่าความร้อนที่ได้น้อยกว่าที่เคยมีการศึกษาในงานวิจัยอื่น แต่ก็ยังเป็นลักษณะจริงที่พบในพื้นที่ของพรุในป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กอบศักดิ์ วันธงไชย, ประสงค์ สงวนธรรม, สาทิศ ดิลกสัมพันธ์, สาวิตรี การิเวทย์ และพรเทพ เหมือนพงษ์. 2556. **การจัดการไฟป่าเพื่อบรรเทาปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Akkaak, S. 1991. **Fire Behaviors in Grassland, Saraburi Province**. Royal Forest Department, Bangkok.
- Byram, G.M. 1959. Combustion of forest fuels. In Davis, K.P., ed. **Forest Fire; Control and Use**. McGraw-Hill, New York.
- Chistjakov, V.I., A.I. Kuprijanov, V.V. Gorkhov and E.S. Artsybashev. 1983. Measures for fire prevention on peat deposits. pp. 259-271. In R.W. Wein and D.A. MacLean, eds. **The rule of fire in Northern Circumpolar Ecosystem**. John Wiley and Sons Ltd., New York.
- Fernandes, P.M. 2001. fire spread prediction in shrub fuel in Portugal. **For. Ecol. Manage.** 144: 67-74.
- Klaiprasitporn, K. 1998. **Pattern and Rate of Fire Spread in Deciduous Forest**. Forest Protection office. Royal Forest Department, Bangkok. (in Thai)
- Page, S.E., J.O. Rieley and C.J. Banks. 2011. Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. **Global Change Biology** 17: 798-818.
- Phuphet, S. 2007. **Study of Forest Fire Behaviors in Grassland at Salang Luang National Park, Phetchabun Province**. National Park, Wildlife and Plant Conservation Department, Bangkok.
- Suttichat, K. 1996. **Effect of Fire on Soil and Vegetation at Phu Kra Dung National Park**. (Master dissertation), Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Vegas-Vilarrúbia, T., F. Baritto, P. Lopez, G. Melean, P.M. Elena, L Mora and O. Gomez. 2010. Tropical Histosols of the lower Orinoco Delta, features and preliminary quantification of their carbon storage. **Geoderma** 155: 280-288.
- Wanthongchai, K., J.G. Goldammer and J. Bauhus, 2011. Effects of fire frequency on prescribed fire behaviour and soil temperatures in dry dipterocarp forests. **International Journal of Wildland Fire** 20: 35-45.
- _____, V. Tarusadamrongdet, K. Chinnawong and K. Sooksawat. 2013. Fuel properties and fire behaviour characteristics of prescribed fire in pine-dominated forests at Nam Nao National Park, Thailand. **International Journal of Wildland Fire** 22(5): 615-624.
- _____, P. Saguantan, R. Sukmasuang, P. Sunthornhao and W. Thasen. 2013. **Evaluation of Kuan Kreng Peat Forest Damage Cause by Fire in 2012**. Final report. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

- Wein, R.W. 1983. Fire behavior and ecological effects in organic terrain, pp. 81-95. *In* R.W. Wein and D.A. MacLean, eds. **The role of fire in Northern Circumpolar Ecosystem**. John Wiley and Sons, New York.
- Wright, E, C.R. Black, A.W. Cheesman, T. Drage, D. Large, B.L. Turner and S. Sjögersten. 2011. Contribution of subsurface peat to CO₂ and CH₄ fluxes in a neotropical peatland. **Global Change Biology** 17: 2867–2881.
- Usup, A., Y. Hashimoto, H. Hayasaka and H. Takahashi. 2004. Combustion and thermal characteristics of peat fire in tropical peatland in Central Kalimantan, Indonesia. **TROPICS** 14(1): 1-19.

อิทธิพลของไฟต่อการเติบโตและการเจริญทดแทนตามธรรมชาติของไม้เสม็ดขาว
ณ ป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Influence of Fire on Growth and Natural Regeneration of *Melaleuca cajuputi*
Powell in Khuan Khreng Peat Forest, Nakhon Si Thammarat Province

ทศพล แพทย์ชัยโย^{1*} กอบศักดิ์ วันธงไชย¹ และ วาทีนี สวนผกา¹
Thodsapon Phatchaiyo^{1*} Kobsak Wanthongchai¹ and Wathinee Suanpaga¹

¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: P.thodsapon@gmail.com

ABSTRACT

Previous reports have shown that severe forest fire damage in Khuan Khreng peat forest has affected the growth and natural regeneration of *Melaleuca cajuputi*. The objectives of this study were to compare the growth and natural regeneration of *M. cajuputi* between a forest fire area and a non-forest fire area and the forest fire factors that affect the growth and natural regeneration of this species. In each area, five 30x30 m plots were established. The trial plots were burned in April 2015.

The results revealed that in the pre burn plots in both the area subjected to fire and the control (no fire), there were no significant differences in the stocking, average density, diameter at breast height (DBH), height (H), and aboveground biomass. After burning, the average mortality of *M. cajuputi* was 4.07 and 4.35 percent at 6 months and 12 months, respectively. The absolute growth rate of the DBH, H, and aboveground biomass of *M. cajuputi* in the forest fire area were lower but they were not significantly different from the unburned area. The growth rate was significantly and negatively correlated with the rate of spread and flame height. Twelve months after burning, the average sapling density in the forest fire area had decreased to 281 tree ha⁻¹ while in the unburned area, the average density increased to 2,562 tree ha⁻¹. There were no significant differences as a result of burning on the DBH, H, and aboveground biomass of saplings compared with the unburned area. All seedlings were killed by the burning process. Twelve months after burning, the average seedling density increased from 3,000 tree ha⁻¹ before burning to 20,000 tree ha⁻¹. At the same time, the average seedling density in the unburned area decreased to 15,500 tree ha⁻¹. There were no significant differences between the collar diameter and height of seedlings between the burned and unburned areas. Consequently, a forest fire with a low fire intensity does not affect growth and natural regeneration of *M. cajuputi*.

Keywords: peat forest, *Melaleuca cajuputi*, forest fire, growth, regeneration

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเกิดปัญหาไฟป่าอย่างรุนแรงในป่าพรุควนเคร็ง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการเติบโตและการทดแทนตามธรรมชาติของไม้เสม็ดขาว การศึกษาครั้งนี้จึงทำการเปรียบเทียบการเติบโต การทดแทนตามธรรมชาติของไม้เสม็ดขาว ระหว่างพื้นที่ไฟไหม้และไฟไหม้ใหม่ รวมถึงปัจจัยทางด้านไฟป่าที่จะส่งผลกระทบต่อการเติบโตและการเจริญทดแทนของไม้เสม็ดขาว จำนวนพื้นที่ละ 5 แปลง ขนาดแปลง 30x30 เมตร โดยทำการเผาแปลงทดลองในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ.2558

ผลการศึกษาพบว่าก่อนการทดลองเผา แปลงที่ถูกไฟไหม้และไม่ถูกไฟไหม้ มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูงและมวลชีวภาพของไม้เสม็ดขาว แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ภายหลังการทดลองเผา พบว่าไม้เสม็ดตายเฉลี่ยร้อยละ 4.07 และ 4.35 ในเวลา 6 และ 12 เดือน ตามลำดับ อัตราการเติบโตรายปีและการเปลี่ยนแปลงของมวลชีวภาพรวมเหนือพื้นดินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อัตราการเติบโตของไม้เสม็ดหลังไฟไหม้มีความสัมพันธ์ในทางลบกับอัตราไฟลามและความสูงของไฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ภายหลังการเผา 12 เดือนไม้รุ่นในแปลงที่ถูกเผามีความหนาแน่นเฉลี่ยลดลง 281 ต้นต่อเฮกตาร์ แปลงไม่ถูกเผา มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2,562 ต้นต่อเฮกตาร์ แต่การเผาไม่มีผลต่อการเติบโตและ มวลชีวภาพ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ภายหลังการเผากว่าไม้ที่แปลงเผาทั้งหมดตายลง แต่หลังจากการเผา 12 เดือนพบว่ามีความหนาแน่นเฉลี่ย 20,000 ต้นต่อเฮกตาร์ เพิ่มขึ้น 3,000 ต้นต่อเฮกตาร์ ส่วนแปลงไม่เผามีความหนาแน่นลดลง 15,500 ต้นต่อเฮกตาร์ อย่างไรก็ตามการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของกล้าไม้แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างแปลงที่เผาและไม่เผา ดังนั้นไฟป่าที่มีความรุนแรงต่ำ จึงไม่ส่งผลกระทบต่อการเติบโตและการเจริญทดแทนตามธรรมชาติอย่างชัดเจน

คำสำคัญ: ป่าพรุ เสม็ดขาว ไฟป่า การเติบโต การเจริญทดแทน

คำนำ

โดยปกติป่าพรุ เป็นพื้นที่ไม่ค่อยประสบกับปัญหาไฟป่าเนื่องจากมีน้ำท่วมขังตลอดเวลา แต่ปัจจุบันปัญหาไฟไหม้ป่าในป่าพรุทวีความรุนแรงมากขึ้น เนื่องจากประชาชนได้มีการบุกรุกพื้นที่เพื่อนำมาเป็นพื้นที่การเกษตร อีกทั้งยังมีการขุดคลองเพื่อพัฒนาระบบชลประทานซึ่งทำให้น้ำในป่าพรุระบายออกอย่างรวดเร็ว ทำให้ชั้นดินอินทรีย์ป่าพรุแห้ง และสามารถติดไฟได้ เมื่อเกิดไฟขึ้นในพื้นที่ป่าพรุแล้ว ไฟที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะที่รุนแรงเผาผลาญเชื้อเพลิงซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการเติบโต และการเจริญทดแทนตามธรรมชาติต่อระบบนิเวศป่าพรุอีกด้วย

การศึกษาในเรื่องผลของไฟต่อการเติบโตและการเจริญทดแทนตามธรรมชาติของไม้เสม็ดขาว (*Melaleuca cajuputi* Powell) นั้น เนื่องจากพื้นที่ป่าพรุในปัจจุบันของประเทศไทยนั้นเกิดปัญหาไฟป่าที่มีความรุนแรงมากในพื้นที่ภาคใต้ของไทยโดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าพรุขนาดใหญ่เรียกว่า ป่าพรุควนเคร็ง ไฟป่าได้สร้างความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ และทรัพยากรธรรมชาติทั้งพืช และสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง จึงส่งผลกระทบต่อการเติบโตและการเจริญทดแทนตามธรรมชาติของระบบนิเวศป่าพรุ ซึ่งมีความอ่อนไหวต่อไฟป่าเป็นอย่างยิ่ง อีกทั้งในพื้นที่ที่ได้ทำศึกษานั้นเป็นลักษณะป่าเสม็ดขาวเป็นส่วน

ใหญ่ ซึ่งไม้เสม็ดขาวนี้เป็นพรรณไม้ที่จะพบในระบบนิเวศป่าพรุที่เสื่อมโทรม เนื่องจากเป็นไม้ชนิดเดียวที่สามารถขึ้นในพื้นที่ที่ดินมีสภาพเป็นกรดหรืออาจเรียกว่าเป็นไม้เบิกนำก่อนจะพัฒนาเป็นระบบนิเวศป่าพรุที่สมบูรณ์นั่นเอง การที่จะทำให้ป่าพรุที่เสื่อมโทรมกลับคืนสู่ระบบนิเวศป่าพรุดั้งเดิมนั้น จำเป็นต้องมีการศึกษาเรื่องการเติบโตและการเจริญทดแทนตามธรรมชาติของไม้เสม็ดขาวทั้งก่อนและหลังเกิดไฟป่าขึ้น เพื่อจะได้มีการวางแผนการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าพรุหลังเกิดไฟไหม้ได้อย่างถูกต้อง และสามารถพัฒนาให้กลับมาเป็นป่าพรุดั้งเดิม

ดังนั้นการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลของไฟต่อการเติบโตและการเจริญทดแทนตามธรรมชาติของไม้เสม็ดขาวจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการเติบโตและการเจริญทดแทนตามธรรมชาติของไม้เสม็ดขาวระหว่างพื้นที่ไฟไหม้และไฟไม่ไหม้ รวมถึงปัจจัยทางด้านไฟป่าที่จะส่งผลกระทบต่อ การเติบโตและการเจริญทดแทนของไม้เสม็ดขาว เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลในการอธิบายผลกระทบของไฟต่อระบบนิเวศป่าพรุ อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการจัดการไฟป่า และฟื้นฟูระบบนิเวศป่าพรุภายหลังที่เกิดไฟไหม้ได้ต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาค้นคว้าที่ได้ทำการศึกษาในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดย วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งเป็น 2 ทรีตเมนต์ คือ แปลงที่ถูกไฟไหม้ และไม่ถูกไฟไหม้ ซึ่งวางแผนศึกษาจำนวน 5 คู่ โดยแต่ละคู่วางแผนขนาด 30x30 เมตร จำนวน 2 แปลง โดยมีระยะห่างระหว่างแปลงภายในแต่ละคู่ ประมาณ 5-10 เมตร ซึ่งภายในแต่ละคู่จะทำการเผา 1 แปลง และไม่เผา 1 แปลง (ทำการเผาเดือน เมษายน พ.ศ. 2558) แต่ละแปลงจะแบ่งเป็น 4 แปลงย่อย มีขนาด 15x15 เมตร สำหรับศึกษาไม้ต้น (tree) วางแปลง 4x4 เมตร สำหรับศึกษาไม้รุ่น (sapling) และแปลง 1x1 เมตร สำหรับศึกษากล้าไม้ (seedling) ทำการศึกษาการเติบโตและการเจริญทดแทนของไม้ต้น ไม้รุ่น กล้าไม้ ของไม้เสม็ดขาว และเปรียบเทียบการเติบโต อัตราการตาย และมวลชีวภาพของไม้เสม็ดขาว ใช้สมการของมนัสวี (ติดต่อบุคคล) ระหว่างแปลงที่ถูกเผากับแปลงที่ไม่ถูกเผา โดยใช้สถิติ Paired Samples t-test พร้อมวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเติบโตและอัตราการตายของไม้ต้นกับปัจจัยทางด้านไฟป่า เช่น ความหนาของเปลือก รอยไฟไหม้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูงของต้นไม้ อัตราไฟลาม ความรุนแรงไฟ ความสูงของเปลวไฟ อุณหภูมิไฟโดยใช้ความสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Correlation)

ผลและวิจารณ์

1. การเติบโตและมวลชีวภาพของไม้เสม็ดขาว

1.1 ไม้ต้น

จากการศึกษาโดยทำการวัดก่อนเผา หลังเผา 6 เดือน และหลังเผา 12 เดือน พบว่า แปลงที่ทำการเผานั้นมีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของไม้ต้นมีแนวโน้มลดลง มีค่าเท่ากับ 1,040, 1,007 และ 1,004 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ แตกต่างกับค่าเฉลี่ยทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เท่ากับ 11.3, 11.42 และ 11.62 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความสูงของไม้ต้น เท่ากับ 7.71, 7.99 และ 8.37 เมตรตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน เท่ากับ 30.96, 31.50 และ 33.84 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Density, diameter at breast height (DBH), height (H) and aboveground biomass of *Melaleuca cajuputi* tree in burned and unburned areas.

Area	Plot	Before burning				6 months after burning				12 months after burning			
		Density (tree ha ⁻¹)	DBH (cm)	H (m)	Aboveground biomass (ton ha ⁻¹)	Density (tree ha ⁻¹)	DBH (cm)	H (m)	Aboveground biomass (ton ha ⁻¹)	Density (tree ha ⁻¹)	DBH (cm)	H (m)	Aboveground biomass (ton ha ⁻¹)
Burn	1	1,633	9.14	8.09	34.23	1,611.11	9.34	8.39	36.22	1,588.89	9.65	8.83	39.89
	2	744	11.15	8.36	20.61	611.11	11.62	9.11	19.18	611.11	11.85	8.71	19.11
	3	656	13.90	6.63	20.42	655.56	13.16	6.71	19.33	655.56	13.58	7.47	22.65
	4	1,156	14.40	10.13	67.56	1,155.56	14.62	10.31	70.15	1,166.67	14.39	10.86	72.98
	5	1,011	7.89	5.33	11.97	1,000.00	8.38	5.40	12.65	1,000.00	8.62	5.99	14.58
average		1,040	11.30	7.71	30.96	1,006.67	11.42	7.99	31.50	1,004.44	11.62	8.37	33.84
SD		388	2.86	1.82	21.96	408.44	2.59	1.95	23.30	401.36	2.47	1.80	23.88
Unburn	1	1,389	11.41	7.74	37.15	1,388.89	11.41	8.00	38.60	1,388.89	11.79	8.30	41.83
	2	411	12.78	7.31	12.08	411.11	12.96	7.52	12.61	411.11	13.18	7.96	13.53
	3	444	12.74	8.08	16.61	444.44	13.12	8.38	17.79	444.44	13.53	8.63	18.86
	4	978	14.26	8.27	40.18	977.78	14.71	8.63	42.99	977.78	14.87	9.26	48.20
	5	1,444	9.54	7.98	33.81	1,444.44	9.93	8.21	36.16	1,444.44	10.19	8.46	38.33
average		933	12.14	7.88	27.97	933.33	12.43	8.15	29.63	933.33	12.71	8.52	32.15
SD		496	1.77	0.37	12.74	495.60	1.82	0.42	13.52	0.81	0.45	0.86	15.11
p-value		0.48 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.85 ^{ns}	0.73 ^{ns}	0.60 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.86 ^{ns}	0.83 ^{ns}	0.62 ^{ns}	0.6 ^{ns}	0.86 ^{ns}	0.84 ^{ns}

Remark ^{ns} nonsignificant difference (p>0.05)

แปลงไม้เฒ่า ทำการวัดก่อนเผาแปลงข้างเคียงระหว่าง 6 และ 12 เดือน พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของไม้ต้น เท่ากับ 933, 933 และ 933 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก เท่ากับ 12.14, 12.43 และ 12.71 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความสูงของไม้ต้น เท่ากับ 7.88, 8.15 และ 8.52 เมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน เท่ากับ 27.97, 29.63 และ 32.15 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 1) จะเห็นได้ว่า ความหนาแน่นแปลงถูกเผาลดลงเนื่องจากไฟป่าส่งผลต่อการตายของไม้ต้นอย่างเห็นได้ชัด จึงทำให้ความหนาแน่นลดลงเมื่อเทียบกับแปลงไม้ถูกเผา ซึ่งไม่มีไม้ต้นตาย

อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูง และมวลชีวภาพ ระหว่างแปลงที่ถูกเผาและไม่ถูกเผา ทั้งก่อนและหลังเผาพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากข้อมูลมีการแปรผันค่อนข้างสูง และลักษณะของการเผาที่อาจมีการแปรผันของพฤติกรรมไฟในแต่ละบริเวณที่ต่างกันจึงทำให้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.2 ไม้รุ่ม

จากการศึกษาโดยทำการเก็บข้อมูลไม้รุ่มก่อนเผาและหลังเผา 1 ปี พบว่า แปลงที่ทำการเผา ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นเท่ากับ 2,156 และ 1,875 ต้นต่อเฮกตาร์ จะเห็นได้ว่า มีค่าลดลงตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากเท่ากับ 1.91 และ 1.87 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเท่ากับ 0.92 และ 1.06 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความสูง เท่ากับ 2.37 และ 2.28 เมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเท่ากับ 0.8 และ 0.47 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 2) จะเห็นว่า ค่าการเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะอัตราการเติบโตนั้นแปรผันมาจากอิทธิพลของไฟ

แปลงไม้เฒ่า ทำการวัดก่อนเผาแปลงข้างเคียง และ 12 เดือน พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของไม้รุ่มเท่ากับ 3,093 และ 5,656 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากเท่ากับ 1.88 และ 2.42 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเท่ากับ 0.98 และ 1.37 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 2.35 และ 2.63 เมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเท่ากับ 0.55 และ 1.23 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 2) จะเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องซึ่งแตกต่างจากแปลงที่ถูกเผาซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่แปรผันในแต่ละแปลงเป็นอย่างมาก จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่า ความหนาแน่นในแปลงที่เผาผลาญเนื่องจากไฟมีผลต่อการรอดตายของไม้รุ่ม แต่ไม่มีผลต่อการเติบโตทางด้านความโต ความสูง เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่ถูกเผา แม้ว่าค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกในแปลงที่ถูกเผาจะมากกว่าแต่ทั้งนี้ก็มากกว่าตั้งแต่ก่อนทำการเผา สอดคล้องกับ คณินิจ (2539) พบว่า ในป่าเต็งรังหลังเผาไม้รุ่มมีความหนาแน่นลดลงมากกว่าร้อยละ 40 และ สุนทร (2546) พบว่า ความหนาแน่นของไม้รุ่มมีค่าลดลงร้อยละ 67.38 และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยจะมีขนาดใหญ่กว่าก่อนเผา แสดงว่าเมื่อเกิดไฟป่าขึ้นทั้งในป่าพรุและป่าเต็งรังจะส่งผลต่อไม้รุ่มอย่างชัดเจน

อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูง และมวลชีวภาพ ระหว่างแปลงที่ถูกเผาและไม่ถูกเผา พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

1.3 กล้าไม้

จากการศึกษาโดยทำการเก็บข้อมูลกล้าไม้ก่อนเผาและหลังเผา 1 ปี พบว่าแปลงที่ทำการเผา ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นเท่ากับ 17,000 และ 20,000 ต้นต่อเฮกตาร์ ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากเท่ากับ 0.46 และ 0.41 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 0.94 และ 0.62 เมตร ตามลำดับ แปลงไม้เฒ่า ทำการวัดก่อนเผาแปลงข้างเคียง และ 12 เดือน พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นเท่ากับ 60,000 และ 45,000 ต้นต่อเฮกตาร์ ซึ่งมีค่าลดลงอาจเนื่องมาจากการแก่งแย่งแข่งขัน ทำให้กล้าไม้ลดลง ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางที่

Table 2 Density, diameter at ground level (Do), diameter at breast height (DBH), height (H) and aboveground biomass of *Melaleuca cajuputi* sapling in burned and unburned areas.

Area	Plot	Before after burning					12 months after burning				
		Density (tree ha ⁻¹)	Do (cm)	DBH (cm)	H (m)	Biomass (ton ha ⁻¹)	Density (tree ha ⁻¹)	Do (cm)	DBH (cm)	H (m)	Biomass (ton ha ⁻¹)
Burn	1	1,719	1.76	0.77	3.42	0.16	1,562.50	3.11	2.18	3.71	1.18
	2	0	0	0	0	0	1,718.75	1.16	0.24	1.45	0.01
	3	2,188	1.73	0.50	1.87	0.31	1,562.50	0.97	0.34	1.71	0.03
	4	625	1.92	1.16	1.99	0.16	1,250.00	2.17	1.39	2.40	0.43
	5	6,250	2.24	1.23	2.21	2.58	3,281.25	1.97	1.12	2.12	0.67
average		2,156	1.91	0.92	2.37	0.80	1,875.00	1.87	1.06	2.28	0.47
SD		2,446.70	0.88	0.51	1.23	1.09	804.35	0.86	0.80	0.88	0.48
Unburn	1	1,094	2.31	1.52	3.10	0.38	1,093.75	2.86	1.86	3.46	0.56
	2	4,531	1.07	0.40	1.46	0.10	17,500	1.34	0.50	1.66	0.65
	3	6,406	1.74	0.76	2.02	0.74	6,406.25	2.27	1.18	2.40	1.54
	4*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	3,438	2.41	1.23	2.82	0.97	3,281.25	3.23	1.95	3.02	2.17
average		3,094	1.88	0.98	2.35	0.55	5,656.25	2.42	1.37	2.63	1.23
SD		2,584.98	1.00	0.61	1.23	0.41	7,058.45	1.30	0.85	1.36	0.86
p-value		0.56 ^{ns}	0.97 ^{ns}	0.89 ^{ns}	0.98 ^{ns}	0.61 ^{ns}	0.30 ^{ns}	0.93 ^{ns}	0.92 ^{ns}	0.79 ^{ns}	0.32 ^{ns}

Remark ^{ns} nonsignificant difference (p≥0.05), * no sapling

คอรากเท่ากับ 0.41 และ 0.54 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความสูง เท่ากับ 0.86 และ 0.96 เมตร ตามลำดับ จากข้อมูล พบว่า แปลงที่ถูกเผาปรากฏกล้าไม้เพิ่มขึ้น 3,000 ต้นต่อเฮกตาร์ แต่แปลงไม่ถูกเผา พบว่า กล้าไม้ลดลง 15,500 ต้นต่อเฮกตาร์ เนื่องจากลักษณะพื้นที่ของแปลงทดลองมีต้นกระจูดปกคลุมหนาแน่น เกิดจากสภาพป่าถูกรบกวนอย่างหนัก จนสภาพดินกลายเป็นกรด ไม้ส่วนใหญ่ที่ขึ้นได้จะเป็นพวก กก กระจูด เสม็ด (ขวลิต, 2537) ส่งผลให้กล้าไม้แปลงที่ไม่ถูกเผาจึงต้องทำการแข่งขันเพื่อที่จะเติบโตขึ้น และเมล็ดไม้ก็ไม่สามารถเติบโตได้ เพราะต้นกระจูดบัง เมื่อเกิดไฟไหม้ขึ้นจึงทำให้ต้นกระจูดตายและทำให้พื้นที่เปิดโล่งส่งผลให้เมล็ดไม้นั้นมีโอกาสสัมผัสกับพื้นดินส่งผลให้กล้าไม้นั้นสามารถเติบโตขึ้นมาได้ จึงทำให้แปลงที่ถูกเผามีต้นไม้มากขึ้นหลังถูกไฟไหม้เมื่อเทียบกับแปลงไม่ถูกไฟไหม้ (Figure 1) สำหรับแปลงที่ไฟไหม้นั้นเมื่อความหนาแน่นลดลงทำให้กล้าไม้ที่เหลือมีการเติบโตที่ดีขึ้น เนื่องจากมีพื้นที่ในการเติบโตที่มากขึ้น

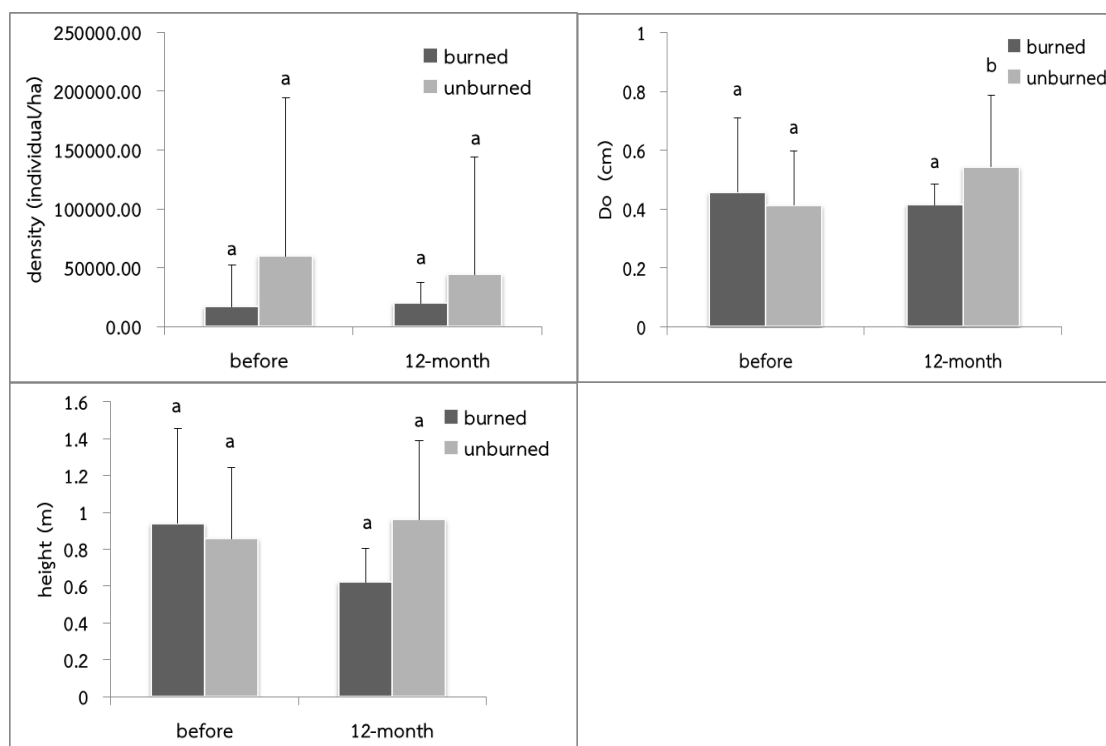


Figure 1 Density, diameter at ground level (Do), and height of seedlings before and 12 months after burning in burned and unburned areas.

อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความหนาแน่น เส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก และ ความสูง ระหว่างแปลงที่ถูกเผาและไม่ถูกเผา พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก ในระยะเวลา 1 ปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. อิทธิพลของไฟต่อการเปลี่ยนแปลงของไม้เสม็ดขาว

2.1 ผลกระทบของไฟไหม้ต่ออัตราการตาย

ไฟป่าส่งผลต่อการตายของไม้เสม็ดขาวในแปลงที่ถูกไฟไหม้ อย่างเห็นได้ชัดจนเมื่อเปรียบเทียบกับต้นเสม็ดในแปลงที่ไม่ถูกไฟไหม้ อัตราการตายของต้นเสม็ดขาวในพื้นที่ไฟไหม้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาหลังการเกิดไฟไหม้ คืออัตราการตายหลังไฟไหม้ระยะเวลา 12 เดือน มากกว่าอัตราการตายหลังไฟไหม้ระยะเวลา 6 เดือน โดยที่เมื่อระยะเวลา 6 เดือนหลังไฟไหม้นั้นยังพบว่า ต้นเสม็ดที่ถูกไฟไหม้นั้นยังมีการแตกหน่อและยอดออกมาจึงเป็นสัญญาณของการยังมีชีวิตอยู่ โดยค่าเฉลี่ยอัตราการตายในช่วงเวลานี้อยู่ร้อยละ 4.07 แต่หลังจากไฟไหม้ผ่านไปแล้วเป็นเวลา 12 เดือนกลับพบว่า มีอัตราการตายเพิ่มขึ้นซึ่งพบว่ามีค่าเฉลี่ยอัตราการตายอยู่ที่ร้อยละ 4.35 โดยต้นที่มีการแตกหน่อและยอดอ่อนไม่สามารถดำรงชีวิตต่อไปได้ ในขณะที่แปลงที่ไม่ถูกไฟไหม้นั้นไม้ต้นไม่มีการตายแต่อย่างใด (Table 3) สอดคล้องกับการวิจัยของ กอบศักดิ์ และคณะ (2556) ที่พบว่า ไฟป่าส่งผลให้ต้นเสม็ดตายร้อยละ 18 และเมื่อเวลาผ่านไป 8 เดือน อัตราการตายของไม้เสม็ดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

Table 3 Mortality of *Melaleuca cajuputi* tree in 6 and 12 months in burned and unburned areas.

Area	Plot	Number of tree	Death after fire (tree)		Mortality (%)	
			6 months	12 months	6 months	12 months
Burn	1	147	2	4	1.36	2.72
	2	67	12	12	17.91	17.91
	3	59	0	0	0	0
	4	104	0	0	0	0
	5	91	1	1	1.10	1.10
	Average	93.60	3.00	3.40	4.07	4.35
	SD	34.90	5.10	5.08	7.76	7.66
Unburn	1	125	0	0	0	0
	2	37	0	0	0	0
	3	40	0	0	0	0
	4	88	0	0	0	0
	5	130	0	0	0	0
	Average	84	0	0	0	0
	SD	44.60	0	0	0	0

เมื่อนำอัตราการตายของต้นไม้เสม็ดมาหาค่าความสัมพันธ์กับลักษณะพฤติกรรมไฟที่ศึกษาโดย Chaiyarak and Wanthongchai (2014) พบว่า อัตราการตายของไม้เสม็ดขาวนั้นมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างต่ำ กับ ความรุนแรงไฟ ความยาวเปลวไฟ ความสูงของไฟ ซึ่งแตกต่างจากการทดลองของ กอบศักดิ์ และคณะ (2556) ที่พบว่า อัตราการตายของไม้เสม็ดมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับพฤติกรรมไฟ (ความรุนแรงไฟ ความยาวเปลวไฟ ความสูงเปลวไฟ) แต่อย่างไรก็ตามต้นที่ตายจากไฟไหม้ครั้งนี้พบว่ามีขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลางและความสูงน้อยกว่าต้นไม้ตายอย่างชัดเจน อีกทั้งเปลือกของต้นไม้ตายบางกว่าต้นไม้ตายอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าต้นไม้ที่มีขนาดเล็กและเปลือกบางจะมีความอ่อนไหวค่อนข้างมากต่อไฟ (Figure 2)

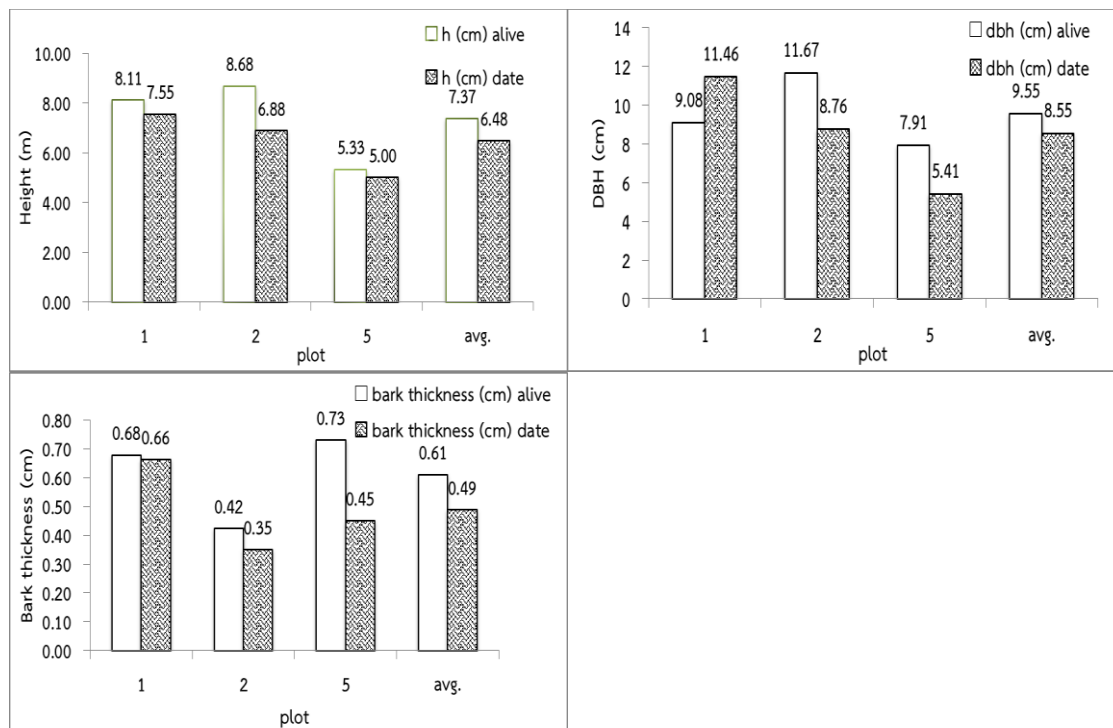


Figure 2 Comparison of diameter, height, and bark thickness between dead and alive of *Melaleuca cajuputi* tree in relation to mortality (Plot 3 and 4 no date of tree).

2.2 ผลกระทบของไฟไหม้ต่ออัตราการเติบโต

ไฟป่าส่งผลกระทบต่ออัตราการเติบโตของไม้เสม็ดขาวในป่าค่อนข้างชัดเจน ซึ่งนอกจากจะทำให้ต้นไม้ตายลงแล้ว ต้นไม้ที่รอดตายยังมีอัตราการเติบโตน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ไฟไหม้ไหม้ จากการวิเคราะห์อัตราการเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง หลังถูกไฟไหม้ไปแล้ว 6 เดือนและ 12 เดือน พบว่า อัตราการเติบโตสมบูรณ์ (absolute growth rate) สำหรับพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.021 และ 0.026 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเติบโตทางด้านความสูงเท่ากับ 0.046 และ 0.055 เมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนแปลงทางมวลชีวภาพมีค่าเท่ากับ 0.091 และ 0.240 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ

แปลงไม่ถูกไฟไหม้มีอัตราการเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง หลังแปลงข้างเคียงถูกไฟไหม้ไปแล้ว 6 และ 12 เดือน พบว่า อัตราการเติบโตสมบูรณ์สำหรับพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.046 และ 0.047 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเติบโตทางด้านความสูงเท่ากับ 0.045 และ 0.053 เมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนแปลงทางมวลชีวภาพมีค่าเท่ากับ 0.277 และ 0.340 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ กอบศักดิ์ และคณะ (2556) ในแปลงที่ถูกเผามีอัตราการเติบโตเท่ากับ 0.22 เซนติเมตร ซึ่งน้อยกว่าแปลงไม่ถูกเผาที่มีอัตราการเติบโตเท่ากับ 0.34 เซนติเมตร จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการเติบโต ค่าเฉลี่ยอัตราการเติบโตทางด้านความสูง และอัตราการเปลี่ยนแปลงของมวลชีวภาพในแปลงที่ถูกไฟไหม้มีแนวโน้มมากกว่าแปลงที่ถูกไฟไหม้อย่างชัดเจน แสดงว่าไฟป่ามีผลกระทบต่ออัตราการเติบโตและมวลชีวภาพของไม้เสม็ดขาว ทั้งนี้ไม้เสม็ดในแปลงที่ถูกเผาพบว่าอัตราการเติบโตทางด้านความโตและ

ความสูงมีค่าน้อยกว่าไม้เสม็ดขาวในสวนป่าซึ่งมีอัตราการเติบโตด้านความโตอยู่ที่ 0.64 เมตรต่อปี ความสูงอยู่ที่ 0.51 เมตรต่อปี (วาทีนิ และคณะ, 2557) ทั้งนี้อาจเนื่องจากในสวนป่ามีการจัดการที่ดีกว่าป่าธรรมชาติและปัจจัยแวดล้อมที่ต่างกัน

อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแตกต่างของอัตราการเติบโตทางด้านความโต ความสูง และมวลชีวภาพ ระหว่างแปลงที่ถูกเผาและไม่ถูกเผา พบว่ามีความแตกต่างกัน อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากการแปรผันแปรระหว่างแปลงที่ค่อนข้างสูงและอาจมาจากลักษณะของไฟในพื้นที่ที่มีการแปรผันเป็นอย่างมาก ทำให้ผลกระทบที่เกิดขึ้นจึงมองไม่เห็นความแตกต่างทางสถิติ

Table 4 Absolute growth rate of *Melaleuca* tree 6 and 12 months in burned and unburned areas.

Area	Plot	AGR 6 months			AGR 12 months		
		DBH (cm)	H (m)	biomass (ton ha ⁻¹)	DBH (cm)	H (m)	biomass (ton ha ⁻¹)
Burn	1	0.03	0.05	0.33	0.04	0.06	0.47
	2	0.08	0.13	-0.24	0.06	0.03	-0.13
	3	-0.12	0.01	-0.18	-0.03	0.07	0.19
	4	0.04	0.03	0.43	0.00	0.06	0.45
	5	0.08	0.01	0.11	0.06	0.05	0.22
	average	0.02	0.05	0.09	0.03	0.06	0.24
	SD	0.08	0.05	0.30	0.04	0.02	0.24
Unburn	1	0.00	0.04	0.24	0.03	0.05	0.39
	2	0.03	0.03	0.09	0.03	0.05	0.12
	3	0.06	0.05	0.20	0.07	0.05	0.19
	4	0.07	0.06	0.47	0.05	0.08	0.67
	5	0.06	0.04	0.39	0.05	0.04	0.38
	average	0.05	0.05	0.28	0.05	0.05	0.35
	SD	0.03	0.01	0.15	0.01	0.02	0.21
p-value		0.59 ^{ns}	0.97 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.43 ^{ns}	0.84 ^{ns}	0.16 ^{ns}

Remark ^{ns} non significant difference (p ≥ 0.05)

2.3 ผลกระทบของไฟต่อการเจริญทดแทนตามธรรมชาติ

จากการศึกษาพบว่าไฟป่าส่งผลให้ไม้รุ่นมีอัตราการตายที่ค่อนข้างสูงมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ไม่เกิดไฟไหม้ เนื่องจากไฟที่เกิดขึ้นมีความรุนแรง และเปลวไฟค่อนข้างสูงจึงสามารถทำลายปลายยอดของไม้รุ่นได้ แม้ว่าบางแปลงเปลวไฟไม่สูงแต่เปลวไฟก็สามารถแผ่รังสีความร้อนไปยังปลายยอดได้ ทำให้ไม้รุ่นตายและไม่สามารถเติบโตต่อไปได้ จากการศึกษพบว่า อัตราการตายของไม้รุ่นในพื้นที่ไฟไหม้เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 28.39 ส่วนแปลงพื้นที่ไฟไหม้พบว่าอัตราการตายตามธรรมชาติเฉลี่ยเพียงร้อยละ 1.52 เท่านั้น (Figure 3) จากรายงานของ กอบศักดิ์ และคณะ (2556) พบว่า ไม้รุ่นมีอัตราการตายในแปลงที่ถูกเผาร้อยละ

74.7 ส่วนแปลงไม่ถูกเผาอัตราการตายอยู่ร้อยละ 16.7 ซึ่งอัตราการตายของไม้รุ่นในแปลงที่ถูกเผาสูงกว่าแปลงที่ไม่ถูกเผาอย่างไรก็ตามหลังไฟไหม้แม้จะพบว่า ไม้รุ่นจะมีการแตกหน่อขึ้นมาแต่เมื่อเวลาผ่านไปกลับพบว่าไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ดังนั้นอัตราการตายที่สูงจึงส่งผลกระทบต่อความหนาแน่นของไม้รุ่นในพื้นที่ไฟไหม้ (1,875 ต้นต่อเฮกตาร์) มีจำนวนน้อยกว่าพื้นที่ไฟไหม้ (5,656 ต้นต่อเฮกตาร์) อย่างชัดเจน (Table 2)

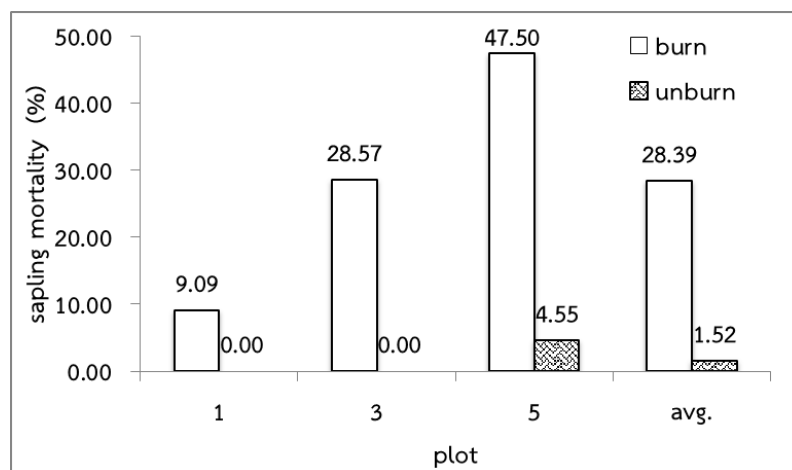


Figure 3 Mortality of sapling in burned and unburned area at 12 months after burning (plot 2 and 4 no mortality).

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางด้านไฟป่ากับการเปลี่ยนแปลงของไม้เสม็ดขาว

จากการศึกษาพบว่า อัตราการเติบโตของไม้ต้นนั้นมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับอัตราไฟลาม และความสูงเปลวไฟในทางลบ กล่าวคือ เมื่อมีไฟเกิดขึ้นนั้น ถ้าอัตราไฟลาม และความสูงไฟมีค่าสูง จะส่งผลให้อัตราการเติบโตของต้นไม้ลดลง ดังจะเห็นได้จากแนวโน้มของความสัมพันธ์ในทางลบและค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติบโตกับลักษณะพฤติกรรมไฟต่างๆ นั้น มีค่าใกล้เคียง 1 (Figure 4) ส่วนอัตราการเติบโตของต้นไม้กับความรุนแรงไฟและความยาวเปลวไฟนั้นมีความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำ

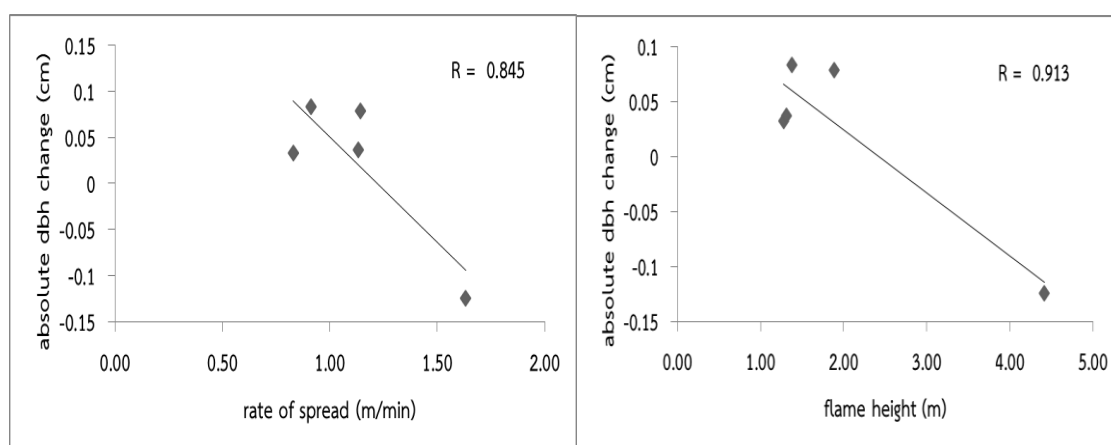


Figure 4 Correlation between the absolute diameter change and fire behavior characteristics (rate of spread, flame, height).

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ไฟป่าที่เกิดจากการทดลองเผาไม้แฉะโน้มนำให้ ความหนาแน่น การเติบโต มวลชีวภาพเหนือพื้นดินลดลง และอัตราการตายเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะความหนาแน่นและอัตราการตาย แต่เนื่องจากแต่ละแปลงมีการผันแปรค่อนข้างสูงและไฟอาจมีพฤติกรรมที่แปรผันด้วย จึงทำให้การเติบโตและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินอาจไม่เห็นผลกระทบจากไฟต่อการเติบโตและการเจริญทดแทนตามธรรมชาติที่ชัดเจนและแตกต่างทางสถิติ นอกจากนี้ อิทธิพลของพฤติกรรมไฟในบางประการ โดยเฉพาะอัตราไฟลามและความสูงเปลวไฟมีผลต่ออัตราการเติบโตของไม้เสม็ดภายหลังไฟไหม้ค่อนข้างมาก ดังนั้นการป้องกันไฟจึงมีความสำคัญต่อการเติบโตและการเจริญทดแทนตามธรรมชาติของไม้เสม็ดขาว แต่ไม่ส่งผลต่อการเติบโตของไม้รุ่มและกล้าไม้

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการวางแผนลักษณะการวางแผนสำรวจควรเป็นแบบ line transect ให้ครอบคลุมการแปรผันของพื้นที่มากกว่านี้ และควรมีการศึกษาในช่วงที่สภาพพื้นที่แห้งแล้งมาก เพราะลักษณะไฟป่าจะได้ใกล้เคียงกับธรรมชาติ ซึ่งจะสามารถเห็นผลกระทบของไฟป่าต่อการเติบโตและการเจริญทดแทนตามธรรมชาติอย่างชัดเจน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนวิจัยบางส่วนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช) ในโครงการ "การจัดการไฟป่าเพื่อบรรเทาปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง"

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กอบศักดิ์ วันธงไชย, ประสงค์ สงวนธรรม, รองลาภ สุขมาสรวง, พสุธา สุนทรห้าว และ วัฒนชัย ตาเสน. 2556. การประเมินความเสียหายของไฟไหม้ป่าพรุควนเคร็งปี พ.ศ. 2555. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- คณินิจ สุทธิชาติ. 2539. ผลกระทบของไฟตอดินและพืช ณ อุทยานแห่งชาติภูกระดึง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชลิต นิยมธรรม. 2537. ป่าพรุโต๊ะแดง. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- วาทีณี สอนผกา, นันทวุฒิ สุนทรวิทย์ และ วระวุฒิ ศรีปัญญา. 2557. การเติบโตและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้เสม็ดขาว ในสวนป่าท่ากุ่ม โนโบรุ อุเมดะ จังหวัดตราด. วารสารวนศาสตร์ 34 (1) : 57-64.
- สุนทร ฉายวัฒน์. 2546. ผลของไฟป่าต่อกล้าไม้ ไม้รุ่ม และการใช้ประโยชน์ของสัตว์กินพืชบางชนิดในป่าเต็งรังเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Chaiyarak, S. and K. Wanthongchai. 2014. Forest Fire Behavior in Khuan Khreng Peat Forest, Nakhon Si Thammarat Province, pp. 546-549. International Conference on Sustainable Energy and Environment 5th. Science, Technology and Innovation for ASEAN Green Growth.

สมบัติแหล่งเชื้อเพลิงและพฤติกรรมไฟ ในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว
จังหวัดหนองคาย

Fuelbed Properties and Fire behavior in Deciduous Dipterocarp Forest
in Dong Phu Wua National Reserved Forest, Nong Khai Province

ไกรสร วิริยะ^{1*} อภิศักดิ์ ขาวชน² และ สันต์ เกตุปราณีต³
Kraisorn Wiriya^{1*} Apisak Chawchon² and San Kaitpraneet³

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900

² สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² Watershed Conservation and Management Office, Department of National Parks, Wildlife
and Plant Conservation, Chatuchak, Bangkok 10900

³ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

³ Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: kraisorn_48@hotmail.com

ABSTRACT

Fuelbed properties and fire behavior were studied in deciduous dipterocarp forest in the Dong Phu Wua National Reserved Forest, Nong Khai province to determine their relationships with environmental factors at the study site. The results could be applied to inform fire suppression and fire control in deciduous dipterocarp forest in the Dong Phu Wua National Reserved Forest and at other sites having similar forest type and ecology. In total, eight circular sample plots with a radius of 30 m were established at the experimental site for data collection between March and April 2009. Byram's model was applied to determine the fireline intensity and flame length. In addition, Pearson's product-moment correlation was conducted to determine the relationship between fuel and fire behavior and environmental factors at a significance level of 0.05.

The results of the study revealed that the average gross fuel loading was 5,068 kg ha⁻¹ comprised of 4,360 and 708 kg ha⁻¹ dead and live fuels, respectively. The average moisture content of dead and live fuels was 6.16 and 51.61%, respectively, and the average moisture content of the gross fuel was 13.04%. The rate of fire spread of head, flank, and rear fires was 1.44, 0.45, and 0.29 m min⁻¹, respectively. The fireline intensity of head, flank, and rear fires was 152, 52, and 36 kW m⁻¹, respectively. The flame length of head, flank, and rear fires was 0.83, 0.31, and 0.27 m, respectively. The rate of head fire spread was related directly to slope steepness but was inversely related to the moisture content of the gross fuel. The results

indicated that there was a range from low to moderate fire intensities that could generally be attacked at the head, flank, and rear of the fire by firefighters using hand tools such as a swatter and back pack pump. A fireline at least 2 m wide could hold the fire. Firefighters should take great care in fire suppression activities undertaken at head and flank fires in any area with strong winds and very steep slopes. In addition, fire crews should be prepared at the maximum level on days with strong wind.

Keywords: fuelbed properties, fire behavior, deciduous dipterocarp forest, Dong Phu Wua National Reserved Forest

บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติแหล่งเชื้อเพลิงและพฤติกรรมไฟ ในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว จังหวัดหนองคาย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของแหล่งเชื้อเพลิงและพฤติกรรมไฟ แล้วนำผลที่ได้ไปใช้ในการดำเนินงานควบคุมไฟป่าในพื้นที่ศึกษาตลอดจนพื้นที่อื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน การศึกษาครั้งนี้ได้วางแผนทดลองรูปวงกลมรัศมี 30 เมตร จำนวน 8 แปลง เพื่อเก็บข้อมูลสมบัติแหล่งเชื้อเพลิง ปัจจัยแวดล้อม และอัตราไฟลาม ในช่วงฤดูไฟป่าระหว่างเดือนมีนาคมถึงเมษายน 2552 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าสถิติทั่วไป ส่วนความรุนแรงของไฟและความยาวเปลวไฟ คำนวณด้วยสูตรของ Byram สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อเพลิงและพฤติกรรมไฟกับปัจจัยแวดล้อม วิเคราะห์หาความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ ด้วยวิธีของเพียร์สัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณเชื้อเพลิงรวมทั้งแห้งและสดเฉลี่ย 5,068 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ โดยมีปริมาณเฉลี่ยของเชื้อเพลิงแห้งและสด 4,360 และ 708 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ความชื้นเชื้อเพลิงแห้งและสดเฉลี่ยร้อยละ 6.16 และ 51.61 ตามลำดับ ส่วนความชื้นเชื้อเพลิงรวมร้อยละ 13.04 อัตราไฟลามด้านหัวไฟ ปีกไฟ และหางไฟ เฉลี่ย 1.44 0.45 และ 0.29 เมตรต่อนาที ตามลำดับ ความรุนแรงของไฟด้านหัวไฟ ปีกไฟ และหางไฟ เฉลี่ย 152 52 และ 36 กิโลวัตต์ต่อเมตร ตามลำดับ ส่วนความยาวเปลวไฟด้านหัวไฟ ปีกไฟ และหางไฟ เฉลี่ย 0.79, 0.48 และ 0.40 เมตร ตามลำดับ อัตราไฟลามหัวไฟมีความสัมพันธ์ทางตรงกับความเร็วลมและความลาดชันของพื้นที่ แต่มีความสัมพันธ์ผกผันกับความชื้นเชื้อเพลิงแห้งและสดจากผลการศึกษา ไฟที่เกิดขึ้นในพื้นที่ มีระดับความรุนแรงต่ำถึงปานกลาง สามารถควบคุมได้โดยใช้วิธีการดับทางตรงทั้งทางด้าน หัวไฟ ปีกไฟ และหางไฟ ด้วยเครื่องมือดับไฟธรรมดา เช่น ไม้ดับไฟ ร่วมกับถังฉีดน้ำแบบสเปกตรัมหลัง แนวกันไฟที่มีความกว้าง 2 เมตร สามารถที่จะสกัดกั้นไฟที่เกิดขึ้นได้ ควรเพิ่มความระมัดระวังในการเข้าดับไฟทางด้านหัวไฟและปีกไฟ เมื่อมีความเร็วลมสูงและพื้นที่ที่มีความลาดชัน นอกจากนี้ควรมีการเตรียมความพร้อมในวันที่มีลมพัดแรง

คำสำคัญ: สมบัติแหล่งเชื้อเพลิง พฤติกรรมไฟ ป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว

คำนำ

ในปัจจุบันไฟป่านับเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่ง ที่สร้างความเสียหายต่อทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก นอกเหนือจากการบุกรุกแผ้วถางป่าเพื่อครอบครองที่ดินปลูกพืชเศรษฐกิจเชิงเดี่ยว การครอบครองที่ดินเพื่อกิจกรรมด้านการท่องเที่ยว การลักลอบตัดไม้มีค่า การใช้พื้นที่ป่าไม้ในการดำเนิน

โครงการต่างๆ สำหรับประเทศไทยในป่าลัดใบ ได้แก่ ป่าเต็งรัง และป่าเบญจพรรณ ที่ในช่วงฤดูแล้งต้นไม้ในป่าจะทิ้งใบพร้อมกันทั้งหมด ทำให้กลายเป็นเชื้อเพลิงให้กับไฟป่าเป็นอย่างดี จึงมักเกิดไฟป่าขึ้นเป็นประจำทุกปี ในช่วงฤดูดังกล่าว ไฟที่เกิดขึ้นเป็นประจำและถี่ขึ้น ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพยากรป่าไม้อย่างรวดเร็วและเป็นบริเวณกว้าง ส่งผลให้ระบบนิเวศ พืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่บริเวณนั้นถูกทำลาย ทั้งยังส่งผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำ สภาพภูมิอากาศ ส่งผลต่อเนื่องให้เกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งเป็นภาวะที่อุณหภูมิของโลกโดยเฉลี่ยสูงขึ้น ไฟป่า หมายถึง ไฟที่ปราศจากการควบคุม ลุกไหม้ไปอย่างอิสระแล้วเผาผลาญเชื้อเพลิงธรรมชาติในป่า ได้แก่ ดินอินทรีย์ ใบไม้แห้ง หญ้า กิ่ง ต้นไม้แห้ง ท่อนไม้ ตอไม้ วัชพืช ไม้พุ่ม ใบไม้สด และในระดับหนึ่งสามารถเผาผลาญต้นไม้ที่ยังมีชีวิตอยู่ (Brown and Davis, 1973) ไฟป่าจะเกิดขึ้นได้ ก็ต่อเมื่อมีองค์ประกอบที่จำเป็น 3 ประการ คือ เชื้อเพลิง ความร้อน และออกซิเจน มารวมตัวกันในสัดส่วนที่เหมาะสมที่จะเกิดการเผาไหม้ และดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง (ศิริ, 2543) ไฟป่าในประเทศไทยจะเกิดขึ้นตั้งแต่เดือนธันวาคมจนถึงเมษายน โดยจะเกิดในพื้นที่ภาคกลางก่อนแล้วไป ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคใต้ ตามลำดับ จากสาเหตุต่างๆ ได้แก่ การเก็บหาของป่า เผาไร่ แกล้งจุด ความประมาทล่าสัตว์ เลี้ยงปศุสัตว์ และความคึกคะนอง ไฟป่าเกิดในช่วงฤดูแล้ง อากาศที่แห้งและลมแรง จะเป็นตัวเร่งที่ทำให้เกิดไฟป่ารุนแรงขึ้น (อภินิษฐ์ และคณะ, 2536) เชื้อเพลิงที่ทำให้เกิดไฟป่า ได้แก่ ต้นไม้ ตอไม้ ไม้พุ่ม กิ่งก้านไม้ ใบไม้ หญ้า และไม้พื้นล่างต่างๆ รวมไปถึงซากพืช และดินอินทรีย์ (ศิริ, 2543) สมบัติของเชื้อเพลิงที่มีผลต่อพฤติกรรมของไฟ ประกอบด้วย สมบัติที่เกี่ยวข้องกับอนุภาคเชื้อเพลิงโดยตรง ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพ เช่น ใบ กิ่ง ลำต้น สมบัติทางฟิสิกส์ เช่น ความหนาแน่นของอนุภาค และสมบัติทางเคมี เช่น ปริมาณความร้อน ปริมาณแร่ธาตุ ปริมาณซิลิกา ส่วนสมบัติอีกประการหนึ่งของเชื้อเพลิงที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมไฟป่า คือ สมบัติที่เกี่ยวข้องกับแหล่งที่เชื้อเพลิง ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคเชื้อเพลิงหลายๆ อนุภาคมารวมกัน สมบัติดังกล่าว ได้แก่ ปริมาณเชื้อเพลิง ความลึกหรือความสูง ความต่อเนื่อง และการจัดเรียงตัวของเชื้อเพลิง สันต์ (2526) กล่าวว่า ลักษณะที่บ่งบอกพฤติกรรมของไฟประกอบด้วย อัตราไฟลาม ความรุนแรงของไฟ และความยาวเปลวไฟ อัตราไฟลาม หมายถึง ความเร็วของไฟที่ลุกลาม ด้านหัว ด้านข้าง และด้านหลังของไฟที่มีอัตราไฟลามต่างกัน ความรุนแรงของไฟ เป็นการวัดอัตราของพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาเมื่อเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้ในไฟหนึ่งๆ ที่นิยามวัดกัน ได้แก่ ความรุนแรงของแนวไฟ ซึ่งเป็นการวัดอัตราพลังงานที่ปลดปล่อยต่อหน่วยระยะทางของการลามของหัวไฟ ส่วนความยาวเปลวไฟคือ ระยะจากยอดของเปลวไฟถึงกึ่งกลางฐานของเปลวไฟที่ติดกับผิวของเชื้อเพลิง พฤติกรรมของไฟเป็นผลจากปฏิริยาระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ กับไฟเอง ปัจจัยสิ่งแวดล้อมไฟ ประกอบด้วย เชื้อเพลิงที่เผาไหม้ สภาพอากาศ และลักษณะภูมิประเทศ นักวิจัยทางด้านไฟป่าได้พยายามที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติต่างๆ ของเชื้อเพลิงที่สามารถวัดได้ มาอธิบายถึงอิทธิพลของเชื้อเพลิงที่มีต่อพฤติกรรมของไฟ จากการศึกษาของ Fons (1946) พบว่า อัตราไฟลามจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณเชื้อเพลิง และแปรผันกลับกับความชื้นของเชื้อเพลิง ขนาดอนุภาคเชื้อเพลิงและความหนาแน่นของแหล่งเชื้อเพลิง ส่วน Rothermel (1972) ได้สร้างแบบจำลองพฤติกรรมไฟขึ้นโดยใช้สมบัติของเชื้อเพลิง ได้แก่ ปริมาณความร้อน ความหนาแน่นของอนุภาค ปริมาณแร่ธาตุทั้งหมด ปริมาณแร่ธาตุที่ไม่รวมซิลิกา อัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อหน่วยปริมาตร ปริมาณความชื้น ปริมาณความชื้นที่ไฟไหม้แต่ไม่ลุกลาม ปริมาณเชื้อเพลิง และความสูงของเชื้อเพลิง มาใช้ในการคำนวณพฤติกรรมของไฟ ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูวาว ตั้งอยู่ในท้องที่อำเภอป่งคล้า อำเภอเชกา อำเภอบึงกาฬ และอำเภอบึงโขงหลง จังหวัดหนองคาย ลักษณะภูมิประเทศเป็นกลุ่มเทือกเขาตั้งอยู่ริมฝั่งแม่น้ำโขง ความลาดชันเฉลี่ยร้อยละ 25 มีความสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ย 330 เมตร ลักษณะภูมิอากาศ อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ แบ่งออกเป็น 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูฝนอยู่ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม ส่วนฤดูหนาว อยู่ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ สำหรับฤดูร้อน อยู่ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือน

พฤษภาคม ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,738.60 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี 27 °C โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุด เฉลี่ย 23 และ 32 °C ตามลำดับ และมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 91

สังคมพืชในป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูวัญ ประกอบด้วย ป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง ที่ยังมีสภาพความอุดมสมบูรณ์ ในป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ มักจะมีไฟป่าแทบทุกปี ส่วนในป่าดิบแล้งหากในปีใดที่อากาศมีความแห้งแล้งรุนแรงต้นไม้อาจจะผลัดใบและเกิดไฟป่าขึ้นได้ ดังนั้นหากไม่มีการป้องกัน ควบคุมไฟป่า และการจัดการเชื้อเพลิงที่เหมาะสม ก็อาจทำให้เกิดไฟป่าที่สร้างความเสียหายต่อสภาพพื้นที่และระบบนิเวศได้ ดังนั้น การศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของแหล่งเชื้อเพลิงและพฤติกรรมไฟในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูวัญ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของแหล่งเชื้อเพลิงและพฤติกรรมไฟที่เกิดขึ้น ตลอดจนหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของแหล่งเชื้อเพลิงและพฤติกรรมไฟ กับปัจจัยแวดล้อม เพื่อการนำไปใช้ในการวางแผนป้องกันและควบคุมไฟป่าที่เกิดขึ้นให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และสามารถรักษาพื้นที่ป่าที่อุดมสมบูรณ์ให้คงอยู่ตลอดไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาสมบัติของแหล่งเชื้อเพลิงและพฤติกรรมไฟ ในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูวัญใช้วิธีการวางแผนทดลองรูปวงกลมรัศมี 30 เมตร จำนวน 8 แปลง เพื่อเก็บข้อมูลสมบัติเชื้อเพลิง ได้แก่ ปริมาณ และความชื้นเชื้อเพลิง พฤติกรรมไฟ ได้แก่ อัตราไฟลาม และปัจจัยแวดล้อม ได้แก่ ความเร็วลม อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และความลาดชัน เก็บข้อมูลในฤดูไฟป่า ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเมษายน พ.ศ. 2552 ในเวลาประมาณ 12.00–14.00 น.

ปริมาณเชื้อเพลิง หมายถึง ปริมาณน้ำหนักแห้งของเชื้อเพลิงต่อหน่วยเนื้อที่ โดยก่อนทำการเผาในแปลงทดลองรูปวงกลมรัศมี 30 เมตร ใช้กรอบเหล็กขนาด 1x1 ตารางเมตร สุ่มเก็บตัวอย่างเชื้อเพลิง จำนวน 4 จุด ชั่งน้ำหนักหยาบ แล้วคำนวณหาปริมาณเชื้อเพลิงด้วยวิธีของ Wiriya (2009) แสดงในหน่วยกิโลกรัมต่อเฮกตาร์ สำหรับความชื้นเชื้อเพลิงแสดงในรูปปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงขณะนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้ง แสดงเป็นค่าร้อยละ หาโดยการแบ่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการสุ่มเก็บเพื่อหาปริมาณเชื้อเพลิง นำไปชั่งน้ำหนักสด จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 75 °C เป็นเวลานาน 48 ชั่วโมงแล้วชั่งน้ำหนักแห้งเพื่อคำนวณหาความชื้นด้วยวิธีของ Brown and Davis (1973) ส่วนความชื้นเชื้อเพลิงรวม ได้จากการหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (weighted mean) ระหว่างความชื้นเชื้อเพลิงแห้งและเชื้อเพลิงสด

อัตราไฟลาม หมายถึง ระยะทางที่ไฟลุกลามขยายตัวออกไปทางด้านหน้า ด้านข้าง และด้านหลังต่อหน่วยเวลา เก็บข้อมูลโดยการจุดไฟตรงจุดศูนย์กลางของแปลงทดลองรูปวงกลมรัศมี 30 เมตร เริ่มจับเวลาแล้วปล่อยให้ลามจนกระทั่งหัวไฟลามถึงขอบแปลงทดลอง จับเวลาสิ้นสุดแล้วรีบดับไฟทุกด้านพร้อมกัน วัดระยะทางที่ไฟลุกลามในแต่ละด้าน คำนวณหาอัตราไฟลามในแต่ละด้าน แสดงในหน่วย เมตรต่อวินาที ส่วนความรุนแรงและความยาวเปลวไฟ คำนวณจากสูตรของ Byram (1959) กำหนดค่า Heat of combustion ของเชื้อเพลิง เท่ากับ 4,500 แคลอรีต่อกรัม ส่วนค่า Heat yield หาด้วยวิธีการของ Brown and Davis (1973) ความรุนแรงไฟ แสดงในหน่วย กิโลวัตต์ต่อเมตร ส่วนความยาวเปลวไฟ มีหน่วยเป็นเมตร

ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของเชื้อเพลิงและพฤติกรรมไฟกับปัจจัยแวดล้อม ที่ได้จากการวัดขณะทำการศึกษา วิเคราะห์โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของ ศุภกิจ (2550) ที่แบ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ สูงมาก สูง ปานกลาง ต่ำ และต่ำมาก

สำหรับแนวทางการควบคุมและดับไฟป่า นำผลที่ได้จากการศึกษาพฤติกรรมไฟไปเปรียบเทียบกับตารางความหมายพฤติกรรมไฟในด้านการควบคุมไฟป่าของ Andrew (1980) และตารางมาตรการควบคุมไฟป่าในป่าเต็งรัง อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ของ ชนะชัย (2538) เพื่อใช้เป็นข้อเสนอแนะและแนวทางสำหรับการป้องกันและการควบคุมไฟป่าในพื้นที่ศึกษา

ผลและวิจารณ์

1. สมบัติของแหล่งเชื้อเพลิง

การศึกษาสมบัติของแหล่งเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว จังหวัดหนองคาย ประกอบด้วย ปริมาณและความชื้นเชื้อเพลิง มีผลการศึกษาดังปรากฏใน Table 1

Table 1 Fuelbed properties in Deciduous Dipterocarp Forest at Dong Phu Wua National Reserved Forest, Nong Khai province.

Fuelbed properties	Unit	Mean	Maximum	Minimum
Fuel loads	Kg ha ⁻¹			
Dead fuel		4,359	7,953	2,833
Live fuel		708	1,034	378
Gross fuel		5,067	8,987	3,485
Moisture Contents	%			
Dead fuel		6.16	9.86	3.24
Live fuel		51.66	65.42	32.53
Gross fuel		13.04	16.24	6.39

จาก Table 1 ในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว จังหวัดหนองคาย มีปริมาณเชื้อเพลิงรวมเท่ากับ 5,068 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ประกอบด้วยเชื้อเพลิงแห้งและสด 4,359 และ 708 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วนความชื้นเชื้อเพลิงรวมเฉลี่ย เท่ากับร้อยละ 13.04 สำหรับความชื้นเชื้อเพลิงแห้งและสดเฉลี่ย เท่ากับร้อยละ 6.16 และ 51.66 ตามลำดับ จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า ในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว ในช่วงฤดูไฟป่าเชื้อเพลิงส่วนใหญ่จะเป็นเชื้อเพลิงแห้งที่มีความชื้นต่ำสุดร้อยละ 3.24

ศิริ (2535) ได้ศึกษาเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า มีปริมาณ เท่ากับ 5,190 และ 5,010 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วน ศุภรัตน์ (2535) พบว่า ปริมาณเชื้อเพลิงในป่าเต็งรังอุทยานแห่งชาติภูพาน จังหวัดสกลนคร เท่ากับ 4,133 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ในขณะที่ Wiriya (2009) ได้แบ่งป่าเต็งรังในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี ตามลักษณะของเชื้อเพลิง ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ป่าเต็งรังที่มีเชื้อเพลิงส่วนใหญ่เป็นใบไม้และกิ่งไม้ ป่าเต็งรังที่มีเชื้อเพลิงพวกใบไม้ กิ่งไม้ และหญ้าเตี้ยๆ และป่าเต็งรังที่มีเชื้อเพลิงส่วนใหญ่เป็นพวกหญ้าสูง พบว่า มีปริมาณ เท่ากับ 5,789.32, 6,353.72 และ 7,184.59 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า ปริมาณเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว จังหวัดหนองคาย มีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ จังหวัดกาญจนบุรี แต่มีปริมาณน้อยกว่าในป่าเต็งรัง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากป่าเต็งรัง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคกลางซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์สูงกว่าในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูวตั้งอยู่ นอกจากนี้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ยังได้รับการประกาศขึ้นทะเบียนเป็นพื้นที่มรดกโลกทางธรรมชาติ จึงได้รับการสนใจเป็นพิเศษมีมาตรการคุ้มครองป้องกันที่ค่อนข้างเข้มงวด โดยเฉพาะการป้องกันไฟป่าที่มีการจัดตั้งหน่วยควบคุมไฟป่าทั่วรอบพื้นที่รวมทั้งหมด 4 หน่วย (สถานีควบคุมไฟป่าอุทัยธานี, 2556)

สำหรับความชื้นของเชื้อเพลิง Schroeder and Buck (1970) พบว่า ปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงสด จะอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 35 ถึง 200 ส่วนเชื้อเพลิงแห้ง จะอยู่ในช่วงร้อยละ 1.5 ถึง 30 จากการศึกษาของ Wiriya (2009) พบว่า ความชื้นของเชื้อเพลิงแห้งป่าเต็งรังที่มีเชื้อเพลิงส่วนใหญ่เป็นใบไม้และกิ่งไม้ ป่าเต็งรังที่มีเชื้อเพลิงพวกใบไม้ กิ่งไม้ และหญ้าเตี้ยๆ และป่าเต็งรังที่มีเชื้อเพลิงส่วนใหญ่เป็นพวกหญ้าสูง ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี เท่ากับร้อยละ 8.45 9.39 และ 20.92 ตามลำดับ สำหรับเชื้อเพลิงสด ได้แก่ หญ้าสด และไม้พื้นล่าง เท่ากับร้อยละ 99.87 และ 128.06 ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยของเชื้อเพลิงรวม เท่ากับร้อยละ 25.04 ส่วน ศิริ และ สานิตย์ (2535) พบว่า ความชื้นของเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 19 โดยมีค่าต่ำสุดร้อยละ 9 ส่วนความชื้นของเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ จังหวัดกาญจนบุรี เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 20 และต่ำสุดร้อยละ 7 (ศิริ, 2535)

เมื่อเปรียบเทียบความชื้นของเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว จังหวัดหนองคาย กับที่อื่นๆ ที่มีรายงานผลการศึกษาไว้ข้างต้นจะพบว่า ความชื้นของเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว มีค่าต่ำกว่าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ จังหวัดกาญจนบุรี อาจเนื่องมาจากป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว จังหวัดหนองคาย ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งมีสภาพภูมิอากาศที่แห้งแล้งกว่าในภาคกลางและภาคเหนือที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระตั้งอยู่ ประกอบกับในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว มีลักษณะของดินเป็นดินทราย สลับกับลานหิน ทำให้พื้นดินมีความสามารถในการเก็บกักน้ำไว้ได้น้อย เมื่อถึงฤดูแล้งที่มาถึงก่อนภาคอื่นๆ พืชที่ขึ้นอยู่ตามพื้นป่าส่วนมากจึงตายก่อน ส่งผลให้เชื้อเพลิงแห้งกว่าที่อื่นๆ

2. พฤติกรรมไฟ

พฤติกรรมไฟที่ศึกษาในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว จังหวัดหนองคาย ประกอบด้วย อัตราไฟลาม ความรุนแรงของไฟ และความยาวเปลวไฟ ปรากฏผลดังแสดงใน Table 2

จาก Table 2 พฤติกรรมไฟในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว จังหวัดหนองคาย ได้แก่ อัตราไฟลาม ความรุนแรง และความยาวเปลวไฟเฉลี่ย ของหัวไฟซึ่งจะมีค่าสูงสุด เท่ากับ 1.44 เมตรต่อนาที 151.64 กิโลวัตต์ต่อเมตร และ 0.79 เมตร ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ ด้านปีกไฟหรือข้างไฟ ที่มีอัตราไฟลาม ความรุนแรง และความยาวเปลวไฟ เฉลี่ย เท่ากับ 0.45 เมตรต่อนาที 51.70 กิโลวัตต์ต่อเมตร และ 0.48 เมตร ตามลำดับ และด้านหางไฟหรือท้ายไฟมีอัตราการไฟลาม ความรุนแรง และความยาวเปลวไฟเฉลี่ย เท่ากับ 0.29 เมตรต่อนาที 35.61 กิโลวัตต์ต่อเมตร และ 0.41 เมตร ตามลำดับ เมื่อนำพฤติกรรมไฟที่ได้จากการศึกษา ได้แก่ ความยาวเปลวไฟ และความรุนแรงไฟเฉลี่ย ของด้านหัวไฟซึ่งเท่ากับ 0.79 เมตร และ

151.64 กิโลวัตต์ต่อเมตร ตามลำดับ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับตารางมาตรการควบคุมไฟป่าของ Andrew (1980) และ ชนะชัย (2538) แล้วพบว่า ไฟที่เกิดขึ้นในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูวัญ อยู่ในระดับที่มีความรุนแรงต่ำถึงปานกลาง พนักงานดับไฟป่าสามารถควบคุมไฟได้โดยตรงทั้งด้านหัว ปีกไฟ และหางไฟ ด้วยเครื่องมือดับไฟธรรมดา เช่น ไม้ดับไฟพร้อมกับถังฉีดน้ำแบบสเปซพอยท์ หลัง แนวกันไฟที่มีความกว้างอย่างน้อย 2 เมตร สามารถสกัดกั้นไฟที่เกิดขึ้นได้ จากผลการศึกษา เมื่อเปรียบเทียบกับพฤติกรรมไฟ ในป่าเต็งรัง ที่มีรายงานการศึกษาไว้ พบว่า พฤติกรรมไฟในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูวัญ มีความรุนแรงน้อยกว่าไฟในป่าเต็งรัง สะแกราช จังหวัดนครราชสีมา ที่มีอัตราไฟลาม ความรุนแรง และความยาวเปลวไฟ เท่ากับ 4.46 เมตรต่อหน้าที่ 194.14 กิโลวัตต์ต่อเมตร และ 2.47 เมตร ตามลำดับ (มัญญศักดิ์, 2530) ป่าเต็งรัง อุทยานแห่งชาติทับลาน จังหวัดนครราชสีมา ที่มีอัตราไฟลาม ความรุนแรง และความยาวเปลวไฟ เท่ากับ 1.82 เมตรต่อหน้าที่ 385.90 กิโลวัตต์ต่อเมตร และ 1.22 เมตร ตามลำดับ (พันศักดิ์ และ ไกรสร, 2549) และ ป่าเต็งรังซึ่งมีเชื้อเพลิงพวกซากพืชที่ร่วงหล่นและหญ้า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี ที่มีอัตราไฟลาม ความรุนแรง และความยาวเปลวไฟ เท่ากับ 2.75 เมตรต่อหน้าที่ 414.76 กิโลวัตต์ต่อเมตร และ 1.27 เมตร ตามลำดับ (Wiriya, 2009) แต่อย่างไรก็ตามพฤติกรรมไฟในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูวัญ มีความรุนแรงใกล้เคียงกับไฟที่เกิดขึ้นในป่าเต็งรังที่เชื้อเพลิงประกอบด้วยซากพืชที่ร่วงหล่นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี ที่มีอัตราไฟลาม ความรุนแรงของไฟ และความยาวเปลวไฟ เท่ากับ 1.34 เมตรต่อหน้าที่ 184.71 กิโลวัตต์ต่อเมตร และ 0.86 เมตร ตามลำดับ (Wiriya, 2009) และยังมีความรุนแรงมากกว่าไฟที่เกิดขึ้นในป่าเต็งรัง อุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย ที่มีอัตราไฟลาม ความรุนแรง และความยาวเปลวไฟ เท่ากับ 0.30-1 เมตรต่อหน้าที่ 57.77 กิโลวัตต์ต่อเมตร และ 0.30-0.70 เมตร ตามลำดับ (คณินิจ, 2539)

Table 2 Fire behaviors in Deciduous Dipterocarp Forest at Dong Phu Wua National Reserved Forest, Nong Khai province.

Fire behavior descriptors	Unit	Mean	Maximum	Minimum
Rates of fire spread	m min ⁻¹			
Head		1.44	3.00	0.42
Flank		0.45	0.88	0.29
Rear		0.29	0.40	0.17
Fire line intensities	kW m ⁻¹			
Head		151.64	257.86	51.43
Flank		51.70	99.45	35.51
Rear		35.61	77.83	17.58
Flame lengths	m			
Head		0.79	1.03	0.49
Flank		0.48	0.66	0.41
Rear		0.41	0.59	0.30

3. ความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อเพลิงและพฤติกรรมไฟกับปัจจัยแวดล้อม

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของแหล่งเชื้อเพลิงและพฤติกรรมไฟ กับปัจจัยแวดล้อม ในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว จังหวัดหนองคาย ปรากฏผลดังแสดงใน Table 3

Table 3 Relationship between fuel, fire behavior and environmental factors in Deciduous Dipterocarp Forest at Dong Phu Wua National Reserved Forest, Nong Khai province.

	Ros	Mod	Mol	Win	Slp
Ros	1.00				
Mod	-0.64*	1.00			
Mol	-0.66*	0.09	1.00		
Win	0.74*	-0.67*	0.53	1.00	
Slp	0.80*	-0.38	0.57	0.86*	1.00

Remark * significant at $p < 0.05$

Abbreviation Ros = The rate of fire spread of head, Mod = moisture content of dead fuels, Mol = moisture content of dead live fuels, Win = Wind speed and Slp = Slope

ความชื้นเชื้อเพลิงแห้งในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว มีความสัมพันธ์ผกผันกับความเร็วลม โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง เท่ากับ -0.67 หมายความว่า ความชื้นเชื้อเพลิงแห้งจะลดลงเมื่อลมมีความเร็วเพิ่มมากขึ้น ซึ่ง สันต์ (2526) กล่าวว่า ลมมีส่วนช่วยให้เชื้อเพลิงแห้ง โดยทำให้อากาศบริเวณนั้นมีการหมุนเวียน ถ่ายเทความชื้นออกไป จึงเป็นผลให้เชื้อเพลิงแห้งเร็วขึ้น ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศ และความลาดชัน ไม่มีความสัมพันธ์กับความชื้นเชื้อเพลิงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

อัตราไฟลามหัวไฟมีความสัมพันธ์ผกผันกับปริมาณเชื้อเพลิงแห้งและสด มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระดับปานกลาง เท่ากับ -0.64 และ -0.66 ตามลำดับ สาเหตุเนื่องมาจากเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว ส่วนใหญ่ประกอบด้วยใบไม้ที่ร่วงหล่นและหญ้าเล็กๆ ที่ขึ้นชิดติดดินเชื้อเพลิงเหล่านี้จะทับถมและอัดแน่นบนพื้นป่าทำให้มีช่องว่างระหว่างอนุภาคเชื้อเพลิงน้อย จึงทำให้มีอากาศน้อยลงตามไปด้วย ทำให้ประสิทธิภาพของการเผาไหม้เชื้อเพลิงลดลง ส่งผลให้อัตราไฟลามลดลงในขณะที่ปริมาณเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้น

แต่อย่างไรก็ตาม อัตราการลุกลามของหัวไฟมีความสัมพันธ์ทางตรงกับความเร็วลมและความลาดชัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง เท่ากับ 0.74 และ 0.80 ตามลำดับ ส่วนอัตราการลุกลามที่ปีกไฟมีความสัมพันธ์ทางตรงกับความเร็วลมเช่นเดียวกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ อยู่ในระดับปานกลาง เท่ากับ 0.65 เนื่องจากลมเป็นตัวช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนสำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิง นอกจากนี้ลมจะพัดให้เปลวไฟ ไกลเชื้อเพลิงข้างหน้ามากขึ้น ทำให้เชื้อเพลิงร้อนและติดไฟได้ดีขึ้น สำหรับความลาดชันก็มีผลต่อไฟคล้ายลม กล่าวคือ ทำให้เปลวไฟเข้าใกล้เชื้อเพลิงข้างหน้าได้มากขึ้น เชื้อเพลิงจึงร้อนและติดไฟได้ดีขึ้นเช่นเดียวกัน

Wiriya (2009) พบว่า อัตราไฟลามของหัวไฟในป่าเต็งรัง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี มีความสัมพันธ์ในทางตรงกับความเร็วลมและความสูงของเชื้อเพลิง และมีความสัมพันธ์ผกผันกับความชื้นเชื้อเพลิงสด ด้านปีกไฟและหางไฟ มีความสัมพันธ์ทางตรงกับความเร็วลม ความสูงของเชื้อเพลิง และปริมาณเชื้อเพลิงสด ส่วน ชนะชัย (2538) ได้ศึกษา ดรรชนีไฟเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ป่าเต็งรัง อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า อุณหภูมิของอากาศที่มีอิทธิพลต่อความรุนแรงของไฟ

4. แนวทางการควบคุมและดับไฟป่า

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณเชื้อเพลิงแห้ง ในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว้ด มีอยู่เป็นปริมาณมากกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น และมีความชื้นเพียงร้อยละ 6.16 ซึ่งต่ำมากเมื่อเทียบกับค่าความชื้นเชื้อเพลิงแห้งในป่าเต็งรังในที่อื่นๆ ที่มีการรายงานผลการศึกษาไว้ทำให้เชื้อเพลิงแห้งมีโอกาสในการติดไฟและลุกลามของไฟได้อย่างรวดเร็ว จึงควรดำเนินการลดปริมาณเชื้อเพลิงแห้งในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว้ด จังหวัดหนองคาย ก่อนที่จะถึงฤดูไฟป่า ซึ่งสามารถที่จะปฏิบัติได้หลายวิธีตามความเหมาะสม เช่น การชิงเผา การเก็บกวาดเชื้อเพลิงออกจากพื้นที่

ไฟที่เกิดขึ้นในป่าเต็งรัง ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงภูว้ด เป็นไฟที่มีระดับความรุนแรงต่ำถึงปานกลาง สามารถควบคุมไฟนี้ได้โดยใช้วิธีการดับทางตรง ทั้งทางด้านหัวไฟ ปีกไฟ และหางไฟ โดยใช้เครื่องมือดับไฟธรรมดา เช่น ไม้ดับไฟ ทำงานร่วมกับถังฉีดน้ำแบบสพายหลัง แนวกันไฟกว้างอย่างน้อย 2 เมตร สามารถที่จะสกัดกั้นไฟนี้ได้ ควรมีการเตรียมพร้อมในวันที่มีลมพัดแรง เนื่องจากลมจะทำให้เชื้อเพลิงแห้ง นอกจากนี้ควรเพิ่มความระมัดระวังในการเข้าดับไฟทางด้านหัวไฟและปีกไฟ เมื่อมีความเร็วลมสูงและพื้นที่ที่มีความลาดชัน เนื่องจากไฟทั้งสองด้านมีความสัมพันธ์ทางตรงกับความเร็วมลและความลาดชัน หรือเข้าดับไฟทางด้านหางไฟแทน เนื่องจากไม่ขึ้นกับความเร็วมลและความลาดชัน

สรุปและข้อเสนอแนะ

ปริมาณเชื้อเพลิงรวมทั้งแห้งและสดเฉลี่ย เท่ากับ 5,068 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ เชื้อเพลิงแห้งมีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 4,359 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ส่วนเชื้อเพลิงสดมีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 708 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ความชื้นเชื้อเพลิงแห้งเฉลี่ย เท่ากับร้อยละ 6.16 ส่วนความชื้นเชื้อเพลิงสดเฉลี่ย เท่ากับร้อยละ 51.66 สำหรับเชื้อเพลิงรวม พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 13.04

อัตราไฟลามของหัวไฟเฉลี่ย เท่ากับ 1.44 เมตรต่อนาที อัตราไฟลามของปีกไฟเฉลี่ย เท่ากับ 0.45 เมตรต่อนาที ส่วนอัตราไฟลามของหางไฟเฉลี่ยเท่ากับ 0.29 เมตรต่อนาที ความรุนแรงของหัวไฟเฉลี่ย เท่ากับ 151.64 กิโลวัตต์ต่อเมตร ความรุนแรงของปีกไฟเฉลี่ยเท่ากับ 51.70 กิโลวัตต์ต่อเมตร ส่วนความรุนแรงของหางไฟเฉลี่ยเท่ากับ 35.61 กิโลวัตต์ต่อเมตร ความยาวเปลวไฟด้านหัวไฟเฉลี่ย เท่ากับ 0.79 เมตร ความยาวเปลวไฟด้านปีกไฟเฉลี่ย เท่ากับ 0.48 เมตร ส่วนความยาวเปลวไฟด้านหางไฟเฉลี่ย เท่ากับ 0.40 เมตร ความชื้นเชื้อเพลิงแห้งมีความสัมพันธ์ผกผันกับความเร็วมล อัตราไฟลามของหัวไฟมีความสัมพันธ์ผกผันกับปริมาณเชื้อเพลิงแห้งและสด แต่มีความสัมพันธ์ทางตรงกับความเร็วมลและความลาดชัน ส่วนอัตราไฟลามด้านปีกไฟมีความสัมพันธ์ทางตรงกับความเร็วมล

ไฟที่เกิดขึ้นสามารถควบคุมได้โดยใช้วิธีการดับทางตรง ทั้งทางด้านหัวไฟ ปีกไฟ และหางไฟ ด้วยเครื่องมือดับไฟธรรมดาทำงานร่วมกับถังฉีดน้ำแบบสพายหลัง แนวกันไฟกว้างอย่างน้อย 2 เมตร สามารถที่จะสกัดกั้นไฟได้ ควรเพิ่มความระมัดระวังในการเข้าดับไฟทางด้านหัวไฟและปีกไฟ เมื่อมีความเร็วลมสูงและพื้นที่ที่มีความลาดชัน นอกจากนี้ควรมีการเตรียมความพร้อมในวันที่มีลมพัดแรง

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

คณิงนิจ สุทธิชาติ. 2539. ผลกระทบของไฟต่อพืชพรรณและดินในป่าเต็งรัง อุทยานแห่งชาติภูกระดึง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ชนะชัย เลิศสุชาตวนิช. 2538. ดัชนีไฟเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ป่าเต็งรังกรณีศึกษา: อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- พันศักดิ์ วิษุสุทธิธากร และ ไกรสร วิริยะ. 2549. พฤติกรรมไฟในป่าเต็งรัง อุทยานแห่งชาติทับลาน. สำนักป้องกันปราบปรามและควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- มัญญศักดิ์ สติรศิลป์. 2530. พฤติกรรมไฟในป่าเต็งรังสะแกราช อำเภอปักธงชัยจังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิริ อัคระอัคร. 2535. ลักษณะเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ จังหวัดกาญจนบุรี. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- _____. 2543. การควบคุมไฟป่าสำหรับประเทศไทย. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- _____. และ สานิตย์ กิตติสัทธ. 2535. ลักษณะเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- ศุภกิจ วงศ์วิวัฒนกิจ. 2550. พจนานุกรมศัพท์การวิจัยและสถิติ. ด้านสุทธาการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- ศุภรัตน์ สำราญ. 2535. ปริมาณเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง อุทยานแห่งชาติภูพาน จังหวัดสกลนคร. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- สถานีควบคุมไฟป่าอุทัยธานี. 2556. รายงานการเกิดไฟป่าประจำปี ๒๕๕๑-๒๕๕๕.
- สันต์ เกตุปราณีต. 2526. ไฟป่าและการควบคุม. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อภิรักษ์ พลอดเปื่อย, ศิริ อัคระอัคร, บพิตร มณีรัตน์, วันชัย ปานนาคะพิทักษ์ และ นพดล ทรงพร. 2536. แนวทางการควบคุมไฟป่าในประเทศไทย. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- Andrews, P.L. 1980. Testing the fire behavior model, pp. 70-77. In **Proceedings Sixth Conference on Fire and Forest Meteorology**. Society of American Foresters. Seattle, W.A.
- Brown, A.A. and K.P. Davis. 1973. **Forest Fire: Control and Use**. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Byram, G. M. 1959. Combustion of forest fuels, pp. 61-69. In K.P. Davis, 1959. **Forest Fire: Control and Use**. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Fons, W. L. 1946. Analysis of Fire Spread in Light Fuels. **Journal of Agriculture Research** 72(3): 92-121.
- Rothermel, R.C. 1972. **A Mathematical Model for Predicting Fire Spread in Wild Fuels**. USDA Forest Service. Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, Utah.
- Schroeder, M.J. and C.C. Buck. 1970. **Fire Weather**. USDA Forest Service.
- Wiriya, K. 2009. **Fire Behavior Prediction in Dry Deciduous Dipterocarp Forest at Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary Uthai Thani Province**. Ph.D. Thesis, Kasetsart University, Bangkok.

การประเมินความเสี่ยงภัยต่อการเกิดไฟป่าด้วยเทคนิคการรับรู้ระยะไกลร่วมกับ
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ บริเวณสถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา

Forest Fire Risk Assessment Using Remote Sensing Techniques Coupled with
Geographic Information System at Wang Nam Khiao Forestry Student
Training Station, Nakhon Ratchasima Province

ภาณุพงศ์ โปรยสุรินทร์^{1*} กอบศักดิ์ วันธงไชย¹ และ นันทชัย พงศ์พัฒนานุรักษ์¹
Panupong Proysurin¹ Kobsak Wanthongchai¹ and Nanthachai Pongpatthanurak²

¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: topez_89@hotmail.com

ABSTRACT

The study examined some physical environmental factors at the Wang Nam Khiao Forestry Student Training Station, Nakhon Ratchasima for forest fire assessment. A trial consisting of 102 plots (each 30x30 m in size and spaced 400 m apart) were spread over the study area. The factors studied were: (1) mean sea level, (2) aspect, (3) slope, (4) distance from water, (5) distance from transportation, (6) distance from community, (7) distance from agricultural area, (8) normalized difference vegetation index (NDVI), (9) fuel quantities, (10) fuel cover, (11) type of fuel, (12) height of fuel, and (13) crown cover. The information was collected during 2014-2015. All environmental factors were overlaid on the forest fire area using a geographic information system.

The results revealed that there was 0.718 t per rai of fuel in the study area. The fuel cover percentage and height of fuel in grass, undergrowth, and litter were 21.74% 15.55 cm, 8.89% 11.03 cm, and 70.48%, 4.43 cm, respectively. Most of the fuel was litter (0.606 t per rai). The analysis was able to classify the risk area into three classes of low, medium, and high, for which the percentage was 50.30, 30.30, and 14.40%, respectively, with a root mean square error of 89.32.

Keywords: forest fire, forest fire risk, Geographic Information System (GIS), Remote Sensing (RS)

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพบางประการบริเวณสถานีฝักินสิทวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมาเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้า โดยวางแผนทดลองขนาด 30x30 เมตร ทุกระยะห่าง 400 เมตร จำนวน 102 จุด กระจายทั่วทั้งพื้นที่ และศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ (1) ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (2) ทิศด้านลาด (3) ความลาดชัน (4) ความห่างจากแหล่งน้ำ (5) ความห่างจากเส้นทางคมนาคม (6) ความห่างจากหมู่บ้าน (7) ความห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม (8) ดัชนีพืชพรรณ NDVI (9) ปริมาณเชื้อเพลิง (10) ความต่อเนื่องของเชื้อเพลิง (11) ลักษณะของเชื้อเพลิง (12) ความสูงของเชื้อเพลิง (13) การปกคลุมของเรือนยอด โดยนำข้อมูลพื้นที่ไฟไหม้ในช่วง 2 ปีย้อนหลัง และข้อมูลปัจจัยแวดล้อมแต่ละประเภทมาซ้อนทับกัน จากการศึกษา พบว่าในพื้นที่ศึกษามีปริมาณเชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 0.718 ตันต่อไร่ โดยมีร้อยละการปกคลุมของเชื้อเพลิงประเภทหญ้า ไม้พุ่ม และซากพืชเท่ากับ 21.74 8.89 และ 70.48 ตามลำดับ และ ความสูงเชื้อเพลิงเฉลี่ยประเภทหญ้า ไม้พุ่ม และซากพืช เท่ากับ 15.55 11.03 และ 4.43 เซนติเมตรตามลำดับ เชื้อเพลิงส่วนใหญ่เป็นซากพืชมีปริมาณเท่ากับ 0.606 ตันต่อไร่ การวิเคราะห์แบ่งระดับความเสี่ยงเป็น 3 ระดับความเสี่ยงภัย คือ พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าน้อยครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 55.30 ของพื้นที่ พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าปานกลางครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 30.30 ของพื้นที่ และพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟป่ามากครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 14.40 ของพื้นที่

คำสำคัญ: ไฟป่า ความเสี่ยงภัยไฟป่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การรับรู้ระยะไกล

คำนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ป่าลดลง ซึ่งสาเหตุที่ก่อให้เกิดความสูญเสียทางด้านทรัพยากรป่าไม้มีหลายด้าน แต่โดยส่วนใหญ่มักเกิดจากการกระทำของมนุษย์เกือบทั้งสิ้น ปัญหาทางด้านไฟป่าเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อด้านทรัพยากรธรรมชาติ ทำให้เกิดปัญหาหมอกควัน มลพิษทางอากาศ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในป่าแล้วลุกลามอย่างเร็วไม่มีการควบคุม (สันต์, 2526) ส่งผลต่อมนุษย์ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น ไฟที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นกับพฤติกรรมไฟ ซึ่งเปลี่ยนไปตามสิ่งแวดล้อมไฟ ถ้ามีปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น ความลาดชันของพื้นที่ ความเร็วลม (สันต์, 2535) และการปกคลุมเรือนยอด ซึ่งส่งผลต่อความชื้นของซากพืช (เครือวัลย์, 2555) ไฟป่าในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นไฟผิวดิน (สันต์, 2541) เกิดจากการหาของป่ามากที่สุด (ศิริ, 2546) จึงมีการจัดการวางแผนในการป้องกันไฟป่าในหลายรูปแบบของในแต่ละพื้นที่ต่างๆ ซึ่งในปัจจุบันการรับรู้ระยะไกล (remote sensing) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) มีบทบาทอย่างมาก จากการศึกษาของ ญัฐวุฒิ (2545) พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดไฟในระดับสูง ได้แก่ ทิศด้านลาด ความลาดชัน ระดับความสูง ปริมาณเชื้อเพลิง และความห่างจากแม่น้ำ ซึ่ง ชินปัญญ (2543) ได้ใช้ปัจจัยจากมนุษย์ ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรมและไร่เลื่อนลอย ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่า จึงมีแนวคิดในการประยุกต์เครื่องมือเหล่านี้มาใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าบริเวณพื้นที่สถานีฝักินสิทวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา เพื่อสามารถคาดการณ์ และบ่งบอกความรุนแรงในการเกิดไฟป่า รวมไปถึงการจัดการ ป้องกัน และควบคุมไฟป่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่า โดยวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการ ได้แก่ ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล ความลาดชัน ปริมาณเชื้อเพลิง ดัชนี

พืชพรรณ (NDVI) เส้นทางคมนาคมขนส่ง เพื่อประโยชน์ในการวางแผนการป้องกัน และการควบคุมไฟป่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับหลักการจัดการบริหารนโยบายหลักของคณะวนศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การวิเคราะห์ และการจำแนกพื้นที่ที่เกิดไฟป่า

จัดทำฐานข้อมูลภาพถ่ายพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกไฟไหม้ โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบบันทึกภาพ OLI ในรูปแบบข้อมูลแรสเตอร์ (raster) ในช่วงฤดูการเกิดไฟจำนวน 2 ภาพ (มีนาคม – เมษายน) ปี พ.ศ. 2557 และ 2558

2. การจัดทำฐานข้อมูลปัจจัยทางภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดไฟป่า

จำแนกพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่า และทำการวิเคราะห์ จำแนกพื้นที่เกิดไฟป่าโดยการใช้การสำรวจจากระยะไกลประกอบด้วยขั้นตอนการเตรียมข้อมูล (data preparation) ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ในรูปแบบข้อมูลแรสเตอร์ (raster format) และปรับแก้ความคลาดเคลื่อนข้อมูลภาพแบบ orthorectification ในช่วงฤดูการเกิดไฟ (มีนาคม – เมษายน) ปี พ.ศ. 2557 และ 2558 ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต (geometric correction) ซึ่งมีความละเอียด 30x30 เมตร ด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม การแปลตีความหมาย และการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (image interpretation and analysis) ทำแผนที่พื้นที่ที่เกิดไฟป่า (forest fire mapping) โดยการนำภาพที่ผ่านการแปลตีความแผนที่ในช่วงก่อนฤดูไฟป่าเปรียบเทียบกับฤดูไฟป่าคำนวณหาพื้นที่เผาไหม้ด้วยการใช้ค่าความต่างของดัชนีเผาไหม้ (Difference Normalize Burn Ratio : DifNBR) (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2558) เพื่อจัดทำแผนที่ที่เคยเกิดไฟในช่วงระยะ 2 ปี และตรวจสอบความถูกต้องของการแปลภาพโดยใช้เมตริกหาค่าความถูกต้องรวม (overall accuracy) เชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่กับข้อมูลบรรยายเพื่อทำการวิเคราะห์และจัดทำฐานข้อมูลปัจจัยทางภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดไฟป่า (วิเชียร, 2552) จัดเก็บข้อมูลในรูปแบบแรสเตอร์

3. จำแนกข้อมูลปัจจัยทางกายภาพที่ใช้ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยต่อไฟป่าในรูปแบบแรสเตอร์

ศึกษาความสูงจากระดับทะเลปานกลาง (elevation) โดยการนำเข้าข้อมูลเส้นระดับความสูง (contour line) ของกรมแผนที่ทหาร ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สร้างแผนที่ในรูปแบบข้อมูลแรสเตอร์ (raster format) ทิศด้านลาด (aspect) และความลาดชัน (slope) คำนวณค่าพิกัดทิศด้านลาดในพื้นที่ศึกษาจากแผนที่ข้อมูล Digital Elevation Spatial Model (DEM) ความห่างจากแหล่งน้ำ ความห่างจากเส้นทางคมนาคม ความห่างจากหมู่บ้าน ความห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม วิเคราะห์โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ร่วมกับโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อดูระยะทาง (distance) ของแต่ละปัจจัย และหาค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index ; NDVI) เพื่อศึกษาสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นผิว โดยคำนวณจากค่าการสะท้อนคลื่นพลังงานในช่วงอินฟราเรดกับค่าการสะท้อนคลื่นพลังงานในช่วงแสงสีแดงโดยคำนวณจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ในช่วงฤดูกาลเกิดไฟป่า (ERDAS, 1997) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของดัชนีพืชพรรณ จัดเก็บในรูปแบบข้อมูลแรสเตอร์ (raster format) ขนาด 30x30 เมตร และนำมาใช้สร้างแบบจำลองร่วมกับสมการทางคณิตศาสตร์

4. การศึกษาเชื้อเพลิง และการปกคลุมเรือนยอด

ศึกษาปริมาณเชื้อเพลิง โดยการเก็บตัวอย่างเชื้อเพลิงในแปลงตัวอย่างทั้ง 102 จุด (Figure 1) ซึ่งใน 102 จุด แบ่งเป็น จุดหลัก 43 จุด และจุดย่อย 59 จุด เพื่อให้เป็นไปตามหลักสถิติเชิงพรรณนา โดยที่จุดหลักห่างกัน 400 เมตร และจุดย่อยใช้การสุ่มทิศทั้งแปดทิศ และสุ่มระยะห่างแบ่งเป็น 20, 80, 100 และ 120 เมตร จากจุดหลักเพียงหนึ่งจุด ซึ่งในบางจุดอยู่ในบริเวณพื้นที่ที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้เนื่องจากเป็นแม่น้ำ หุบเหว จึงสุ่มพื้นที่โดยให้มีความหลากหลายเพื่อทำการเก็บตัวอย่าง โดยในแต่ละจุดวางแปลงขนาด 1x1 เมตร จำนวน 5 จุด และนำมาหาค่าความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพืชพรรณ และศึกษาลักษณะของเชื้อเพลิง ความสูงของเชื้อเพลิง ความต่อเนื่องของเชื้อเพลิง โดยการประเมินจากสัดส่วนการปกคลุมของเชื้อเพลิงต่อหน่วยพื้นที่ เชื้อเพลิงแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ซากพืช (litter) ไม้พื้นล่าง (undergrowth) หญ้า (grass) และศึกษาร้อยละการปกคลุมของเรือนยอด ศึกษาในแปลงตัวอย่างขนาด 10x10 เมตร โดยใช้เครื่องมือวัดการปกคลุมเรือนยอด (spherical densiometer) ดูการปกคลุมเรือนยอด เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของการทิ้งใบเปรียบเทียบกับค่าดัชนีความแตกต่างพรรณพืช และปริมาณเชื้อเพลิง หาได้จากการเปรียบเทียบค่าบัญญัติไตรยางศ์ของเครื่องมือวัดการปกคลุมเรือนยอด (spherical densiometer) กับค่าการปกคลุมเรือนยอดที่อ่านได้ ซึ่งมีทั้งหมด 24 ไตรมาส

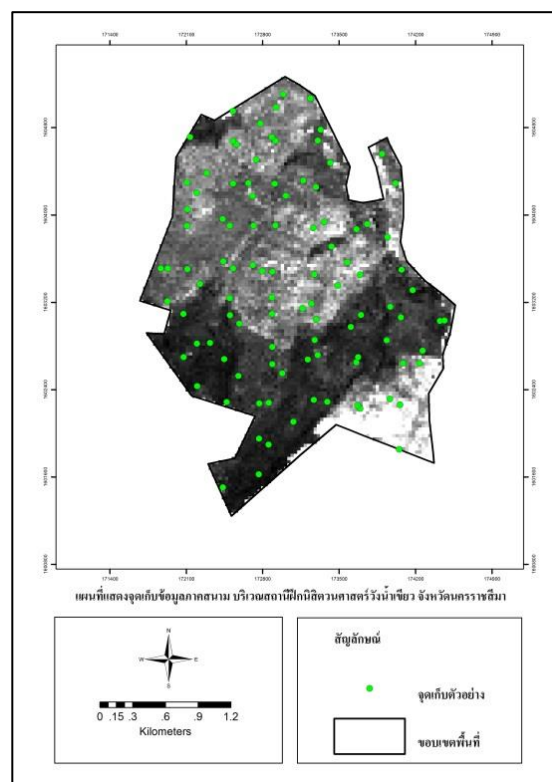


Figure 1 Study points in the study area.

5. การจำแนกพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่า

การหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ได้แก่ (1) ค่าปริมาณเชื้อเพลิง (2) ค่าการปกคลุมเรือนยอด (3) ค่าดัชนีพืชพรรณ (4) ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง (5) ทิศด้านลาด (6) ความลาดชัน (7) ความห่างจากแหล่งน้ำ (8) ความห่างจากเส้นทางคมนาคม (9) ความห่างจากหมู่บ้าน (10) ความห่างจากพื้นที่

เกษตรกรรม (11) ความต่อเนื่องของเชื้อเพลิง (12) ลักษณะของเชื้อเพลิง (13) ความสูงของเชื้อเพลิง โดยการหาสมการความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัย แล้วหาความสัมพันธ์โดยวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบ ขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) เพื่อหาสมการที่เหมาะสมในการพยากรณ์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าในพื้นที่

6. การหาระดับความเสี่ยงไฟ และการตรวจสอบความถูกต้อง

โดยนำสมการที่ดีที่สุดทำการวิเคราะห์ในโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม และโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ค่าผลลัพธ์ที่ได้นำมาจัดระดับขึ้นเพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟ และทำการตรวจสอบความถูกต้องของพื้นที่เสี่ยงที่ทำการวิเคราะห์เป็นแผนที่ความเสี่ยง กับจุดไฟไหม้ที่สำรวจพบ โดยใช้สมการหาค่าความถูกต้องคำนวณจากรากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนจากแต่ละจุดควบคุมภาคพื้นดิน (root mean square error: RMS_{error}) และตรวจสอบประสิทธิภาพของโมเดลเพื่อนำมาใช้ทำนายพื้นที่เกิดไฟป่าได้ดีที่สุด

ผลและวิจารณ์

1. ปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพบางประการที่มีผลต่อการเกิดไฟป่า

จากการศึกษาปัจจัยทางกายภาพบางประการที่มีผลต่อการเกิดไฟป่า ณ สถานีฝักนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ปัจจัยต่างๆ มีค่า ดังนี้ ลักษณะเชื้อเพลิงในพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณเชื้อเพลิงประเภทหญ้า ไม้พื้นล่าง ซากพืช และปริมาณเชื้อเพลิงรวมทั่วทั้งพื้นที่ เท่ากับ 0.057, 0.056, 0.606 และ 0.718 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณเชื้อเพลิงใกล้เคียงกับการศึกษาของ Wanthongchai *et al.* (2008) ในป่าเต็งรังของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งในพื้นที่เกิดไฟไหม้บ่อมีปริมาณเชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 0.819 ตันต่อไร่ แต่มีค่าปริมาณเชื้อเพลิงสูงกว่าในป่าเต็งรัง จากการศึกษานี้ของ ละดา (2548) ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติแม่ปิง และ ยุทธนา (2549) ได้ประเมินปริมาณเชื้อเพลิงจากการรับรู้ระยะไกลในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.480 และ 0.499 ตันต่อไร่ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่สวนป่าลาดกระทิงมีค่าปริมาณเชื้อเพลิง เท่ากับ 2.464 ตันต่อไร่ (พองแก้ว, 2549) โดยมีร้อยละการปกคลุมของเชื้อเพลิง และความสูงเชื้อเพลิงเฉลี่ยประเภทหญ้า ไม้พื้นล่าง และซากพืชมีค่าเท่ากับร้อยละ 21.74, 8.89, 70.48 และ 15.55, 11.03, 4.43 เซนติเมตร ตามลำดับ (Figure 2) จะเห็นได้ว่า หญ้ามีความสูงมากที่สุด เนื่องจากหญ้าเป็นหญ้าเพ็ก (*Vietnamosasa pusilla*)

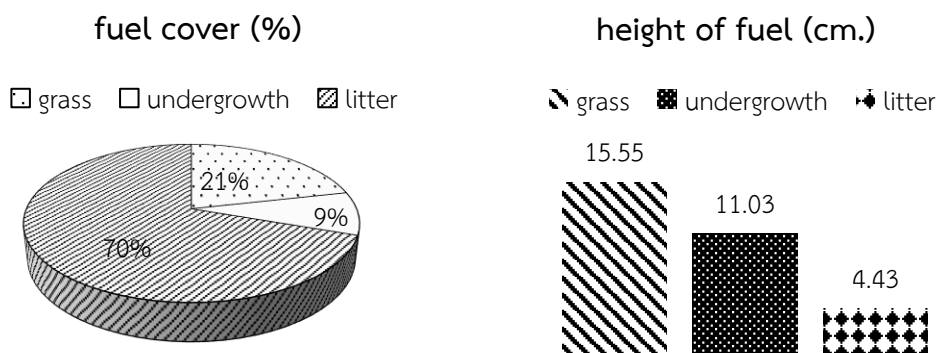


Figure 2 Fuel cover and height in the study area.

2. ผลการแปลตีความหมาย และการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

จำแนกพื้นที่ที่เกิดไฟในปี พ.ศ. 2557 – 2558 จากการแปลตีความภาพดาวเทียม LANDSAT 8 OLI แบนด์ 7 5 3 (RGB) คำนวณหาพื้นที่เผาไหม้ด้วยการใช้ค่าความต่างของดัชนีเผาไหม้ (Difference Normalize Burn Ratio: DifNBR) โดยพบว่า มีพื้นที่ไฟไหม้ 1.67 ตารางกิโลเมตร (Figure 3) และทำการทดสอบความถูกต้องของการแปลภาพพื้นที่ไฟไหม้ โดยเปรียบเทียบกับจุดที่เกิดไฟจริงในพื้นที่จำนวน 14 จุด จากการสำรวจภาคพื้นดิน โดยมีค่าความถูกต้องรวม (overall accuracy) เท่ากับ 89.32

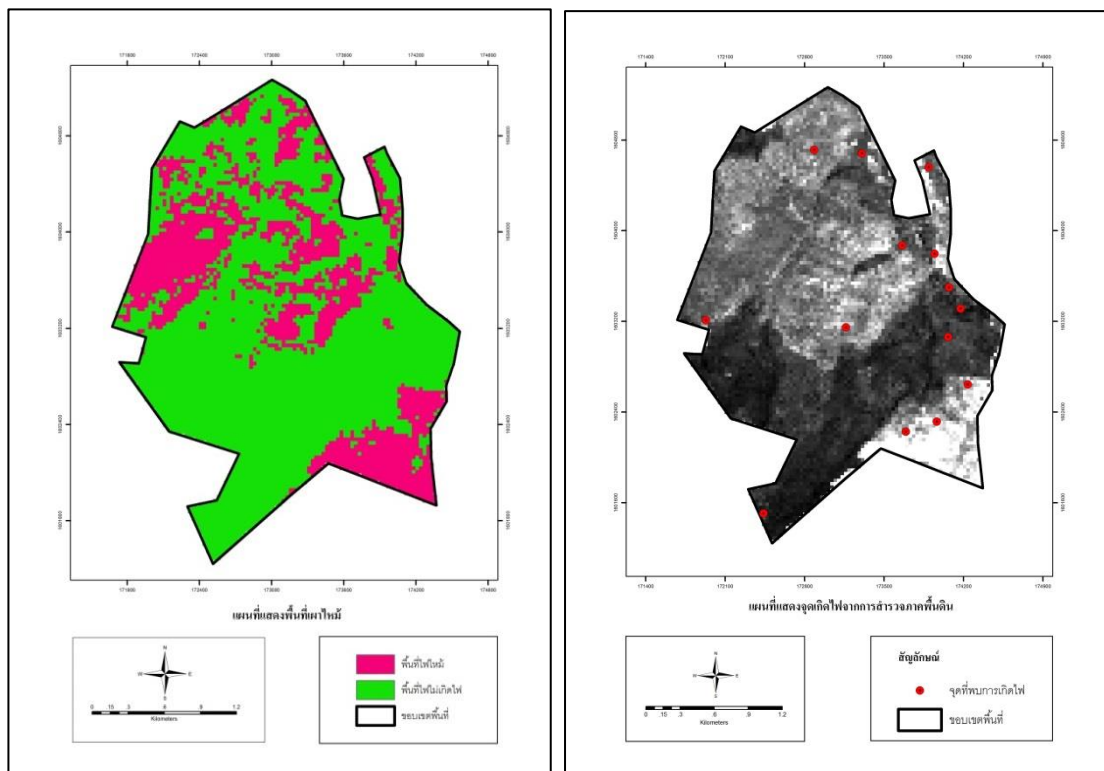


Figure 3 Burned area in 2014-2015 (left) and founded fire points in study area (right).

3. หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภาคสนามกับปัจจัยเสี่ยง

ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชื้อเพลิง (Y_1) และค่าการปกคลุมเรือนยอด (Y_2) กับค่าดัชนีพืชพรรณ (X) โดยหาความสัมพันธ์ด้วยสมการเชิงเส้นระหว่างตัวแปร มีความสัมพันธ์ ดังนี้ (Table 1)

Table 1 Fieldwork data related to normalized difference vegetation index in linear equation.

Equation	R^2
$Y_1 = 0.37 + 0.53 (NDVI)$	0.044
$Y_2 = 42.47 + 69.17 (NDVI)$	0.026

จะเห็นได้ว่า สมการที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ของสมการเชื้อเพลิงมีค่าเท่ากับ 0.044 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า R^2 มีค่าที่ค่อนข้างต่ำจึงไม่นำมาค่า NDVI มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เมื่อเทียบกับ พัฒนะพงษ์ (2550) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.30 ในการใช้สมการหาความสัมพันธ์เป็นตัวกำหนด และหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ของแต่ละปัจจัยโดยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ได้ดังนี้ (Table 2)

Table 2 Correlation analysis of fuel characteristic in study area.

Model	Multiple R square	Adjusted R square	Residual Std. Error
X1	1.000	1.000	0.0004958
X2	0.272	0.196	15.56
X3	0.485	0.431	0.07
X4	0.735	0.703	11.90
X5	0.311	0.267	13.30
X6	0.072	0.049	0.06
X7	0.363	0.267	10.29
X8	0.085	0.052	2.32
X9	0.429	0.360	0.08
X10	0.653	0.626	8.04
X11	0.369	0.320	11.99

โดยค่าตัวแปร ปริมาณเชื้อเพลิง (X1) การปกคลุมเรือนยอด (X2) หย้า (X3) ร้อยละการปกคลุมของหย้า (X4) ความสูงของหย้า (X5) ชากพืช (X6) ร้อยละการปกคลุมของชากพืช (X7) ความสูงของชากพืช (X8) ไม้พุ่มล่าง (X9) ร้อยละการปกคลุมของไม้พุ่มล่าง (X10) ความสูงของไม้พุ่มล่าง (X11) จะเห็นได้ว่า ปริมาณเชื้อเพลิง (X1) มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 1 จึงนำมาหาค่าสหสัมพันธ์เชิงเดียว เพื่อหาตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันเพื่อนำมาสร้างแบบจำลองความเสี่ยงภัยต่อการเกิดไฟป่า และเมื่อแยกประเภทเชื้อเพลิง จะเห็นได้ว่า ปริมาณชากพืช (X6) มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจน้อยที่สุด เท่ากับ 0.049 เมื่อเปรียบเทียบกับ การปกคลุมของหย้า (X4) รองลงมาคือ การปกคลุมของไม้พุ่มล่าง (X10) มีค่าเท่ากับ 0.703 และ 0.626 ตามลำดับ และนำไปปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง (X12) ทิศด้านลาด (X13) ความลาดชัน (X14) ความห่างจากแหล่งน้ำ (X15) ความห่างจากเส้นทางคมนาคม (X16) ความห่างจากหมู่บ้าน (X17) ความห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม (X18) ดัชนีพืชพรรณ (X19) มาใช้ในการสร้างแบบจำลองปัจจัยเสี่ยงร่วมกับสมการที่มีความสัมพันธ์กันทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ Variogram เพื่อหาโมเดลที่ดีที่สุดในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยง โดยศึกษาจากค่า (AIC : Akaike information criterion) ที่มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งได้แก่ค่า AIC ของ Spherical มีค่าเท่ากับ -79.209 (Table 3)

Table 3 AIC value of model.

Model	AIC
Exponential	-69.530
Gaussian	-71.568
Spherical	-79.209

วิเคราะห์การกระจาย ปริมาณค่าช่วง (interpolate) โดยวิธีการ Kriging เพื่อทำนายพื้นที่เกิดไฟป่า และสร้างเป็นภาพสามมิติ ซึ่งจะเห็นได้ว่าพื้นที่เกิดไฟป่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.4 ตารางกิโลเมตร และน้อยที่สุดคือไม่มีไฟป่าเกิดเลย พื้นที่เสียหายมีค่าเท่ากับศูนย์ มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดเท่ากับ 0.25 และต่ำสุดเท่ากับ 0.10 (Figure 4)

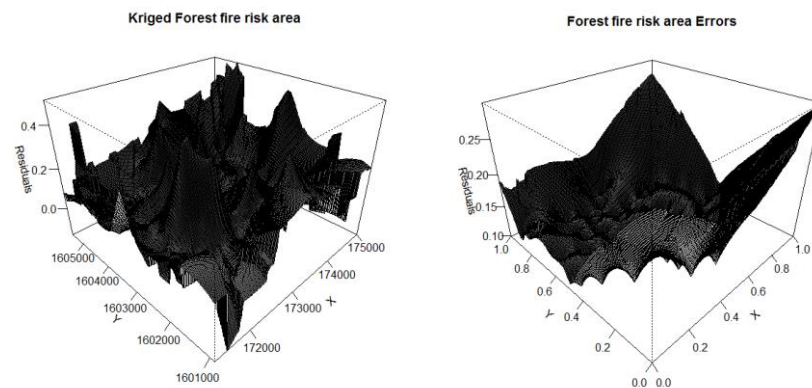


Figure 4 Interpolate analysis by Kriging method.

นำสมการที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยเสี่ยงทั้งหมดมาหาความสัมพันธ์ร่วมกัน โดยวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน ได้แก่ ปริมาณเชื้อเพลิง (X1) การปกคลุมเรือนยอด (X2) ความสูงของหญ้า (X5) ซากพืช (X6) ความสูงของซากพืช (X8) ไม้พื้นล่าง (X9) ทิศด้านลาด (X13) ความห่างจากแหล่งน้ำ (X15) ความห่างจากหมู่บ้าน (X17) ดัชนีพืชพรรณ (X19) มีความสัมพันธ์ดังในตาราง (Table 4)

Table 4 Correlation between each other factors for predict forest fire area occurrence.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-4.30e+00	4.76e+00	-0.903	0.36959
X1	-1.13e+00	3.38e-01	-3.339	0.00134 **
X2	-2.05e-03	1.44e-03	-1.426	0.15814
X5	3.16e-03	1.82e-03	1.731	0.08783
X6	6.37e-01	4.52e-01	1.409	0.16333
X8	-1.82e-02	8.95e-03	-2.037	0.04540 *
X9	8.15e-01	3.39e-01	-1.426	0.15814*
X13	3.75e-04	2.00e-04	1.876	0.06473
X15	1.50e-04	8.70e-05	1.723	0.0893
X17	7.64e-05	4.79e-05	1.596	0.11496
X19	-6.87e+00	4.37e+00	-1.571	0.12062

Remark ** Significant at p 0.01

* Significant at p 0.05

เขียนเป็นสมการได้คือ

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่เสี่ยงต่อไฟฟ้า (ตารางกิโลเมตร)} = & -4.299e+00 + ((-1.128e + 00) \times (X1)) + ((-2.052e - \\ & 03) \times (X2)) + ((3.156e - 03) \times (X5)) + ((6.369e-01) \times (X6)) + ((-1.823e - 02) \times (X8)) + ((8.149e - 01) \\ & \times (X9)) + ((3.753e - 04) \times (X13)) + ((1.499e - 04) \times (X15)) + ((7.640e - 05) \times (X17)) + ((-6.865e \\ & + 00) \times (X19)) \end{aligned}$$

ซึ่งสอดคล้องกับพัฒนาพงษ์ (2550) และ ญัฐภูมิ (2545) พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดไฟสูง ได้แก่ ปริมาณเชื้อเพลิง ดัชนีพืชพรรณ อัตราส่วนระหว่างแบนด์ ความห่างจากแม่น้ำ ทิศด้านลาด และความลาดชัน จาก Table 4 จะเห็นได้ว่า ค่าความสูงของซากพืช (X8) และไม้พุ่มล่าง (X9) มีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และปริมาณเชื้อเพลิง (X1) มีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แสดงให้เห็นได้ว่า ปริมาณเชื้อเพลิงมีอิทธิพลต่อการเกิดไฟฟ้าในพื้นที่สถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา รวมไปถึงความสูงของซากพืช และไม้พุ่มล่างในพื้นที่ศึกษาด้วย และนำมาสร้างแผนที่ความเสี่ยงได้ดังภาพ (Figure 5)

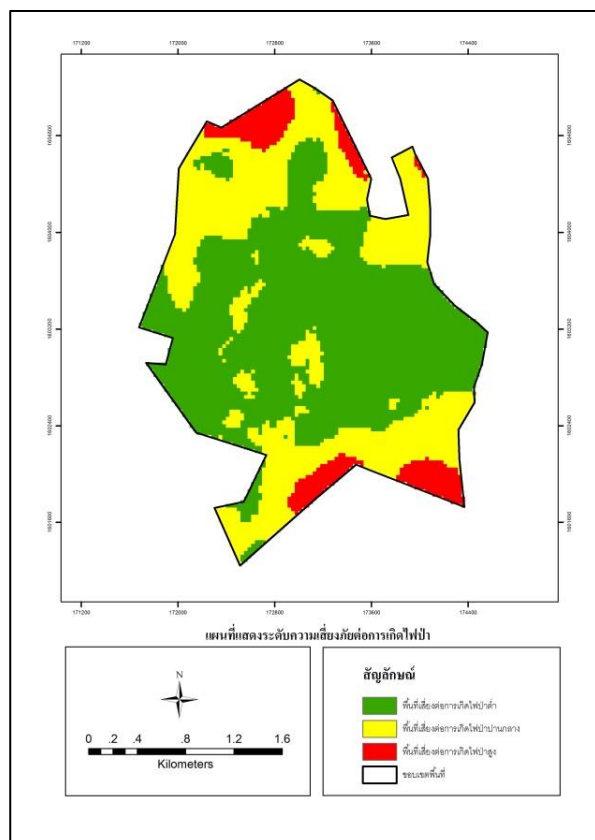


Figure 5 Level of fire forest fire risk area in Wang Nam Khiao forestry student training station, Nakhon Ratchasima province.

4. ตรวจสอบประสิทธิภาพของโมเดล

ทำการทดสอบประสิทธิภาพในการใช้แบบจำลองแต่ละวิธีการด้วยการทดสอบค่าความสำคัญทางสถิติเชิงพื้นที่ (Geostatistics) และค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละโมเดล (Error) ได้ดังนี้ (Table 5)

Table 5 Efficient of methods.

	G-Stat	MSE	RMSE	MAE
IDW	0.961	0.0013	0.037	0.022
GLM	0.313	0.0260	0.163	0.130
MRK	0.930	0.0002	0.051	0.033

G-stat : Geostatistics, MSE : Mean Square Error, RMSE : Root Mean Square Error, MAE : Mean Absolute Error

จะเห็นได้ว่า การประมาณค่าช่วงแบบวิธีการ IDW (Inverse Distance Weight) มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.961 หมายความว่าใช้ทำนายได้ถูกต้องสูงสุดร้อยละ 96.1 และมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าวิธีการ GLM (Generalized linear model) และ MRK (Multi-Resolution Kriging) จึงเลือกใช้วิธีการ IDW ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดไฟฟ้า

สรุปและข้อเสนอแนะ

ในพื้นที่สถานีฝักนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา พื้นที่ส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยซากพืชมีค่ามากถึง 70.48 ร้อยละของพื้นที่ แต่มีความสูงของเชื้อเพลิงต่ำกว่าหญ้า ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหญ้าเพ็กขึ้นกระจายทั่วพื้นที่ และมีค่าปริมาณเชื้อเพลิงรวมเท่ากับ 0.718 ตันต่อไร่ ปัจจัยที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้า ในพื้นที่สถานีฝักนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว ได้แก่ ปริมาณเชื้อเพลิงซึ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ค่าความสูงของซากพืช และไม้พื้นล่าง ซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การปกคลุมเรือนยอด ความสูงของหญ้า ซากพืช ทิศด้านลาด ความห่างจากแหล่งน้ำ ความห่างจากหมู่บ้าน ดัชนีพืชพรรณ โดยในพื้นที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้าต่ำครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 55.30 ของพื้นที่ พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้าปานกลางครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 30.30 ของพื้นที่ และพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้าสูงครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 14.40 ของพื้นที่ ถือได้ว่าในพื้นที่สถานีฝักนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา เป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้าในระดับต่ำ และมีความถูกต้องในการทำนายสูงถึงร้อยละ 96.1 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยขอบเขตพื้นที่สถานีฝักนิสิตวนศาสตร์ติดกับหมู่บ้านจึงทำให้บริเวณแนวขอบมีความเสี่ยงสูง ควรมีการจัดการเชื้อเพลิงบริเวณแนวขอบ เช่น การชิงเผา หรือทำแนวกันไฟ เพื่อป้องกันการลุกลามของไฟฟ้าจากพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้าสูง เนื่องจากในพื้นที่มีเชื้อเพลิงปกคลุมมากถึงร้อยละ 70 และมีหญ้าเพ็กที่มีความสูงเฉลี่ย 15.55 เซนติเมตร ซึ่งง่ายต่อการติดไฟ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย และคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการวิจัยและอนุเคราะห์สถานที่พักในช่วงการเก็บข้อมูลภาคสนาม

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- เครือวัลย์ รังสพานิช. 2555. การวิเคราะห์ความหนาแน่นของเรือนยอดป่าไม้ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม : กรณีศึกษา จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชินปัญญ์ ปลั่งศิริ. 2543. การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่า อุทยานแห่งชาตินาแก จังหวัดเลย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ณัฐภูมิ บุตรดี. 2545. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการสำรวจระยะไกลประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่า ในอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พัฒนพงษ์ จันทรคำ. 2550. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการสำรวจระยะไกลประเมินพื้นที่เสี่ยงไฟป่า ในหน่วยจัดการแม่ของป่าสาธิตแม่เงา. วารสารการจัดการป่าไม้ 11 (1).
- พองแก้ว บัวละพา. 2549. พฤติกรรมของไฟและการควบคุมไฟป่าในสวนป่าลาดกระทิง อำเภอสนมชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยุทธนา แสงทอง. 2549. การประเมินการสูญเสียมวลชีวภาพจากการเกิดไฟป่าในป่าเต็งรัง บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี. วารสารวนศาสตร์ 25 : 19-29.
- ละดา ยวงศ์สถาน. 2548. การประมาณหาปริมาณเชื้อเพลิงในป่าเต็งรัง บริเวณอุทยานแห่งชาติแม่ปิง จังหวัดลำพูน ด้วยเทคนิคการสำรวจระยะไกล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิเชียร จาฏวงษ์. 2552. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS), ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. แหล่งที่มา : http://www.rs.psu.ac.th/gis/1intro_gis.htm, 1 เมษายน 2559.
- ศิริ อัครเศอคร. 2546. สถานการณ์และการจัดการไฟป่าโลก. ส่วนวิชาการด้านไฟป่า สำนักป้องกันและควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- สันต์ เกตุปราณีต. 2526. ไฟป่าและการควบคุม. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- _____. 2535. การป้องกันไฟในสวนป่า, น. 206-224. ใน เอกสารประกอบการฝึกอบรมโครงการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาป่าไม้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. การพัฒนาการทรัพยากรป่าไม้. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- _____. 2541. บทบาทของไฟป่าในประเทศไทย, น. 21-43. ใน รายงานการสัมมนาวิชาการ ไฟป่ากับการมีส่วนร่วมของชุมชน วันที่ 23 มกราคม 2541 ณ ศูนย์ฝึกอบรมวนศาสตร์ชุมชนแห่งภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. 2558. คู่มือการใช้ข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศเพื่อติดตามไฟป่าและหมอกควัน. แหล่งที่มา: <http://www.gistda.or.th/main/sites/default/files/e-magazine>, 29 มีนาคม 2559.
- ERDAS. 1997. ERDAS Field Guide. Fourth Edition. ERDAS Inc., Atlanta.
- Wanthongchai, K., J. Bauhus and J.G. Goldammer. 2008. Nutrient losses through prescribed burning of aboveground litter and understory in dry dipterocarp forests of different fire history. Catena 74: 321-332.

การประมาณปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของสวนป่าไม้สัก อายุ 6 ปี
จังหวัดเชียงใหม่

Estimating the Stem Volume, Biomass, and Carbon Storage of 6-Year-old
Teak Plantation in Chiang Mai Province

สมชาย นองเนื่อง^{1*} อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์¹ สารโจน์ วัฒนสุขสกุล¹

พงษ์ศักดิ์ ฉัตรเตชะ¹ และ วรพจน์ คำใบ¹

Somchai Nongnuang^{1*} Ampai Pornleesangsuwan¹ Saroj Wattanasuksakul¹

Pongsak Chattecha¹ and Worapoj Khambai¹

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: somchai46@gmail.com

ABSTRACT

The stem volume, biomass, and carbon storage of 6-year-old *Tectona grandis* L. f. (teak) was studied in a clonal progeny test in 2008 at the In Takin Silvicultural Research Station, Chiang Mai province. The objectives of the study were to determine stem volume and biomass equations using allometry which were then used to estimate the stem volume and biomass of the teak plantation. The results revealed that for the 6-year-old teak plantation, the average height was 9.69 m and the average diameter at breast height was 10.14 cm. The annual height and diameter at breast height increment were 1.61 m yr⁻¹ and 1.69 cm yr⁻¹, respectively. The stem volume under bark was 39.65 m³ ha⁻¹ so the annual volume under bark increment was 6.61 m³ ha⁻¹ yr⁻¹. The biomass estimate was 46.07 t ha⁻¹ which was composed of stem, branch, leaf, and root biomass of 23.09, 5.05, 3.49, and 14.44 t ha⁻¹, respectively. The amounts of carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium accumulation in the biomass were 25.04, 0.45, 0.05, 0.29, 0.31, and 0.10 t ha⁻¹, respectively. The carbon and nutrient accumulation were valued at THB 11,285 ha⁻¹. The results of this study were from the early stages of growth so the stem volume increment and forest biomass increment should continue to be studied before felling the trees.

Keywords: stem volume, biomass, carbon, 6-year-old teak

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของสวนป่าไม้สักอายุ 6 ปี ในแปลงทดสอบสายพันธุ์ไม้สัก ปี 2551 ที่สถานีวิจัยวนวัฒนวิทยาอินทนิล จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้สมการ allometric equations ที่สร้างขึ้นจากตัวแทนต้นไม้ในแปลงจำนวน 12 ต้น พบว่า สวนป่าไม้สัก อายุ 6 ปี มีความสูงเฉลี่ย 9.69 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 10.14 เซนติเมตร มีความเพิ่มพูนรายปีด้านความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.61 เมตรต่อปี และ 1.69 เซนติเมตรต่อปี ปริมาตรไม้ได้เปลือกเท่ากับ 6.34 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ คิดเป็นความเพิ่มพูนของปริมาตรไม้ได้เปลือกเท่ากับ 1.06 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี มีมวลชีวภาพเท่ากับ 7,371 กิโลกรัมต่อไร่ แยกเป็นมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง ใบ และรากเท่ากับ 3,694, 807, 559 และ 2,310 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ปริมาณการสะสมสารอาหาร ได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่สะสมในมวลชีวภาพของสวนป่าไม้สัก เท่ากับ 4,006 71.6 7.5 47.1 50.1 และ 15.3 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยมีมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนและสารอาหารเฉลี่ย 1,806 บาทต่อไร่ ผลที่ได้เป็น การศึกษาในระยะแรกของการเติบโตเท่านั้น ควรมีการศึกษาความเพิ่มพูนของปริมาตรไม้และมวลชีวภาพอย่างต่อเนื่องเมื่อต้นไม้มีอายุมากขึ้นจนถึงขนาดที่จะตัดฟันไปใช้ประโยชน์ได้

คำสำคัญ: ปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ คาร์บอน ไม้สัก อายุ 6 ปี

คำนำ

ไม้สักเป็นไม้เศรษฐกิจที่มีราคาสูง เป็นไม้ประเภทโตปานกลาง และมีรอบตัดฟันยาว สักที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่มีระยะปลูกเริ่มต้น 4x4 เมตร มีรอบตัดฟันประมาณ 30-40 ปีและมีการตัดขยายระยะ 2-3 ครั้งในระหว่างรอบตัดฟัน คณะวนศาสตร์ (2554) ได้รวบรวมข้อมูลของไม้สัก พบว่า มีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกระหว่าง 0.75-1.50 เมตรต่อปี และ 0.94-1.62 เซนติเมตรต่อปี ขึ้นอยู่กับศักยภาพของพื้นที่ อย่างไรก็ตามหากได้รับการบำรุงดูแลอย่างดี ให้น้ำ ให้อปุ๋ย และสารอาหารที่จำเป็นอย่างเพียงพอ ใช้กล้าสายพันธุ์ดีปลูก ไม้สักจะเติบโตเร็ว อาจลดรอบตัดฟันลงเหลือ 15-20 ปี มีขนาดความโตราว 80-90 เซนติเมตร และเมื่อตัดไม้สักออกแล้ว ตอยังสามารถแตกหน่อใหม่ได้อีก

สวนป่าสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเปลี่ยนสภาพให้สารประกอบคาร์โบไฮเดรตสะสมในมวลชีวภาพ (biomass) ส่วนต่างๆ ของพืช ต้นไม้มีการสะสมมวลชีวภาพแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดของพรรณไม้ ศักยภาพของพื้นที่ที่ปลูก อายุ และความหนาแน่นของต้นไม้มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้สักที่ปลูกในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง และเหมาะสมน้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.96, 0.77 และ 0.61 ตันต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ (คณะวนศาสตร์, 2554) สวนป่าไม้สักอายุ 10 ปี ที่จังหวัดกำแพงเพชร มีความสูงเฉลี่ย 8.67 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 12.54 เซนติเมตร มีความเพิ่มพูนรายปีด้านความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.87 เมตรต่อปี และ 1.25 เซนติเมตรต่อปี ปริมาตรไม้ได้เปลือกเท่ากับ 3.81 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ คิดเป็นความเพิ่มพูนของปริมาตรไม้ได้เปลือกเท่ากับ 0.38 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี มีมวลชีวภาพ 4,631 กิโลกรัมต่อไร่ แยกเป็นมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง ใบ และรากเท่ากับ 2,258, 777, 538 และ 1,059 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ปริมาณการสะสมสารอาหาร ได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่สะสมในมวลชีวภาพของสวนป่าไม้สักเท่ากับ 2,374, 23.1, 2.5, 22.9, 35.8 และ 8.0 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ประพาย และคณะ, 2558) ในขณะที่สวนป่าไม้

สักอายุ 12 ปี มีความสูงเฉลี่ย 13.20 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 12.80 เซนติเมตร มีความเพิ่มพูนของปริมาตรไม้ได้เปลือกเฉลี่ย 0.12 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 0.53 เมกกะกรัมต่อไร่ต่อปี (ประพาย และ อโณทัย, 2556) ปริมาณคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่สะสมในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 3,763, 33.09, 8.99, 41.72, 47.96 และ 14.19 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (อโณทัย และ ประพาย, 2556)

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของสวนป่าไม้สัก อายุ 6 ปี ซึ่งปลูกที่สถานีวิจัยวนวัฒนวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าไม้สักต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยดำเนินการที่สถานีวิจัยวนวัฒนวิทยา อำเภอมะเณร จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งอยู่ที่ กม. 45 ถนนเชียงใหม่-ฝาง บริเวณเส้นละติจูดที่ $17^{\circ} 08'$ เหนือ และเส้นลองจิจูดที่ $96^{\circ} 57'$ ตะวันออก ณ พิกัด 47Q 0495421 UTM 2117377 พื้นที่อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 400 เมตร โดยวางแผนทดลองเก็บข้อมูลในแปลงทดสอบสายพันธุ์ไม้สัก ปี 2551 มีเนื้อที่ 3.2 ไร่ ระยะปลูก 2x4 เมตร จำนวนต้นไม้เมื่อเริ่มปลูก 640 ต้น โดยมีวิธีการศึกษา ดังนี้

1. เก็บข้อมูลการเติบโตของต้นไม้ โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงของต้นไม้มาก่อน
2. จัดชั้นความสูงและความโตของต้นไม้ เพื่อทำการสุ่มตัวแทนต้นไม้ที่มีขนาดต่างๆ กัน ทั้งขนาดเล็ก กลาง และขนาดใหญ่ จำนวน 12 ต้น เพื่อใช้ศึกษาปริมาตรและมวลชีวภาพของไม้สัก โดยวัดมิติ (dimension) ต่างๆ ของตัวแทนต้นไม้ที่คัดเลือกไว้ทุกต้น ได้แก่ ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (total height, H) ความสูงถึงระดับกิ่งสดกิ่งแรก (H_B) ซึ่งปกติมักจะถือว่าระดับของเรือนยอดของต้นไม้มองลงมาถึงระดับที่กิ่งสดกิ่งแรกนี้โดยประมาณ ดังนั้น ความลึกของเรือนยอด (crown depth) จึงเท่ากับ $H - H_B = H_k$ วัดความกว้างของเรือนยอด (R) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน (D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับสูงจากพื้นดิน 30 เซนติเมตร ($D_{0.3}$) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นเพียงอก (diameter at breast height, DBH) วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับต่างๆ ตั้งแต่ความยาว 0.3, 1.3, 2.3, เมตร ไปตลอดความยาวของลำต้น เพื่อสร้างสมการปริมาตรไม้

ทำการตัดทอนลำต้นออกตามช่วงต่างๆ ตั้งแต่ความยาว 0.3, 1.3, 2.3, เมตร ไปตลอดความยาวของลำต้น ชั่งน้ำหนักสดของส่วนต่างๆ ตามลำดับ เพื่อศึกษาปริมาณการกระจายของมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ตามระดับความสูงของลำต้นไม้ โดยใช้วิธีการศึกษาแบบ stratified clip technique (พงษ์ศักดิ์, 2538) เก็บตัวอย่างย่อยของส่วนต่างๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ลำต้น กิ่ง และใบ มาทำการอบให้แห้งด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เพื่อเปลี่ยนน้ำหนักสด (fresh weight) ของต้นไม้มองให้เป็นน้ำหนักแห้ง (oven-dried weight) เพื่อหามวลชีวภาพ (biomass) แต่ละส่วน (ลำต้น กิ่ง และใบ) ของต้นไม้มาก่อน ซึ่งใช้เป็นตัวแทนในการสร้างสมการมวลชีวภาพ เพื่อนำไปประมาณมวลชีวภาพของต้นไม้มองทั้งหมด

3. สุ่มตัวอย่างไม้ที่ตัดฟัน 3 ขนาด ได้แก่ ใหญ่ กลาง และเล็ก จำนวนทั้งหมด 3 ต้น ทำการชั่งตวงของตัวอย่างแต่ละต้น เพื่อศึกษาระบบรากและมวลชีวภาพของราก

4. การประมาณปริมาตรไม้และมวลชีวภาพจากสมการยกกำลัง (power equation) ที่สร้างขึ้นซึ่งเป็นการวิเคราะห์สมการถดถอยโดยวิธีการแปลงค่า จะก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางลบขึ้น (Snowdon, 1991) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับแก้ค่าที่ได้จากการประเมิน ซึ่งค่าปรับแก้สามารถสร้างได้โดยใช้สัดส่วนระหว่างค่าจริงของตัวอย่างกับค่าประมาณที่ได้จากสมการที่จัดสร้างขึ้นของต้นไม้ตัวอย่างนั้นๆ (สมบุรณ์ และ สมหมาย, 2537) ค่าปรับแก้ที่ได้สามารถนำไปใช้ในขั้นตอนหนึ่งขั้นตอนใดในการประมาณปริมาตรลำต้นและมวลชีวภาพ เช่น อาจจะใช้ค่าปรับแก้ที่ได้ในการประมาณค่าปริมาตรของลำต้นและมวลชีวภาพรายต้น โดยการคูณค่าปรับแก้เข้ากับค่าปริมาตรและมวลชีวภาพรายต้นที่ได้จากสมการหรืออาจจะทำการปรับแก้เมื่อได้ค่าผลผลิตในรูปของปริมาตรและมวลชีวภาพต่อหน่วยพื้นที่แล้ว โดยคูณค่าปรับแก้เข้ากับผลผลิตที่ประมาณได้

5. ศึกษาคาร์บอนและสารอาหารที่กักเก็บในมวลชีวภาพของไม้สัก โดยสุ่มตัวอย่างชิ้นส่วนของไม้สัก แยกออกเป็น ลำต้น กิ่ง ใบ และราก เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนและสารอาหารที่เก็บสะสมในเนื้อเยื่อพืช ได้แก่ คาร์บอน (Walkley and Black, 1947) ไนโตรเจน (Bremner and Mulvaney, 1982) ฟอสฟอรัส (Olsen and Sommers, 1982) โพแทสเซียม (Knudsen *et al.*, 1982) แคลเซียม และแมกนีเซียม (Lanyon and Heald, 1982)

6. ประเมินการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสวนป่าไม้สัก จากสูตร (คณะวนศาสตร์, 2554)

$$\text{ตัน CO}_2 = \text{ตันคาร์บอน} \times 44/12$$

7. การประเมินมูลค่าทางสิ่งแวดล้อมในด้านการกักเก็บคาร์บอนและสารอาหารในพืช โดยประยุกต์ใช้วิธี Market valuation และ Cost replacement method (พงษ์ศักดิ์ และ พิณทิพย์, 2552) ทั้งนี้มูลค่าของคาร์บอนประเมินจากการซื้อขายคาร์บอนในตลาดโลก โดยเป็นการซื้อขายในตลาดแบบสมัครใจ (Voluntary carbon market : VCM) (Katherine *et al.*, 2008) มูลค่าการซื้อขายคาร์บอนเท่ากับ 0.10 US\$ tonC⁻¹ หรือ 3.074 บาทต่อตันคาร์บอน (อัตราแลกเปลี่ยน 30.74 บาทต่อดอลลาร์สหรัฐ) และการประเมินมูลค่าของสารอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) จากปริมาณสารอาหารที่สะสมในพืช ประเมินจากราคาของปุ๋ยยูเรีย (สำหรับธาตุไนโตรเจน) ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (ฟอสฟอรัส) ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (โพแทสเซียม) และปุ๋ยโดโลไมต์ (แคลเซียมและแมกนีเซียม) ซึ่งราคาของปุ๋ยเคมีต่อราคา 1 กระสอบน้ำหนัก 50 กิโลกรัม มีดังนี้ ราคาปุ๋ยยูเรีย (46% N สำหรับธาตุไนโตรเจน) 600 บาท ราคาปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (46% P₂O₅ สำหรับธาตุฟอสฟอรัส) 600 บาท ราคาปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60% K₂O สำหรับธาตุโพแทสเซียม) 400 บาท และปุ๋ยโดโลไมต์ (31% CaO, 21% MgO สำหรับธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม) 1,500 บาทต่อตัน เมื่อคำนวณเปรียบเทียบราคาปุ๋ยต่อน้ำหนักสารอาหารพืช 1 หน่วย (กิโลกรัม) พบว่า มูลค่าของสารอาหารไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) เท่ากับ 26.09, 26.09, 13.33, 5.77 และ 5.77 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้การประเมินมูลค่าสารอาหารสะสมในพืชพิจารณาจากสารอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (readily available form) โดยเปลี่ยนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและสารอาหารที่อยู่ในรูปที่สกัดได้ (exchangeable forms) ณ ช่วงเวลาที่ศึกษาให้มาอยู่ในรูปสารอาหารที่ปลดปล่อยและพืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ โดยใช้ค่าคงที่ (factor) ของ C, N, P, K, Ca และ Mg เท่ากับ 1.00, 0.02, 2.29, 1.20, 1.40 และ 1.70 เป็นตัวคูณ (ชนิษฐา และคณะ, 2553)

ผลและวิจารณ์

1. การเติบโตของไม้สัก

จากการวัดการเติบโตของต้นสักอายุ 6 ปี พบต้นไม้ทั้งหมดจำนวน 614 ต้น (192 ต้นต่อไร่; รอดตายร้อยละ 95.94) มีความสูงเฉลี่ย 9.69 ± 1.84 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 10.14 ± 2.31 เซนติเมตร มีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีด้านความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1.61 เมตรต่อปี และ 1.69 เซนติเมตรต่อปี ตามลำดับ มีความกว้างเรือนยอดเฉลี่ย 2.80 ± 1.18 เมตร ความลึกของเรือนยอดเฉลี่ย 6.70 ± 2.33 เมตร โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ดังนี้

$$H = 5.2267 \ln(DBH) - 2.0533 \quad R^2 = 0.8708$$

เมื่อ H = ความสูงของต้นไม้ (เมตร)
 DBH = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

2. ปริมาตรไม้ของสวนป่าไม้สัก

สมการปริมาตรไม้สักที่สร้างจากตัวแทนต้นไม้ 12 ต้น เพื่อนำไปประมวลหาปริมาตรของต้นไม้ทั้งแปลง (Figure 1) คือ

$$V_{\text{over bark}} = 0.0002 (DBH)^{2.3162} \quad R^2 = 0.9921$$

$$V_{\text{under bark}} = 0.00009 (DBH)^{2.522} \quad R^2 = 0.9898$$

เมื่อ $V_{\text{over bark}}$ = ปริมาตรเนื้อเปลือก (ลูกบาศก์เมตร)
 $V_{\text{under bark}}$ = ปริมาตรไม้เปลือก (ลูกบาศก์เมตร)
 DBH = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

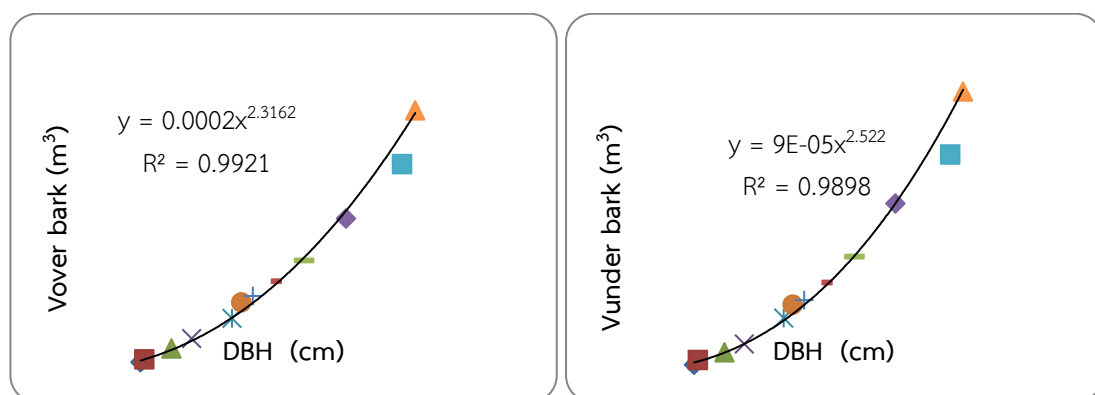


Figure 1 The relation between tree volume (V) and diameter at breast height (DBH) of teak by using a power equation.

จากสมการปริมาตรไม้ สามารถคำนวณหาปริมาตรไม้ทั้งแปลงของสักได้ โดยคิดเป็นปริมาตรไม้เนื้อเปลือกและปริมาตรไม้เปลือก เท่ากับ 8.85 และ 6.53 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ซึ่งมีค่าปรับแก้ 1.0537

และ 0.9708 ดังนั้นหลังจากปรับแก้แล้ว พบว่า ปริมาตรไม้เหนือเปลือกและปริมาตรใต้เปลือกเฉลี่ย 9.33 และ 6.34 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ คิดเป็นความเพิ่มพูนของปริมาตรไม้ใต้เปลือกเท่ากับ 1.06 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี ส่วนใหญ่ต้นไม้มีขนาดเส้นรอบวง 30-60 เซนติเมตร (Table 1)

Table 1 Wood production of teak with different stem-girth classes in plantation.

GBH_Class (cm)	V _{over bark} (m ³)			V _{under bark} (m ³)		
	3.2 rai	1 rai	1 ha	3.2 rai	1 rai	1 ha
<30	6.31	1.97	12.33	4.41	1.38	8.61
30-60	22.02	6.88	43.01	16.50	5.16	32.23
Total	28.33	8.85	55.34	20.91	6.53	40.84
Adjust value	1.0537			0.9708		
Adjust volume	29.85	9.33	58.31	20.30	6.34	39.65
Mean annual increment	4.98	1.55	9.72	3.38	1.06	6.61
Mean annual increment per tree	0.0081			0.0055		

3. มวลชีวภาพของสวนป่าไม้สัก

สมการมวลชีวภาพของแต่ละส่วน (ลำต้น กิ่ง และใบ) ที่สร้างจากตัวแทนต้นไม้ 12 ต้น และสมการมวลชีวภาพของราก ที่สร้างจากตัวแทนต้นไม้ 3 ต้น เพื่อนำไปประมาณหามวลชีวภาพของไม้สักทั้งแปลง (Figure 2) คือ

$$\begin{array}{ll}
 W_S &= 0.0596 (\text{DBH})^{2.4537} & R^2 &= 0.9898 \\
 W_B &= 0.0005 (\text{DBH})^{3.7075} & R^2 &= 0.8843 \\
 W_L &= 1.3259 (W_B)^{0.5813} & R^2 &= 0.8781 \\
 W_R &= 0.093 (\text{DBH})^{2.0655} & R^2 &= 0.9140
 \end{array}$$

เมื่อ

$$\begin{array}{ll}
 W_S &= \text{มวลชีวภาพลำต้น (กิโลกรัมต่อตัน)} \\
 W_B &= \text{มวลชีวภาพกิ่ง (กิโลกรัมต่อตัน)} \\
 W_L &= \text{มวลชีวภาพใบ (กิโลกรัมต่อตัน)} \\
 W_R &= \text{มวลชีวภาพราก (กิโลกรัมต่อตัน)} \\
 \text{DBH} &= \text{ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)}
 \end{array}$$

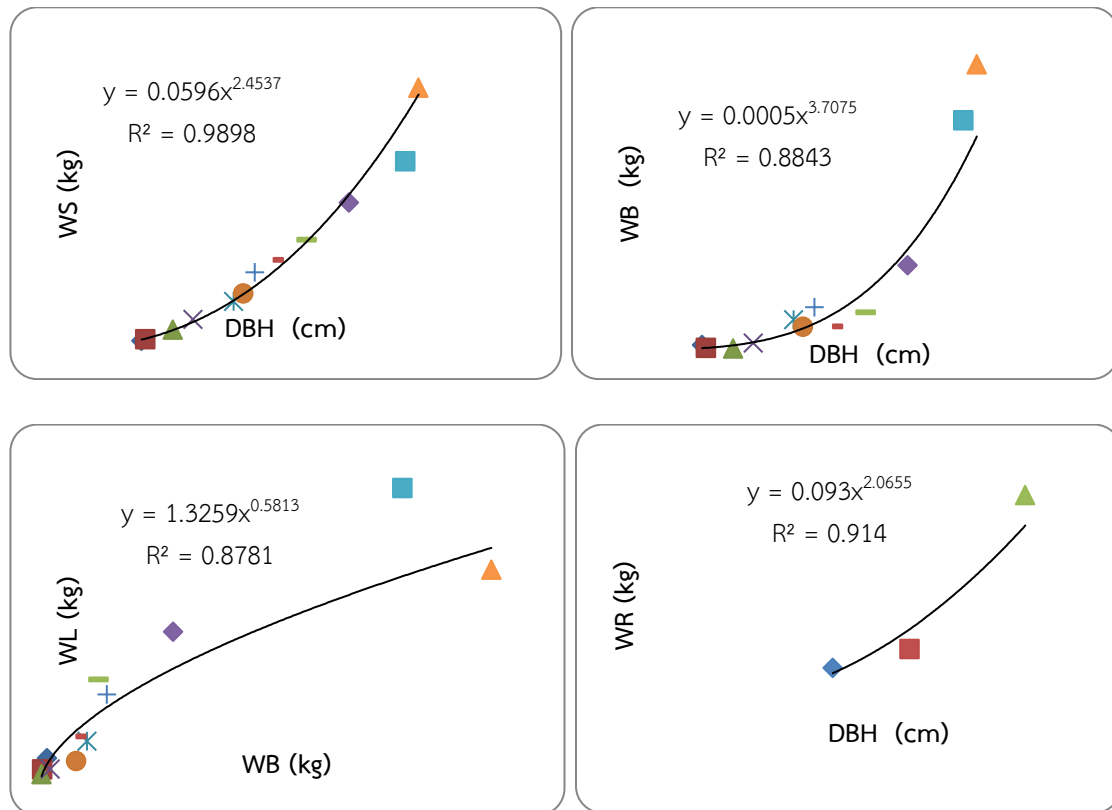


Figure 2 Allometric equations of above-ground biomass of teak.

การคำนวณมวลชีวภาพของไม้สักทั้งแปลงจากสมการมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง ใบ และรากที่สร้างขึ้น และคูณค่าปรับแก้แล้ว พบว่า มวลชีวภาพของไม้สักเท่ากับ 7,371 กิโลกรัมต่อไร่ แยกเป็นมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง ใบ และรากเท่ากับ 3,694, 807, 559 และ 2,310 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของมวลชีวภาพเท่ากับ 1,228 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี (Table 2) อัตราส่วนมวลชีวภาพใต้ดินต่อมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 0.46

Table 2 Biomass of teak in plantation.

Status	Stem	Branch	Leaf	Root	Total
Biomass (kg ra ⁻¹)	3,671	645	481	2,258	7,055
Adjust value	1.0062	1.2517	1.1617	1.0231	
Adjust biomass (kg ra ⁻¹)	3,694	807	559	2,310	7,371
Mean annual increment (kg ra ⁻¹ yr ⁻¹)	615.7	134.6	93.1	385.1	1,228
Mean annual increment (kg individual ⁻¹ yr ⁻¹)	3.21	0.70	0.49	2.01	6.40

4. สารอาหารที่สะสมในมวลชีวภาพ

ผลการวิเคราะห์คาร์บอนและสารอาหารต่างๆ ในลำต้น กิ่ง ใบ และราก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่สะสมในมวลชีวภาพของสวนป่าไม้สัก ดังแสดงใน Table 3 เมื่อคำนวณหาปริมาณการสะสมคาร์บอนและสารอาหารในมวลชีวภาพของสวนป่าไม้สักทั้งแปลง คิดเป็นปริมาณคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่สะสมในมวลชีวภาพ เท่ากับ 4,006, 71.6, 7.5, 47.1, 50.1 และ 15.3 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 4) สวนป่าไม้สักนี้สามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 14.69 ตันต่อไร่

Table 3 Nutrient contents in forest biomass of teak.

Nutrient	Stem	Branch	Leaf	Root
C (g 100g ⁻¹)	55.01	49.74	58.98	53.79
N (g 100g ⁻¹)	0.805	0.744	3.19	0.781
P (g 100g ⁻¹)	0.088	0.155	0.20	0.081
K (g 100g ⁻¹)	0.553	0.670	0.88	0.707
Ca (g 100g ⁻¹)	0.626	0.865	1.14	0.588
Mg (g 100g ⁻¹)	0.172	0.259	0.35	0.211

Table 4 Nutrient accumulations in forest biomass of teak plantation.

Nutrient	(kg rai ⁻¹)				(kg rai ⁻¹ yr ⁻¹)		(kg individual ⁻¹ yr ⁻¹)
storage	Stem	Branch	Leaf	Root	Total	Total	Total
C	2,032	402	330	1,243	4,006	667.67	3.48
N	29.74	6.01	17.83	18.04	71.6	11.94	0.062
P	3.25	1.25	1.13	1.87	7.5	1.25	0.007
K	20.43	5.41	4.90	16.33	47.1	7.85	0.041
Ca	23.12	6.98	6.37	13.58	50.1	8.34	0.043
Mg	6.35	2.09	1.98	4.87	15.3	2.55	0.013
CO ₂	=	14.69	t rai ⁻¹				

5. การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนและธาตุอาหารในมวลชีวภาพของสวนป่าไม้สัก

การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนและสารอาหารในมวลชีวภาพของสวนป่าไม้สัก เมื่ออายุ 6 ปี มีมูลค่า 1,806 บาทต่อไร่ เฉลี่ย 301 บาทต่อไร่ต่อปี (Table 5)

Table 5 Estimating nutrient accumulation values on forest biomass of teak plantation.

Nutrient	Nutrient storages (1 rai)	Factor	Available form (1 rai)	Price	Value (Baht)	
					1 rai	1 ha
C (Mg)	4.01	1.00	4.01	3.07 Baht Mg ⁻¹	12.3	77.0
N (kg)	71.62	0.02	1.43	26.09 Baht kg ⁻¹	37.4	233.6
P (kg)	7.51	2.29	17.19	26.09 Baht kg ⁻¹	448.6	2,803.
K (kg)	47.07	1.20	56.49	13.33 Baht kg ⁻¹	753.0	4,706.
Ca (kg)	50.06	1.40	70.09	5.77 Baht kg ⁻¹	404.4	2,527.
M (kg)	15.30	1.70	26.01	5.77 Baht kg ⁻¹	150.1	937.8
				Total (Baht)	1,806	11,28
				(Baht yr ⁻¹)	301	1,881

สวนป่าสนคาริเบีย อายุ 6 ปี ที่สถานีวิจัยอินทิล จังหวัดเชียงใหม่ ใช้ระยะปลูก 1.5x3 เมตร ความหนาแน่นต้นไม้ 149 ต้นต่อไร่ มีความสูงเฉลี่ย 6.58 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 8.14 เซนติเมตร คิดเป็นความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีด้านความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1.10 เมตรต่อปี และ 1.36 เซนติเมตรต่อปี ปริมาตรไม้เปลือกเท่ากับ 2.16 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ คิดเป็นความเพิ่มพูนของปริมาตรไม้เปลือกเท่ากับ 0.36 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี มีมวลชีวภาพ 2,369 กิโลกรัมต่อไร่ แยกเป็นมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง ใบ และราก เท่ากับ 1,212, 344, 425 และ 388 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นความเพิ่มพูนของมวลชีวภาพเฉลี่ย 395 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ปริมาณสารอาหาร ได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่สะสมในมวลชีวภาพของสวนป่าสนคาริเบียเท่ากับ 1,113, 10.47, 1.84, 6.41, 6.36 และ 1.53 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยมีมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนและสารอาหารเฉลี่ย 286 บาทต่อไร่ (อำไพ และคณะ, 2555) สามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 4.08 ต้นต่อไร่ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสวนป่าไม้สักอายุ 6 ปี จากผลการศึกษาพบว่า สวนป่าสักมีการเติบโต ปริมาตรลำต้น มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอนและสารอาหารในมวลชีวภาพ และการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าสวนป่าสนคาริเบีย ทั้งนี้เนื่องจากสักมีอัตราการรอดตายสูงกว่าสนคาริเบีย แม้ระยะปลูกของสนคาริเบียต่ำกว่าสัก แต่ที่อายุ 6 ปี ความหนาแน่นต้นไม้มากกว่าสวนป่าสนคาริเบีย อย่างไรก็ตามผลที่ได้เป็นการศึกษาในระยะแรกของการเติบโตเท่านั้น ควรมีการศึกษาการเติบโตและการรอดตายอย่างต่อเนื่องเมื่อต้นไม้อายุมากขึ้นจนถึงขนาดที่จะตัดฟันไปใช้ประโยชน์ได้ ภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวนมากขึ้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

แปลงทดสอบสายพันธุ์ไม้สัก ปี 2551 ที่สถานีวิจัยอินทิล จังหวัดเชียงใหม่ อายุ 6 ปี มีความหนาแน่นต้นไม้มากกว่าสวนป่าสนคาริเบีย 192 ต้นต่อไร่ มีความสูงเฉลี่ย 9.69 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 10.14 เซนติเมตร คิดเป็นความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีด้านความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1.61 เมตรต่อปี และ 1.69 เซนติเมตรต่อปี ปริมาตรไม้เปลือกเท่ากับ 6.34 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ คิดเป็นความเพิ่มพูนของปริมาตรไม้เปลือกเท่ากับ 1.06 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี มีมวลชีวภาพ เท่ากับ 7,371 กิโลกรัมต่อไร่ แยกเป็นมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง ใบ และรากเท่ากับ 3,694, 807, 559 และ 2,310 กิโลกรัมต่อไร่

- Bremner, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total, pp. 595-622. *In* **Methods of Soil Analysis Part 2 (Chemical and Microbiological Properties)** 2th ed. American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.
- Katherine, H., M. Sjardin, T. Macello and G. Xu. 2008. **Forging a frontier: State of the voluntary carbon market 2008**. Ecosystem marketplace & new carbon finance. 8th May 2008. http://www.ecosystemmarketplace.com/documents/cms_documents/2008_StateofVoluntaryCarbonMarket2.pdf, 10 February, 2011.
- Knudsen, D., G.A. Peterson and P.F. Pratt. 1982. Lithium, Sodium and potassium, pp. 225-245. *In* A. Klute, ed. **Methods of Soil Analysis Part 2 (Chemical and Microbiological Properties)**. 2th ed. American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.
- Lanyon, L.E. and W.R. Heald. 1982. Magnesium, calcium, strontium and barium, pp. 247-260. *In* A. Klute, ed. **Methods of Soil Analysis Part 2 (Chemical and Microbiological Properties)**. 2th ed. American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.
- Olsen, S.R. and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus, pp. 403-427. *In* A. Klute, ed. **Methods of Soil Analysis Part 2 (Chemical and Microbiological Properties)**. 2th ed. American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.
- Snowdon, P. 1991. A ratio estimator for bias correction in logarithmic regression. **Canadian J. For. Res.** 21 (5): 720-724, 10.1139/x91-101.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1947. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. **Soil Sci.** 63: 257.

การประมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 6 ปี

Aboveground Biomass and Carbon Storage Estimation of 6-Year-old *Eucalyptus camaldulensis* Plantation

บพิตร เกียรติคุณ^{1*} ประพาย แก่นนาค¹ และ อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์¹
Bopit Kietvuttinon^{1*} Prapai Kannak¹ and Ampai Pornleesangsuvan¹

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: bopitk@hotmail.com

ABSTRACT

The aboveground biomass and carbon storage of 6-year-old *Eucalyptus camaldulensis* were studied in a 2008 progeny trial at Kamphaeng Phet Silvicultural Research Station, Kamphaeng Phet province. The objectives were to estimate the stem volume and biomass yield using allometric equations. At age 6 years, the plantation had an average height of 9.94 m and an average diameter at breast height of 7.90 cm. The annual height and diameter at breast height increment were 1.66 m yr⁻¹ and 1.32 cm yr⁻¹, respectively. The underbark stem volume was 6.53 m³ rai⁻¹ with an annual stem volume increment of 1.09 m³ rai⁻¹ yr⁻¹. The total biomass was 4,269 kg rai⁻¹ composed of stem, branch, and leaf biomass of 3,484, 576, and 209 kg rai⁻¹, respectively. The accumulated carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium in biomass was 2,649, 31.6, 1.9, 15.5, 31.0, and 3.3 kg rai⁻¹, respectively. The carbon and nutrient accumulation in the plant were valued at THB 672 rai⁻¹.

Keywords: stem volume, biomass, carbon, *Eucalyptus camaldulensis*

บทคัดย่อ

การประมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส อายุ 6 ปี ในแปลงทดสอบปลูกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ปี 2551 ที่สถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร โดยใช้สมการ allometric equations ที่สร้างขึ้นจากตัวแทนต้นไม้ในแปลงจำนวน 12 ต้น พบว่า สวนป่ายูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส อายุ 6 ปี มีความสูงเฉลี่ย 9.94 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 7.90 เซนติเมตร มีความเพิ่มพูนรายปีด้านความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 1.66 เมตรต่อปี และ 1.32 เซนติเมตรต่อปี ปริมาตรไม้ได้เปลือกเท่ากับ 6.53 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ คิดเป็นความเพิ่มพูนของปริมาตรไม้ได้เปลือกเท่ากับ 1.09 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี มีมวลชีวภาพ 4,269 กิโลกรัมต่อไร่ แยกเป็นมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง และใบ เท่ากับ 3,484 576 และ 209 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ปริมาณการสะสมสารอาหาร ได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส

โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่สะสมในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส เท่ากับ 2,649, 31.6, 1.9, 15.5, 31.0 และ 3.3 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยมีมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนและสารอาหารเฉลี่ย 672 บาทต่อไร่

คำสำคัญ: ปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ คาร์บอน ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส

คำนำ

ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส เป็นไม้ท้องถิ่นของประเทศออสเตรเลีย สามารถขึ้นได้ในที่ริมน้ำและที่ราบน้ำท่วมขัง จากความสูงระดับน้ำทะเลจนถึงประมาณ 800 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ปริมาณน้ำฝนไม่ต่ำกว่า 600 มิลลิเมตรต่อปี ถ้าต่ำกว่านี้การเติบโตอาจลดลงมาก แต่ถ้าดินเป็นดินที่เก็บความชื้นได้ดีก็อาจขึ้นได้ในที่ที่ระดับน้ำฝนต่ำกว่านี้ เติบโตได้ดีในดินชั้นบนที่เป็นดินร่วนและดินชั้นบนลึก ดินชั้นล่างเป็นดินเหนียว พื้นที่ที่มีฝนตกน้อย ลมแห้งแล้งนั้นจะไม่มีผลต่อไม้ชนิดนี้มากนักถ้าดินชั้นล่างมีความชื้นสม่ำเสมอตลอดปี ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสถูกนำออกจากออสเตรเลียไปปลูกนอกถิ่นกำเนิดอย่างกว้างขวางในหลายประเทศ ได้แก่ อิตาลี ตุรกี และอิสราเอล ลาตินอเมริกา อาฟริกา สเปน โมร็อกโก ไนจีเรีย แทนซาเนีย บราซิล รวมทั้งประเทศไทย ขึ้นในที่ที่มีดินเค็มและในเมืองร้อนได้เป็นอย่างดี กระจายอยู่ตามบริเวณเส้นรุ้งที่ 15-38 องศา สำหรับในประเทศไทยนั้นสามารถขึ้นได้ดีในที่ที่มีระดับความสูง 30-600 เมตรจากระดับน้ำทะเล ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15-30 องศา ปริมาณน้ำฝนไม่ต่ำกว่า 600 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิสูงสุด 35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุด 11 องศาเซลเซียส (สุพรรณ, 2548)

ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสในออสเตรเลียได้มีการปลูกที่ระยะ 3x3 และ 4x2 เมตร โดยใช้รอบหมุนเวียนในการตัดฟัน 9-12 ปี ในรอบตัดฟันแรกได้ผลผลิต 100-150 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ หรือ 12 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ต่อปี ถ้าปล่อยให้มีการแตกหน่อในรอบหมุนเวียนของการตัดฟันที่สองซึ่งใช้รอบหมุนเวียน 9-12 ปี จะได้ผลผลิตมากขึ้นราว 15 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ต่อปี ในอิสราเอลมีค่าความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 13-27 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ต่อปี (สุพรรณ, 2548)

ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส เป็นไม้เศรษฐกิจที่ปลูกกันอย่างกว้างขวางในประเทศไทย สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ได้แก่ ใช้เป็นส่วนประกอบของอาคารบ้านเรือน ทำเฟอร์นิเจอร์ เครื่องเรือน รั้ว คอก ปศุสัตว์ เสา ใช้ทำฟืน เผาถ่าน ถ่านไม้ยูคาลิปตัสใช้เป็นเชื้อเพลิงดีไฟได้ดีและมีชี้น้อย ไม้ฟืนยูคาลิปตัสให้พลังงานความร้อน 4,800 แคลอรีต่อกรัม ส่วนถ่านไม้ยูคาลิปตัสให้พลังงานความร้อน 7,400 แคลอรีต่อกรัม ให้ความร้อนใกล้เคียงกับถ่านไม้โกงกางซึ่งจัดว่าเป็นถ่านไม้ชั้นดีที่สุด (วรธรรม, 2556) ไม้ยูคาลิปตัสเมื่อนำมาแปรรูปและสับทำขึ้นไม้สับสามารถนำไปผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัด แผ่นปาร์ติเกิล และแผ่นไม้อัดซีเมนต์ ทศนิยม และ คณะ (2530) พบว่า ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส อายุ 7 ปี ที่ปลูกทั้งในพื้นที่ดินเค็มและดินปกติ สามารถให้ผลผลิตของเยื่อสูง คุณภาพของเยื่อ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานในการผลิตกระดาษเหนียวสำหรับทำกล่อง กระดาษถุง และสามารถฟอกขาวสำหรับทำกระดาษพิมพ์และกระดาษเขียนได้ ชิงชัย และคณะ (2538) กล่าวว่า ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 10 เซนติเมตร สามารถนำไปแปรรูปเป็นไม้แผ่น หรือทำเครื่องกลึงในอุตสาหกรรมก่อสร้างและทำเฟอร์นิเจอร์ ส่วนที่มีขนาดโตกว่า 5 เซนติเมตร เหมาะสำหรับใช้ทำขึ้นไม้สับในอุตสาหกรรมผลิตไม้อัด และส่วนที่มีขนาดตั้งแต่ 2 เซนติเมตรขึ้นไป นิยมทำเป็นไม้ฟืนและถ่าน

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณปริมาตรไม้และมวลชีวภาพของสวนป่ายูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส อายุ 6 ปี ซึ่งปลูกที่สถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยดำเนินการที่สถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร อำเภอมะเมือง จังหวัดกำแพงเพชร อยู่ระหว่างละติจูดที่ $16^{\circ} 33' 43.6''$ เหนือ และลองจิจูดที่ $99^{\circ} 33' 37.5''$ ตะวันออก ณ พิกัด 47 Q 0554447 UTM 1831036 ห่างจากตัวเมืองกำแพงเพชร 10 กิโลเมตร มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.0°C และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22.3°C มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี 1,033 มิลลิเมตร โดยจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยต่อปี 76 วัน ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 76 ความสูงของพื้นที่ประมาณ 95 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบและเนินเตี้ยๆ มีความลาดชันร้อยละ 0-2 สภาพดินเป็นดินทรายร่วน (Loamy sand) มีค่าพีเอช (pH) เท่ากับ 5.0 ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ สภาพป่าเดิมเป็นป่าเต็งรังประกอบด้วยเหียง พลวง พะยอม เต็ง รัง แดง ประดู่ และไม้กระยาเลยชนิดอื่นๆ

การเก็บข้อมูลในแปลงทดสอบปลูกไม้ยูคาลิปตัสคามาลูเลนซิส รุ่นที่ 2 ปี 2551 เนื้อที่ 10 ไร่ ระยะปลูก 1.5x3 เมตร จำนวนต้นไม้เมื่อเริ่มปลูก 2,160 ต้น โดยมีวิธีการศึกษา ดังนี้

1. เก็บข้อมูลการเติบโตของต้นไม้ โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงของต้นไม้ทุกต้น

2. จัดชั้นความสูงและความโตของต้นไม้ เพื่อทำการสุ่มตัวแทนต้นไม้ที่มีขนาดต่างๆ กัน ทั้งขนาดเล็ก กลาง และขนาดใหญ่ จำนวน 12 ต้น เพื่อใช้ศึกษาปริมาตรและมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสคามาลูเลนซิส โดยวัดมิติ (dimension) ต่างๆ ของตัวแทนต้นไม้ที่คัดเลือกไว้ทุกต้น ได้แก่ ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (total height, H) ความสูงถึงระดับกิ่งสัดกิ่งแรก (H_B) ซึ่งปกติมักจะถือว่าระดับของเรือนยอดของต้นไม้จะลงมาถึงระดับใต้กิ่งสัดกิ่งแรกนี้โดยประมาณ ดังนั้น ความลึกของเรือนยอด (crown depth) จึงเท่ากับ $H - H_B = H_k$ วัดความกว้างของเรือนยอด (R) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน (D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับสูงจากพื้นดิน 30 เซนติเมตร ($D_{0.3}$) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height, DBH) วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับต่างๆ ตั้งแต่ความยาว 0.3, 1.3, 2.3, ... เมตร ไปตลอดความยาวของลำต้น เพื่อสร้างสมการปริมาตรไม้

ทำการตัดทอนลำต้นออกตามช่วงต่างๆ ตั้งแต่ความยาว 0.3, 1.3, 2.3, ... เมตร ไปตลอดความยาวของลำต้น ซึ่งน้ำหนักสดของส่วนต่างๆ ตามลำดับ เพื่อศึกษาปริมาณการกระจายของมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ตามระดับความสูงของลำต้นไม้ โดยใช้วิธีการศึกษาแบบ stratified clip technique (พงษ์ศักดิ์, 2538) เก็บตัวอย่างย่อยของส่วนต่างๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ลำต้น กิ่ง และใบ มาทำการอบให้แห้งด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ $80-90^{\circ}\text{C}$ เพื่อเปลี่ยนน้ำหนักสด (fresh weight) ของต้นไม้ในแปลงให้เป็นน้ำหนักแห้ง (oven-dried weight) เพื่อหามวลชีวภาพ (biomass) แต่ละส่วน (ลำต้น กิ่ง และใบ) ของต้นไม้แต่ละต้น ซึ่งใช้เป็นตัวแทนในการสร้างสมการมวลชีวภาพ เพื่อนำไปประมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ทั้งแปลง

3. การประมาณปริมาตรไม้และมวลชีวภาพจากสมการยกกำลัง (power equation) ที่สร้างขึ้น ซึ่งเป็นการวิเคราะห์สมการการถดถอยโดยวิธีการแปลงค่า จะก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางลบขึ้น (Snowdon, 1991) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับแก้ค่าที่ได้จากการประเมิน ซึ่งค่าปรับแก้กันนั้นสามารถสร้างได้โดยใช้สัดส่วนระหว่างค่าจริงของตัวอย่างกับค่าประมาณที่ได้จากสมการที่จัดสร้างขึ้นของต้นไม้ตัวอย่างนั้น ๆ (สมบูรณ์ และ สมหมาย, 2537) ค่าปรับแก้ที่ได้สามารถนำไปใช้ในขั้นตอนหนึ่งขั้นตอนใดในการประมาณปริมาตรลำต้นและมวลชีวภาพ เช่น อาจจะใช้ค่าปรับแก้ที่ได้ในการประมาณค่าปริมาตรของลำต้นและมวลชีวภาพรายต้น โดยการคูณค่า

ปรับแก้เข้ากับความปริมาตรและมวลชีวภาพรายต้นที่ได้จากสมการ หรืออาจจะทำการปรับแก้เมื่อได้ค่าผลผลิตในรูปของปริมาตรและมวลชีวภาพต่อหน่วยพื้นที่แล้ว โดยคูณค่าปรับแก้เข้ากับผลผลิตที่ประมาณได้

4. ศึกษาคาร์บอนและสารอาหารที่กักเก็บในมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสคามาลดูลเลนซิสเหนือพื้นดิน โดยสุ่มตัวอย่างชิ้นส่วนของยูคาลิปตัสคามาลดูลเลนซิส แยกออกเป็น ลำต้น กิ่ง และใบ เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนและสารอาหารที่เก็บสะสมในเนื้อเยื่อพืช ได้แก่ คาร์บอน (Walkley and Black, 1947) ไนโตรเจน (Bremner and Mulvaney, 1982) ฟอสฟอรัส (Olsen and Sommers, 1982) โพแทสเซียม (Knudsen *et al.*, 1982) แคลเซียม และแมกนีเซียม (Lanyon and Heald, 1982)

5. การประเมินมูลค่าทางสิ่งแวดล้อมในด้านการกักเก็บคาร์บอนและสารอาหารในพืช โดยประยุกต์ใช้วิธี Market valuation และ Cost replacement method (พงษ์ศักดิ์ และ พิณทิพย์, 2552) ทั้งนี้มูลค่าของคาร์บอนประเมินจากการซื้อขายคาร์บอนในตลาดโลก โดยเป็นการซื้อขายในตลาดแบบสมัครใจ (Voluntary carbon market : VCM) (Katherine, *et al.* 2008) มูลค่าการซื้อขายคาร์บอนเท่ากับ 0.10 US\$ tonC⁻¹ หรือ 3.074 บาทต่อตันคาร์บอน (อัตราแลกเปลี่ยน 30.74 บาทต่อดอลลาร์สหรัฐ) และการประเมินมูลค่าของสารอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) จากปริมาณสารอาหารที่สะสมในพืช ประเมินจากราคาของปุ๋ยยูเรีย (สำหรับธาตุไนโตรเจน) ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (ฟอสฟอรัส) ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (โพแทสเซียม) และปุ๋ยโดโลไมต์ (แคลเซียมและแมกนีเซียม) ซึ่งราคาของปุ๋ยเคมีต่อราคา 1 กระสอบน้ำหนัก 50 กิโลกรัม มีดังนี้ ราคาปุ๋ยยูเรีย (46% N สำหรับธาตุไนโตรเจน) 600 บาท ราคาปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (46% P₂O₅ สำหรับธาตุฟอสฟอรัส) 600 บาท ราคาปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60% K₂O สำหรับธาตุโพแทสเซียม) 400 บาท และปุ๋ยโดโลไมต์ (31% CaO, 21% MgO สำหรับธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม) 1,500 บาทต่อตัน เมื่อคำนวณเปรียบเทียบราคาปุ๋ยต่อน้ำหนักสารอาหารพืช 1 หน่วย (กิโลกรัม) พบว่า มูลค่าของสารอาหารไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) เท่ากับ 26.09 26.09 13.33 5.77 และ 5.77 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้การประเมินมูลค่าสารอาหารสะสมในพืชพิจารณาจากสารอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Readily available form) โดยเปลี่ยนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและสารอาหารที่อยู่ในรูปที่สกัดได้ (Exchangeable forms) ณ ช่วงเวลาที่ศึกษาให้มาอยู่ในรูปสารอาหารที่ปลดปล่อยและพืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ โดยใช้ค่าคงที่ (factor) ของ C, N, P, K, Ca และ Mg เท่ากับ 1.00, 0.02, 2.29, 1.20, 1.40 และ 1.70 เป็นตัวคูณ (ชินขรรค์ และคณะ, 2553)

ผลและวิจารณ์ผล

1. การเติบโตของยูคาลิปตัสคามาลดูลเลนซิส

จากการวัดการเติบโตของต้นยูคาลิปตัสคามาลดูลเลนซิส อายุ 6 ปี พบต้นไม้ทั้งหมดจำนวน 1,802 ต้น (180 ต้นต่อไร่; รอดตายร้อยละ 83.43) มีความสูงเฉลี่ย 9.94±2.75 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 7.90±3.35 เซนติเมตร มีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีด้านความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเท่ากับ 1.66 เมตรต่อปี และ 1.32 เซนติเมตรต่อปี ตามลำดับ มีความกว้างเรือนยอดเฉลี่ย 2.27±0.76 เมตร ความลึกของเรือนยอดเฉลี่ย 6.87±3.48 เมตร ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมีดังนี้ (Figure 1)

$$H = 7.3945 \ln(\text{DBH}) - 1.3506$$

$$R^2 = 0.9723$$

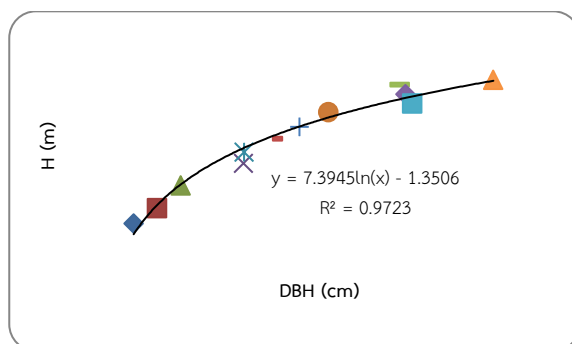


Figure 1 The relation between tree height and DBH of *Eucalyptus camaldulensis*.

2. ปริมาตรไม้ของสวนป่ายูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส

สมการปริมาตรยูคาลิปตัสคามาลดูลเลนซิสที่สร้างจากตัวแทนต้นไม้ 12 ต้น เพื่อนำไปประมวลหาปริมาตรของต้นไม้ทั้งแปลง (Figure 2) คือ

$$V_{\text{over bark}} = 0.0002 (\text{DBH})^{2.4685} \quad R^2 = 0.9978$$

$$V_{\text{under bark}} = 0.0001 (\text{DBH})^{2.5772} \quad R^2 = 0.9963$$

เมื่อ $V_{\text{over bark}}$ = ปริมาตรเนื้อเปลือก (ลูกบาศก์เมตร)
 $V_{\text{under bark}}$ = ปริมาตรไม้เปลือก (ลูกบาศก์เมตร)
 DBH = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

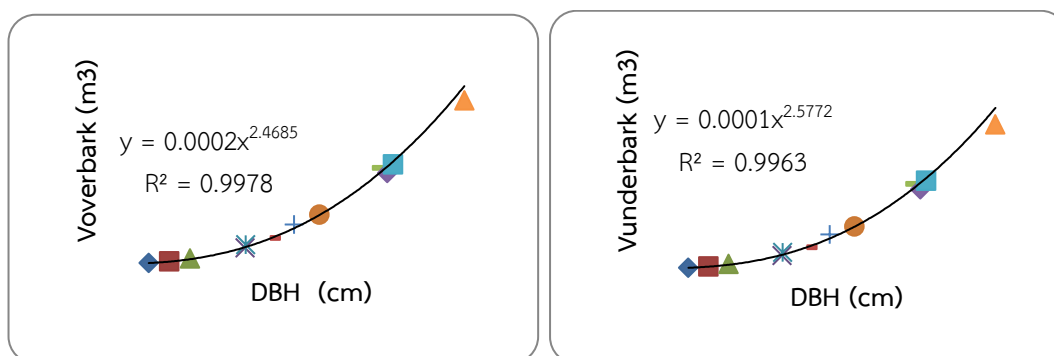


Figure 2 The relation between tree volume and DBH of *Eucalyptus camaldulensis* by using a power equation.

จากสมการปริมาตรไม้ สามารถคำนวณหาปริมาตรไม้ทั้งแปลงของยูคาลิปตัสคามาลดูลเลนซิสได้ โดยคิดเป็นปริมาตรไม้เนื้อเปลือกและปริมาตรไม้เปลือก เท่ากับ 7.89 และ 5.10 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ซึ่งมีค่าปรับแก้ 1.0003 และ 1.2802 ดังนั้น หลังจากปรับแก้แล้วพบว่า ปริมาตรไม้เนื้อเปลือกและปริมาตรไม้เปลือกเฉลี่ย 7.90 และ 6.53 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ คิดเป็นความเพิ่มพูนของปริมาตรไม้ได้เปลือกเท่ากับ 1.09 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี ส่วนใหญ่ต้นไม้มีขนาดเส้นรอบวง 30-50 เซนติเมตร (Table 1)

Table 1 Wood production of *Eucalyptus camaldulensis* with different stem-girth classes in plantation.

GBH_Class (cm)	V _{over bark} (m ³)			V _{under bark} (m ³)		
	8 rai	1 rai	1 ha	8 rai	1 rai	1 ha
<30	25.99	2.60	16.24	16.12	1.61	10.07
30-50	47.10	4.71	29.43	30.90	3.09	19.31
50-100	5.86	0.59	3.66	4.01	0.40	2.51
Total	78.94	7.89	49.34	51.03	5.10	31.89
Adjust value	1.0003			1.2802		
Adjust volume	78.97	7.90	49.35	65.33	6.53	40.83
Mean annual increment	13.16	1.32	8.23	10.89	1.09	6.80
Mean annual increment per tree	0.0073			0.0060		

3. มวลชีวภาพของสวนป่ายูคาลิปตัสคามาลดูลินซิส

สมการมวลชีวภาพของแต่ละส่วน (ลำต้น กิ่ง และใบ) ที่สร้างจากตัวแทนต้นไม้ 12 ต้น และสมการมวลชีวภาพของราก ที่สร้างจากตัวแทนต้นไม้ 5 ต้น เพื่อนำไปประมวลหามวลชีวภาพของยูคาลิปตัสคามาลดูลินซิสทั้งแปลง (Figure 3) คือ

$$\begin{aligned}
 W_S &= 0.1142 (\text{DBH})^{2.353} & R^2 &= 0.9878 \\
 W_B &= 0.0054 (\text{DBH})^{2.8469} & R^2 &= 0.9441 \\
 W_L &= 0.0018 (\text{DBH})^{2.879} & R^2 &= 0.9512
 \end{aligned}$$

เมื่อ

- W_S = มวลชีวภาพลำต้น (กิโลกรัม)
- W_B = มวลชีวภาพกิ่ง (กิโลกรัม)
- W_L = มวลชีวภาพใบ (กิโลกรัม)
- DBH = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

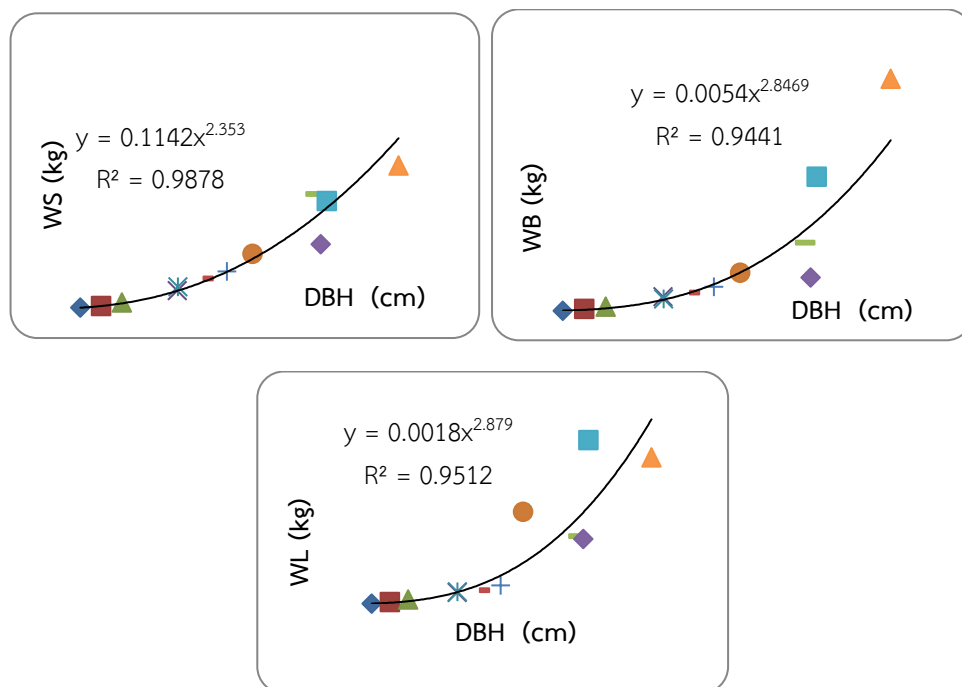


Figure 3 Allometric equations of above-ground biomass of *Eucalyptus camaldulensis* at 6-year-old.

การคำนวณหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่แปลงจากสมการมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง และใบ ที่สร้างขึ้น และคุณค่าปรับแก้แล้วพบว่า มวลชีวภาพของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสเท่ากับ 4,269 กิโลกรัมต่อไร่ แยกเป็นมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง และใบ เท่ากับ 3,484, 576 และ 209 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของมวลชีวภาพเท่ากับ 712 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี (Table 2)

Table 2 Above ground biomass of *Eucalyptus camaldulensis* in plantation at 6-year-old.

Status	Stem	Branch	Leaf	Total
Biomass (kg ra ⁻¹)	3,436	524	189	4,149
Adjust value	1.0140	1.0991	1.1075	
Adjust biomass (kg ra ⁻¹)	3,484	576	209	4,269
Mean annual increment (kg ra ⁻¹ yr ⁻¹)	580.7	96.0	34.8	712
Mean annual increment (kg individual ⁻¹ yr ⁻¹)	3.22	0.53	0.19	3.84

4. สารอาหารที่สะสมในมวลชีวภาพ

ผลการวิเคราะห์คาร์บอนและสารอาหารต่างๆ ในลำต้น กิ่ง และใบ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่สะสมในมวลชีวภาพของสวนป่ายูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ดังแสดงใน Table 3 เมื่อคำนวณหาปริมาณการสะสมคาร์บอนและสารอาหารในมวลชีวภาพของสวนป่ายูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสที่แปลงคิดเป็นปริมาณคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และ

แมกนีเซียม ที่สะสมในมวลชีวภาพ เท่ากับ 2,649, 31.6, 1.9, 15.5, 31.0 และ 3.3 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 4)

Table 3 Nutrient contents in forest biomass of *Eucalyptus camaldulensis* at 6-year-old.

Nutrient		Stem	Branch	Leaf
C	g 100g ⁻¹	61.70	62.20	67.62
N	g 100g ⁻¹	0.504	1.046	3.841
P	g 100g ⁻¹	0.038	0.067	0.111
K	g 100g ⁻¹	0.320	0.325	1.187
Ca	g 100g ⁻¹	0.626	1.100	1.377
Mg	g 100g ⁻¹	0.058	0.107	0.320

Table 4 Nutrient accumulations in biomass of *Eucalyptus camaldulensis* plantation at 6-year-old.

Nutrient storage	(kg rai ⁻¹)				(kg rai ⁻¹ yr ⁻¹)	(kg individual ⁻¹ yr ⁻¹)
	Stem	Branch	Leaf	Total	Total	Total
C	2,150	358	141	2,649	441.56	2.38
N	17.6	6.0	8.0	31.6	5.27	0.028
P	1.3	0.4	0.2	1.9	0.32	0.002
K	11.1	1.9	2.5	15.5	2.58	0.014
Ca	21.8	6.3	2.9	31.0	5.17	0.028
Mg	2.0	0.6	0.7	3.3	0.55	0.003

5. การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนและสารอาหารในมวลชีวภาพของสวนป่ายูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส

การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนและสารอาหารในมวลชีวภาพของสวนป่ายูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส เมื่ออายุ 6 ปี มีมูลค่า 672 บาทต่อไร่ เฉลี่ย 112 บาทต่อไร่ต่อปี (Table 5)

สวนป่ายูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ที่ลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา อายุ 7 ปี ระยะปลูก 2x4 เมตร มีปริมาตรลำต้น 15.54 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน 9,205 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่ออายุ 8 ปี ที่ระยะปลูก 2x3 เมตร มีปริมาตรลำต้น 17.24 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน 11,066 กิโลกรัมต่อไร่ (ชิงชัย และคณะ, 2538) ในขณะที่สวนป่ายูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ที่อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี อายุ 7 ปี ระยะปลูก 2x3 เมตร มีปริมาตรลำต้น 13.27 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน 8,428 กิโลกรัมต่อไร่ (สมชาย และ สุรัชย์, 2539) ปริมาตรลำต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งสองพื้นที่มีค่ามากกว่าที่สถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร อายุ 6 ปี ระยะปลูก 1.5x3 ตารางเมตร (7.90 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และ 4,269 กิโลกรัมต่อไร่) ประมาณสองเท่า

แสดงว่าอายุการปลูกไม้ยูคาลิปตัสตามลวดลายที่ปลูกในพื้นที่ต่างกัน อายุต่างกัน ระยะปลูกต่างกัน มีผลต่อการเติบโต และผลผลิตทั้งปริมาณลำต้นและมวลชีวภาพแตกต่างกัน

Table 5 Nutrient accumulation values of biomass of *Eucalyptus camaldulensis* plantation at 6-year-old.

Nutrient	Nutrient storages (1 rai)	Factor	Available form (1 rai)	Price	Value (Baht)	
					1 rai	1 ha
C (Mg)	2.6	1.00	2.65	3.07 Baht Mg ⁻¹	8.1	50.9
N (kg)	31.6	0.02	0.63	26.09 Baht kg ⁻¹	16.5	103.1
P (kg)	1.9	2.29	4.45	26.09 Baht kg ⁻¹	116.0	725.1
K (kg)	15.5	1.20	18.60	13.33 Baht kg ⁻¹	248.0	1,549.8
Ca (kg)	31.0	1.40	43.43	5.77 Baht kg ⁻¹	250.6	1,566.3
Mg (kg)	3.3	1.70	5.62	5.77 Baht kg ⁻¹	32.4	202.7
Total				(Baht)	672	4,198
				(Baht yr ⁻¹)	112	700

สรุปและข้อเสนอแนะ

แปลงทดสอบปลูกไม้ยูคาลิปตัสตามลวดลายปี 2551 ที่สถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร อายุ 6 ปี มีความหนาแน่นต้นไม้เฉลี่ย 180 ต้นต่อไร่ มีความสูงเฉลี่ย 9.94 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 7.90 เซนติเมตร คิดเป็นความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีด้านความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1.66 เมตรต่อปี และ 1.32 เซนติเมตรต่อปี ปริมาตรไม้ได้เปลือกเท่ากับ 6.53 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ คิดเป็นความเพิ่มพูนของปริมาตรไม้ได้เปลือกเท่ากับ 1.09 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน 4,269 กิโลกรัมต่อไร่ แยกเป็นมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง และใบ เท่ากับ 3,484 576 และ 209 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ คิดเป็นความเพิ่มพูนของมวลชีวภาพเฉลี่ย 441.56 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ปริมาณการสะสมธาตุอาหาร ได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่สะสมในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสตามลวดลายปี 2551 เท่ากับ 2,649 31.6 1.9 15.5 31.0 และ 3.3 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยมีมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนและธาตุอาหารเฉลี่ย 672 บาทต่อไร่

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ชนิษฐา เสถียรพิระกุล, สุนทร คำยอง, นิวัติ อนุวงศ์รักษ์ และ เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง. 2553. การประเมินมูลค่าคาร์บอนและธาตุอาหารสะสมในดินป่าดิบเขาบริเวณดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่. ใน การประชุมเสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ครั้งที่ 2. 26 พฤศจิกายน 2553. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่.

- ชิงชัย วิริยะบัญชา, ทวี ไชยเรืองศิริกุล และ สิริพันธ์ ตียนานท์. 2538. ผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่อายุ 7 และ 8 ปี ณ สวนป่าลาดกระบัง จังหวัดฉะเชิงเทรา, น. 110-120. ใน เอกสารสมทบการประชุมการป่าไม้แห่งชาติ ประจำปี 2538 "หนึ่งทศวรรตการป่าไม้ไทยเพื่อประชาชน". 20-24 พฤศจิกายน 2538 ณ หอประชุมใหญ่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ทัศนีย์ รัตวานิช, อรรถนพ อภิชาติบุตร, วิจิต สนธิวิณิช และ เพ็ญศรี อติวรรณพัฒน์. 2530. อายุที่เหมาะสมของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส เพื่อทำเยื่อกระดาษ. วารสารวนศาสตร์ 6 (3) : 414-436.
- พงษ์ศักดิ์ วิทวัสสุติกุล และ พิณทิพย์ จิตโรจนะวัฒน์. 2552. แบบจำลองเพื่อประเมินมูลค่าป่าต้นน้ำ. เอกสารบันทึกวิจัย ที่ 1/2552. สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬ. 2538. ผลผลิตและการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- วรรณม อุ่นจิตติชัย. 2556. การใช้ประโยชน์ไม้สวนป่าเพื่อชุมชนเป็นผลิตภัณฑ์ไม้ท่อนกลม (กรณีไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส). สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- สมชาย นองเนื่อง และ สุรัชย์ ปราณศิลป์. 2539. ผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาตรของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในสวนป่าอายุ 7 ปี ที่อเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี. ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- สมบุรณ์ กิริติประยูร และ สมหมาย นามสวาท. 2537. เทคนิคบางอย่างในการประมาณผลผลิตของสวนป่า II. การประมาณมวลชีวภาพของส่วนของลำต้นที่มีขนาดจำกัด, น. 124-137. ใน รายงานการประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2537: การปลูกป่าเพื่อพัฒนาสิ่งแวดล้อม. 21-25 พฤศจิกายน 2537 ณ โรงแรมวังใต้ อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี.
- สุพัฒน์ พัฒนวิระกิจ. 2548. ไม้ยูคาลิปตัสบางชนิดที่น่าสนใจ. ส่วนฟื้นฟูและพัฒนาพื้นที่อนุรักษ์ สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- Bremner, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total, pp. 595-622. In A.L. Page, ed. **Methods of Soil Analysis Part 2 (Chemical and Microbiological Properties)**. 2th ed. American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.
- Katherine, H., M. Sjardin, T. Macello and G. Xu. 2008. **Forging a frontier: State of the voluntary carbon market 2008**. Ecosystem marketplace & new carbon finance. 8th May 2008. http://www.ecosystemmarketplace.com/documents/cms_documents/2008_StateofVoluntaryCarbonMarket2.pdf, 10 February, 2011.
- Knudsen, D., G.A. Peterson and P.F. Pratt. 1982. Lithium, Sodium and potassium, pp. 225-245. In A. Klute, ed. **Methods of Soil Analysis Part 2 (Chemical and Microbiological Properties)**. 2th ed. American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.
- Lanyon, L.E. and W.R. Heald. 1982. Magnesium, calcium, strontium and barium, pp. 247-260. In A. Klute, ed. **Methods of Soil Analysis Part 2 (Chemical and Microbiological Properties)**. 2th ed. American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.
- Olsen, S.R. and L.E. Sommers. 1982. "Phosphorus", p. 403-427. In A. Klute, ed. **Methods of Soil Analysis Part 2 (Chemical and Microbiological Properties)**. 2th ed. American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.

- Snowdon, P. 1991. A ratio estimator for bias correction in logarithmic regression. **Canadian Journal of Forest Research** 21 (5): 720-724, 10.1139/x91-101.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1947. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. **Soil Science** 63: 257.

การเติบโตของกล้าไม้ทำมังในระบบวนเกษตร จังหวัดตราด

Growth of Tham-mang Seedlings (*Litsea petiolata* Hook. f.) in an Agroforestry System at Trat Province

จันทร์วิภา บุญอินทร์^{1*} ณัฐวัฒน์ คลังทรัพย์² เดชา ดวงนามล³ และ มณฑล จำเริญพฤกษ์²
Jantaravipa Boonintr^{1*} Nattawat Klangsub² Decha Duongnamol³
and Monton Jamroenprucksa⁴

¹ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Kasetsart University Research and Development Institute, Chatuchak, Bangkok 10900

² คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

³ สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน อำเภอสุخสภาราญ จังหวัดระนอง 85120

³ Andaman Coastal Research Station for Development, Suk Samran District, Ranong Province 85120

* Corresponding author; E-mail address: rdijpb@ku.ac.th

ABSTRACT

This research was conducted at the Trat Agroforestry Research and Training Station, Trat Province, in eastern Thailand. One-year-old seedlings of *Litsea petiolata* Hook.f. (Thai common name “Tham-mang”), a hardwood tree, were collected from four locations in the south of Thailand (Phatthalung, Chumphon, Surat Thani, and Ranong provinces) and planted in mixed plantation with durian and jackfruit trees to determine how well they would perform in this agroforestry system. A randomized complete block design was used with three blocks; each block consisted of four plots and each plot was planted with Tham-mang seedlings from one of the four locations. The results showed that at the end of 2 years, the survival rate of Tham-mang seedlings from Surat Thani was the highest (100%). The average mean annual increment (MAI) in the height of Tham-mang seedlings from Surat Thani province was the greatest (126.72 cm), while the average MAI of stem diameter at ground level (DGL) of Tham-mang seedlings from Phatthalung was the greatest (1.73 cm). However, statistical analyses showed that there was no significant difference in the growth of Tham-mang seedlings from the various locations in either the height or DGL. We concluded that in the 2-year period, the Tham-mang seedlings from Phatthalung and Chumphon adapted and grew well when planted in an agroforestry system in Trat province.

Keywords: Tham-man, (*Litsea petiolata* Hook. f.), seedling, agroforestry

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้ดำเนินการในพื้นที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมวนเกษตรตราด จังหวัดตราด โดยนำกล้าไม้ทำมังอายุ 1 ปี จากแหล่งต่างๆ ในภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดพัทลุง ชุมพร สุราษฎร์ธานี และระนอง มาปลูกทดสอบในสวนทุเรียนผสมขุนเพื่อคัดเลือกแม่ไม้ที่ดีที่สุดที่สามารถเติบโตได้ดีในระบบวนเกษตร โดยใช้แผนการทดลองแบบ RCBD ประกอบด้วย 3 Blocks แต่ละ Block ประกอบด้วย 4 Plots แต่ละ Plot คือ กล้าไม้ทำมังแต่ละแหล่ง ผลการศึกษาพบว่า หลังปลูก 2 ปี กล้าไม้ทำมังจากจังหวัดสุราษฎร์ธานีมีอัตราการรอดตายสูงสุดร้อยละ 100 และมีการเติบโตทางด้านความสูงสูงสุด 126.72 เซนติเมตร ในขณะที่กล้าไม้ทำมังจากจังหวัดพัทลุงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดินเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ 1.73 เซนติเมตร แต่เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า กล้าไม้ทำมังจากแหล่งต่างๆ มีการเติบโตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ไม่ว่าจะเป็นการเติบโตทางด้านความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดิน อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าในช่วงอายุ 2 ปี กล้าไม้ทำมังจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี และพัทลุง สามารถเติบโตได้ดีเมื่อนำมาปลูกในระบบวนเกษตรในพื้นที่จังหวัดตราด

คำสำคัญ: ทำมัง กล้าไม้ วนเกษตร

คำนำ

ทำมัง (*Litsea petiolata* Hook. f.) เป็นไม้เนื้อแข็งพบในป่าดิบชื้นของภาคใต้ตั้งแต่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ตอนล่างไปจนถึงจังหวัดนราธิวาส ส่วนใหญ่พบขึ้นอยู่ตามที่ขึ้นในหุบเขาตามริมลำธาร ป่าดงดิบ หรือป่าพรุ ทำมังมีลำต้นเปลาตรง ใบนำมาประกอบอาหารได้เนื่องจากมีกลิ่นคล้ายแมงดา เนื้อไม้ใช้ทำสากตำน้ำพริก ลำต้นใช้ทำไม้กระดาน หรือไม้แปรรูป (ปิยะ, 2554; Ngernsaengsaruy, 2005) ทำมังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (พรรณี, 2550; ปิยศิริ, 2551; ปิยะ, 2554) ปริมาณ total antioxidants เท่ากับ 13.4 $\mu\text{mol}/100 \text{ g. wet wt.}$ ซึ่งมากกว่าในผักขม (5.8 $\mu\text{mol}/100 \text{ g. wet wt.}$) (วาริน, 2543) นอกจากนี้มีการศึกษาวิจัยฤทธิ์ของสารสกัดทำมัง พบว่า ทำมังมีฤทธิ์ในการยับยั้งการก่อกลายพันธุ์ของเซลล์ (Nakahara et al., 2002) ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ *Leuconostoc mesenteroides* และ *Escherichia coli* และยังมีศักยภาพในการควบคุมประชากรแมลงวันอีกด้วย (Sinthusiri and Soonwera, 2013) จะเห็นได้ว่า ทำมังมีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ ควรส่งเสริมให้มีการปลูกทั่วไป เนื่องจากในสภาพธรรมชาติทำมังที่เป็นต้นใหญ่มีจำนวนน้อยลงมาก ซึ่ง จันทรวีภา และคณะ (2556) รายงานว่า จากผลการสำรวจต้นทำมังในเขตจังหวัดระนองเมื่อปีพ.ศ. 2554-2555 พบต้นทำมังเพียง 25 ต้นเท่านั้น สาเหตุที่ทำให้ต้นทำมังมีจำนวนน้อยลงอาจเนื่องมาจากการตัดไม้ทำลายป่าหรือจากภัยธรรมชาติ หากมีการปลูกเพิ่มทดแทนต้นในสภาพธรรมชาติจะเป็นการป้องกันไม่ให้ความหลากหลายทางพันธุกรรมของพืชท้องถิ่นภาคใต้สูญหายไป

สถานีวิจัยวนเกษตรตราด จังหวัดตราดเป็นหน่วยงานในความรับผิดชอบของคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีสภาพภูมิอากาศคล้ายคลึงกับภาคใต้ มีอุณหภูมิ และปริมาณฝนในรอบปีไม่แตกต่างกัน หากนำกล้าไม้ทำมังไปปลูกทดสอบในพื้นที่ที่คล้ายถิ่นกำเนิดเดิม คือในสวนยางพารา หรือสวนผลไม้ การเติบโต และการปรับตัวของกล้าไม้จะมีแนวโน้มไปในทางที่ดี นอกจากนั้นแปลงที่จะทำการศึกษาก็คือเป็นสวนผลไม้อยู่แล้ว การจัดการแปลงจะเป็นไปด้วยความสะดวก สามารถศึกษาการเติบโต และการปรับตัวของกล้าไม้กับสภาพแวดล้อมใหม่ที่จะปลูกได้ดี ดังนั้นจึงได้นำกล้าไม้ทำมังจากแหล่งเมล็ดต่างๆ ในภาคใต้จำนวน 4 แหล่ง ได้แก่ จังหวัดระนอง ชุมพร สุราษฎร์ธานี และพัทลุง ไปปลูกทดสอบในสวนผลไม้ที่มีการปลูก

ทุเรียนร่วมกับขนุน ณ สถานีวิจัยและฝึกอบรมวนเกษตรตราด จังหวัดตราด เพื่อคัดเลือกแหล่งของกล้าไม้ทำมั่งที่ดีที่สุด กล้าไม้ที่ถูกคัดเลือกต้องมีการเติบโตดี มีอัตราการรอดตายสูง มีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ที่จะปลูกได้ดี งานวิจัยนี้จะเป็นการอนุรักษ์พันธุกรรมท้องถิ่นภาคใต้ไม่ให้สูญหายไป และยังสามารถส่งเสริมเกษตรกรให้ปลูกแซมในสวนผลไม้ หรือสวนยางพาราเพื่อเพิ่มรายได้ หรือพัฒนาเป็นไม้เศรษฐกิจต่อไปได้ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาอัตราการรอดตายของกล้าไม้ทำมั่ง

รวบรวมกล้าไม้ทำมั่งจากภาคใต้โดยใช้เมล็ดจากแหล่งต่างๆ จำนวน 4 แหล่ง ได้แก่ จังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี และพัทลุง จำนวนแหล่งละ 30 ต้น รวมทั้งหมด 120 ต้น ปลูกทดสอบในสวนทุเรียนที่มีการปลูกขนุนร่วมด้วย ณ สถานีวิจัยและฝึกอบรมวนเกษตรตราด จังหวัดตราด วางแผนการปลูกแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ประกอบด้วย 3 Blocks (Replications) แต่ละ Block ประกอบด้วย 4 Plots แต่ละ Plot คือ กล้าไม้ทำมั่งแต่ละแหล่ง ขนาดของแปลง เท่ากับ 27x40 เมตร กำหนดให้ระยะห่างระหว่าง Block (Replication) เท่ากับ 6 เมตร ระหว่างแถวเท่ากับ 3 เมตร ระหว่างต้นเท่ากับ 2 เมตร ภายหลังปลูก (M0) บันทึกจำนวนกล้าไม้ทำมั่งที่ปลูก และบันทึกข้อมูลกล้าไม้ที่รอดตายหลังปลูก 6, 12, 18 และ 24 เดือน (M6, M12, M18 และ M24) แล้วคำนวณอัตราการรอดตาย (ร้อยละ)

2. ศึกษาการเติบโตทางด้านความสูง

หลังจากปลูกกล้าไม้ทำมั่งครบทุกต้นตามแผนการทดลอง บันทึกข้อมูลการเติบโตทางด้านความสูง (เซนติเมตร) ภายหลังปลูก 0, 6, 12, 18 และ 24 เดือน แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ

3. ศึกษาการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดิน (Diameter at ground level-DGL)

บันทึกข้อมูลการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดิน (เซนติเมตร) ภายหลังปลูก 0, 6, 12, 18 และ 24 เดือน แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ผลและวิจารณ์

1. อัตราการรอดตายของกล้าไม้ทำมั่ง

จากการทดลองพบว่า กล้าไม้ทำมั่งทุกแหล่งมีอัตราการรอดตายในช่วง 6 เดือนหลังปลูก ร้อยละ 100 และหลังจากปลูก 12 เดือน กล้าไม้ทำมั่งจากพัทลุง ชุมพร และสุราษฎร์ธานียังคงมีอัตราการรอดตายร้อยละ 100 แต่กล้าไม้ทำมั่งจากจังหวัดระนองมีอัตราการรอดตายลดลงเป็นร้อยละ 96.67 เมื่อกล้าไม้ทำมั่งอายุ 18 เดือนหลังปลูก อัตราการรอดตายของกล้าไม้ทำมั่งจากจังหวัดพัทลุง และสุราษฎร์ธานี ยังคงเป็นร้อยละ 100 ในขณะที่กล้าไม้ทำมั่งจากจังหวัดระนอง และชุมพรมีอัตราการรอดตายลดลงเป็นร้อยละ 90.00 และ 96.67 ตามลำดับ และเมื่อปลูกกล้าไม้ทำมั่งครบ 24 เดือน พบว่า กล้าไม้ทำมั่งจากจังหวัดสุราษฎร์ธานีเท่านั้นที่ยังมีอัตราการรอดตายเป็นร้อยละ 100 ส่วนกล้าไม้ทำมั่งจากจังหวัดพัทลุง ชุมพร และระนอง มีอัตราการรอดตายลดลงเป็นร้อยละ 96.67, 96.67 และ 90.00 ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Survival rate of Tham-mang seedlings from various seed sources at 6, 12, 18 and 24 months (M6, M12, M18 and M24) planting at Trat Agroforestry Research and Training Station, Trat province.

Seed Sources	Survival rate (%)			
	M6	M12	M18	M24
Phatthalung	100	100	100	96.67
Chumphon	100	100	96.67	96.67
Surat Thani	100	100	100	100
Ranong	100	96.67	90	90

2. การเติบโตทางด้านความสูงของกล้าไม้ทำมัง

ภายหลังปลูกกล้าไม้ทำมังจนถึงหลังปลูก 6 เดือน พบว่า กล้าไม้ทำมังทุกแหล่งยังไม่มี การเติบโตทางด้านความสูง แต่หลังจากปลูก 12 เดือน กล้าไม้ทำมังทุกแหล่งมีการเติบโตเห็นได้อย่างเด่นชัด โดยกล้าไม้ทำมังจากจังหวัดระนองมีความสูงเพิ่มขึ้นมากที่สุดเฉลี่ย 79.87 เซนติเมตร (Table 2, Figure 1) ในขณะที่กล้าไม้ทำมังจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี และชุมพรมีความสูงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 57.93, 50.7 และ 24.13 เซนติเมตรตามลำดับ และเมื่อนำผลของความสูงที่เพิ่มขึ้นในช่วงหลังปลูก 12 เดือนไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่า แต่ละแหล่งปลูกมีการเติบโตที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) เมื่อกล้าไม้ทำมังอายุ 18 เดือนหลังปลูก พบว่า กล้าไม้ทำมังจากระนองมีความสูงเพิ่มขึ้นมากที่สุด เฉลี่ย 108.83 เซนติเมตร ในขณะที่กล้าไม้ทำมังจากสุราษฎร์ธานี พัทลุง และชุมพรมีความสูงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 109.27, 99.87 และ 89.99 เซนติเมตรตามลำดับ และเมื่อนำผลของความสูงที่เพิ่มขึ้นในช่วงหลังปลูก 18 เดือนไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่า แต่ละแหล่งปลูกมีการเติบโตที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4) หลังจากปลูกกล้าไม้ทำมังครบ 24 เดือน จะเห็นได้ว่ากล้าไม้ทำมังจากทุกแหล่งมีการเติบโตด้านความสูงเพิ่มมากขึ้น และมีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดเฉพาะในถิ่นกำเนิดจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีความสูงเพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 126.72 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ กล้าไม้ทำมังจากระนอง ชุมพร และพัทลุง มีการเติบโตทางความสูงเท่ากับ 124.0, 123.72 และ 118.35 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำข้อมูลการเติบโตทางด้านความสูงไปวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า กล้าไม้ทำมังทุกแหล่งปลูกมีการเติบโตที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5)

Table 2 MAI of height of the Tham-mang from various seed sources after 12, 18 and 24 months (M12, M18 and M24) planting at the Trat Agroforestry Research and Training Station, Trat province.

Seed Sources	Height (cm)			$\bar{X}$
	M12	M18	M24	
Phatthalung	50.7	99.87	118.35	89.64
Chumphon	24.13	89.99	123.72	79.28
Surat Thani	57.93	109.27	126.72	97.97
Ranong	79.87	108.83	124.00	104.23



Figure 1 Tham-mang seedlings from various locations after 18 months (M18) planting at Trat Agroforestry Research and Training Station, Trat province; Surat Thani (A) Ranong (B), Phatthalung (C) and Chumpon (D).

Table 3 ANOVA analysis of MAI of height of the Tham-mang seedling from various seed sources after planting for 12 months (M12) at Trat Agroforestry Research and Training Station, Trat province.

Sources of variation	Df	sum of squares	mean square	F0	F
Among blocks	2	164.48	82.24	0.38	ns
Among treatments	3	4,753.89	1,584.63	7.28	**
Error	6	1,305.94	217.66		
Total	11	6,224.31			

Table 4 ANOVA analysis of MAI of height of the Tham-mang from various seed sources after 18 months (M18) planting at the Trat Agroforestry Research and Training Station, Trat province.

Sources of variation	Df	sum of squares	mean square	F0	F
Among blocks	2	954.48	477.24	0.58	ns
Among treatments	3	744.84	248.28	0.30	ns
Error	6	4,935.18	822.53		
Total	11	6,634.50			

Table 5 ANOVA analysis of MAI of height of the Tham-mang from various seed sources after 24 months (M24) planting at the Trat Agroforestry Research and Training Station, Trat province.

Sources of variation	Df	sum of squares	mean square	F0	F
Among blocks	2	1,106.11	553.05	0.47	ns
Among treatments	3	110.41	36.80	0.03	ns
Error	6	6,987.01	1,164.50		
Total	11	8,203.52			

3. การเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชนิดดินของกล้าไม้ทำมัง

จากการศึกษาการเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชนิดดินของกล้าไม้ทำมังทั้ง 4 แหล่งปลูก พบว่า ในช่วง 6 เดือนแรกนั้นทำมังทุกแหล่งปลูกไม่มีการเติบโตเลย แต่เมื่อกล้าไม้ทำมังมีอายุ 12 เดือนหลังปลูก มีการเติบโตมากจนเห็นได้อย่างเด่นชัด โดยกล้าไม้ทำมังจากจังหวัดพัทลุงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชนิดดินเพิ่มขึ้นมากที่สุด 0.91 เซนติเมตร (Table 6) รองลงมาได้แก่ กล้าไม้ทำมังจากจังหวัดระนอง ชุมพร และสุราษฎร์ธานี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.61, 0.58 และ 0.54 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่เมื่อนำผลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับชนิดดินที่เพิ่มขึ้นในช่วงหลังปลูก 12 เดือนไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่า แต่ละแหล่งปลูกมีการเติบโตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 7) เมื่อปลูกกล้าไม้ทำมังได้ 18 เดือน พบว่า กล้าไม้ทำมังจากจังหวัดพัทลุงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชนิดดินเพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 1.33 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ กล้าไม้ทำมังจากจังหวัดชุมพร ระนอง และสุราษฎร์ธานี โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1.21, 1.13 และ 1.06 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่เมื่อนำผลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับชนิดดินที่เพิ่มขึ้นในช่วงหลังปลูก 18 เดือนไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่า แต่ละแหล่งปลูกมีการเติบโตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 8) หลังจากนั้นเมื่อปลูกกล้าไม้จนครบ 24 เดือน พบว่า กล้าไม้ทำมังทุกแหล่งปลูกมีการเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชนิดดินเพิ่มมากขึ้น โดยกล้าไม้ทำมังจากพัทลุงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชนิดดินเพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 1.73 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ กล้าไม้ทำมังจากจังหวัดระนอง สุราษฎร์ธานี และชุมพร โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1.65, 1.52 และ 1.50 เซนติเมตร ตามลำดับ และเมื่อนำผลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับชนิดดินที่เพิ่มขึ้นในช่วงหลังปลูก 24 เดือนไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่า แต่ละ

แหล่งปลูกมีการเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับซิดดินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 9)

Table 6 MAI of diameter at ground level of the Tham-mang from various seed sources after 12, 18 and 24 months (M12, M18 and M24) planting at the Trat Agroforestry Research and Training Station, Trat province.

Seed sources	Diameter at Ground Level (cm)			$\bar{X}$
	M12	M18	M24	
Phatthalung	0.91	1.33	1.73	1.32
Chumphon	0.58	1.21	1.50	1.10
Surat Thani	0.54	1.06	1.52	1.04
Ranong	0.61	1.13	1.65	1.13

Table 7 ANOVA analysis of MAI of DGL of the Tham-mang from various seed sources after 12 months (M12) planting at the Trat Agroforestry Research and Training Station, Trat province.

Sources of variation	Df	sum of squares	mean square	F0	F
Among blocks	2	0.11	0.05	2.02	ns
Among treatments	3	0.25	0.08	3.19	ns
Error	6	0.16	0.03		
Total	11	0.52			

Table 8 ANOVA analysis of MAI of DGL of the Tham-mang from various seed sources after 18 months (M18) planting at the Trat Agroforestry Research and Training Station, Trat province.

Sources of variation	Df	sum of squares	mean square	F0	F
Among blocks	2	0.10	0.05	0.49	ns
Among treatments	3	0.12	0.04	0.39	ns
Error	6	0.63	0.10		
Total	11	0.85			

Table 9 ANOVA analysis of MAI of DGL of the Tham-mang from various seed sources after 24 months (M24) planting at the Trat Agroforestry Research and Training Station, Trat province.

Sources of variation	Df	sum of squares	mean square	F0	F
Among blocks	2	0.09	0.05	0.33	ns
Among treatments	3	0.11	0.04	0.25	ns
Error	6	0.83	0.14		
Total	11	1.03			

นอกจากนี้ยังมีงานทดลองที่เกี่ยวข้องกับการปลูกทดสอบเพื่อศึกษาการเติบโตของกล้าไม้ของคณะวิจัยอื่นๆ อีกมากมาย ที่จะให้ผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบเพื่อผลวิจัยที่เด่นชัดและสมบูรณ์มากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น สุนธิส และคณะ (2553) ได้ศึกษาการเติบโตและลักษณะของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลเลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) อายุ 24 เดือน ในแปลงทดสอบปลูกไม้รุ่นที่ 2 บริเวณสถานีฝักินิสิทวนศาสตร์วังน้ำเขียว อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา พบว่า อัตราการรอดตายของไม้อายุ 24 เดือน มีการแปรผันตั้งแต่ร้อยละ 45-100 สำหรับการถ่ายทอดลักษณะการเติบโตของต้นไม้นั้นเป็นผลจากพันธุกรรม ส่วนการถ่ายทอดลักษณะรูปทรงของต้นไม้เป็นผลมาจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมมากกว่าพันธุกรรม ปฏิญา (2552) ได้ศึกษาผลกระทบในการปลูกลองกองร่วมกับยางพารา พบว่าไม่มีผลกระทบต่อารเติบโต และผลผลิตของเนื้อไม้ยางพารา แต่ผลผลิตน้ำยางสดมีค่าต่ำกว่ายางพาราปลูกเดี่ยว ขณะเดียวกันลองกองที่ปลูกร่วมกับยางพาราให้ผลผลิตน้อยกว่าลองกองปลูกเดี่ยว พิğun และคณะ (2551) ได้ศึกษาวิจัยการปลูกสะตอและชนิดพืชร่วมภายใต้ระบบวนเกษตรในภาคใต้ของประเทศไทย พบว่าสะตอจะขึ้นได้ดีถ้าปลูกร่วมกับพืชเกษตรชนิดอื่น

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการนำกล้าไม้ทำม้งจำนวน 4 แหล่ง ได้แก่ จังหวัดพัทลุง ชุมพร สุราษฎร์ธานี และระนอง ไปปลูกทดสอบในสวนทุเรียนผสมชนุน ณ แปลงปลูกสถานีวิจัยและฝักอบรมวนเกษตรตราด จังหวัดตราด พบว่าภายหลังปลูก 6 เดือน ทำม้งมีอัตราการรอดตายร้อยละ 100 ทุกแหล่งปลูก หลังจากนั้นเมื่อปลูกได้ 12 และ 18 เดือน กล้าไม้ทำม้งจากแต่ละแหล่งปลูกจะมีอัตราการรอดตายลดลง แต่ไม่มากนัก และเมื่อปลูกกล้าไม้ทำม้ง 24 เดือน กล้าไม้ทำม้งจากจังหวัดสุราษฎร์ธานีเท่านั้นที่ยังคงมีอัตราการรอดตายร้อยละ 100 เมื่อศึกษาการเติบโตทางด้านความสูง พบว่า ความสูงของกล้าไม้ทำม้งจะเพิ่มขึ้นหลังจากปลูกไปแล้ว 12 เดือน โดยกล้าไม้ทำม้งจากจังหวัดระนองมีความสูงเพิ่มขึ้นสูงสุด 79.87 เซนติเมตร แต่เมื่อกล้าไม้อายุ 18 และ 24 เดือน ปรากฏว่ากล้าไม้ทำม้งจากจังหวัดสุราษฎร์ธานีมีการเติบโตด้านความสูงเพิ่มขึ้นสูงสุดคือ 109.27 และ 126.72 เซนติเมตร ตามลำดับ และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ทำม้งจาก 4 แหล่งมีการเติบโตทางด้านความสูงที่แตกต่างกันในช่วงระยะเวลา 12 เดือนหลังปลูก แต่หลังจากนั้นเมื่อกล้าไม้ทำม้งอายุ 18 และ 24 เดือน การเติบโตทางด้านความสูงของกล้าไม้ทำม้งทุกแหล่งปลูกแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การศึกษาการเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิตดินของกล้าไม้ทำม้งนั้น พบว่า ภายหลังปลูก 12, 18 และ 24 เดือน กล้าไม้ทำม้งจากจังหวัดพัทลุงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิตดินเพิ่มขึ้นสูงสุดเฉลี่ย 0.91, 1.33 และ 1.73 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ปรากฏว่า ทำม้งทุกแหล่งปลูกมีการเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดินแตกต่างกันอย่างไม่
มีนัยสำคัญทางสถิติทุกระยะการเติบโต จะเห็นได้ว่า ในช่วงอายุ 2 ปี (24 เดือน) หลังปลูก กล้าไม้ทำม้งจาก
จังหวัดสุราษฎร์ และพัทลุง สามารถเติบโตได้ดีเมื่อนำมาปลูกในระบบวนเกษตรในพื้นที่จังหวัดตราด ถึงแม้
ความแตกต่างระหว่างถิ่นกำเนิดของกล้าไม้ทำม้งยังไม่เด่นชัดแต่ก็มีแนวโน้มว่ากล้าไม้ทำม้งสามารถปรับตัว
เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาการเติบโตของกล้าไม้เมื่อกกล้าไม้สามารถวัด
เส้นผ่าศูนย์กลางของต้นที่ระดับอกได้เพื่อความสมบูรณ์ของงานวิจัย ทั้งนี้จะได้ทำการศึกษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมวนเกษตรตราด จังหวัดตราด และเจ้าหน้าที่สถานีวิจัย
เพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน จังหวัดระนอง ที่ช่วยเตรียมแปลงทดลอง ช่วยปลูก และดูแลกล้าไม้ตลอดการ
ทดลอง และขอขอบคุณสถาบันวิจัย และพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- จันทร์วิภา บุญอินทร์, เตชา ดวงนามล, ณัฐวัฒน์ คลังทรัพย์, มณฑล จำเริญพฤกษ์ และ ศาลักษณ์ พรรณศิริ.
2556. การสำรวจและรวบรวมพันธุ์ทำม้ง (*Litsea petiolata* Hook.f) ในเขตจังหวัดระนอง. ใน
เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51 (สาขาพืช).
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปฎิญา สระกวี. 2552. ผลของการจัดการในระบบวนเกษตรต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของลองกอง
และยางพาราในระบบปลูกร่วม. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปิยศิริ สุนทรนนท์. 2551. สารต้านอนุมูลอิสระในดอกดาหลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัย
สงขลานครินทร์.
- ปิยะ เณลิมกลิ่น. 2554. ต้นไม้กลิ่นแมงดา. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
แหล่งที่มา: <http://kasetloongkim.com/modules.php?name=Forums&file=viewtopic&t=1652>
และ http://www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=65&i2=7, 1 มกราคม
2554.
- พรรณี เค้นรุ่งเรือง. 2550. ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเปลือกต้นวงศ์อบเชย (Lauraceae), น. 19-26.
ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2550. สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรม
ป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- พิภน ศัยญะพันธ์, ปราโมทย์ แก้ววงศ์ศรี และ วิจิตต์ วรรณชิต. 2551. สะตอและชนิดพืชร่วมภายใต้ระบบวน
เกษตรในภาคใต้ของประเทศไทย. วารสารวิจัยสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
มณฑลตะวันออก 1 (2) : 47-50.
- วาริน แสงกิติโกมล. 2543. การหาปริมาณ antioxidant ในชาเขียวปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระใน
ผัก ผลไม้และ สมุนไพร. วารสารสหเวชศาสตร์ 1 (1) : 11-18.
- สุนิส ยอดนาม, จงรัก วัชรินทร์รัตน์ และ สาทิศ ดิลกสัมพันธ์. 2553. การทดสอบปลูกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดู
เลนซิสรุ่นที่ 2 บริเวณสถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว. วารสารวนศาสตร์ 29 (2) : 37-49.

- Nakahara, K., G. Trakoontivakorn, H. Ono, M. Kameyama-Ohnishi and M. Yoshida. 2002. Antimutagenicity of some edible Thai plants, and a bioactive carbazole alkaloid, mahanine, isolated from *Micromelum minutum*. **J. Agri. Food Chem.** 50(17): 4796-4802.
- Ngernsaengsarua, C. 2005. **A Taxonomic Revision of the Genus Litsea Lam. (Lauraceae) in Thailand.** Ph.D. Thesis, Kasetsart University.
- Sinthusiri, J. and M. Soonwera. 2013. efficacy of herbal essential oils as insecticides against the housefly, *Musca Domestica* L. **Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health** 44(2): 188-196.

ความเป็นไปได้ของการปลูกสักแทรกเป็นแถบในแปลงปลูกมันสำปะหลัง

Feasibility study on intercropping teak (*Tectona grandis* L.f.) in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivation

วรพรรณ หิมพานต์^{1*} ทศพร วัชรางกูร¹ ประพาย แก่นนาค¹ และ วิโรจน์ ครองกิจศิริ¹
Woraphun Himmaphan^{1*} Tosporn Vacharangkura¹ Prapai Khannak¹
and Viroj Krongkitsiri¹

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: woraphun0901@gmail.com

ABSTRACT

A feasibility study on intercropping teak (*Tectona grandis*) with cassava cultivation was conducted in agricultural areas of Muang district, Kamphaeng Phet province and Phukradueng district, Loei province. The growth of teak trees and the yield of agricultural crops in each experimental plot planted and managed by farmers were measured every year. Financial analysis was undertaken to compare the economic performance of planting patterns using the benefit cost ratio (B/C ratio), net present value (NPV), internal rate of return (IRR), and profitability index (PI).

The analysis revealed that for intercropping teak in cassava cultivation systems based on a 4-year cropping period, the B/C ratio was in the range 0.84–1.20, NPV was in the range -THB 2,459–5,269, IRR was in the range -5.99–29.41%, and PI was in the range, 0.60–1.60. Based on a 15-year cropping period, planting teak in agroforestry systems was profitable and provided high financial returns, with the B/C ratio in the range 1.94–3.11, NPV in the range THB 10,222–27,706, IRR in the range 15.48–30.59%, and PI in the range 5.13–8.24. There were greater financial returns from the intercropping system compared to monoculture planting of cassava with the latter having a B/C ratio in the range 1.46–1.53, NPV in the range THB 5,925–23,644, IRR in the range 48.70–68.18%, and PI in the range 2.63–2.70. There is usually annual price uncertainty for agricultural crops in addition to limitations on suitable planting area. The current results support the merits of agroforestry systems to diversify income and reduce financial risks.

Keywords: teak (*Tectona grandis* L.f.), cassava (*Manihot esculenta* Crantz), financial analysis, cost benefit ratio, net present value, internal rate of return, profitability index

บทคัดย่อ

การศึกษาความเป็นไปได้ของการปลูกสักแทรกเป็นแถบลำในแปลงปลูกมันสำปะหลัง ดำเนินการในพื้นที่ทำการเกษตรของเกษตรกรที่อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร และอำเภอภูกระดึง จังหวัดเลย เก็บข้อมูลการเติบโตของสักและผลผลิตของพืชเกษตร ในแปลงทดลองที่ดำเนินการปลูกและจัดการโดยเกษตรกรทุกปี และวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน ได้แก่ อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Benefit Cost ratio : B/C ratio) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return : IRR) และอัตราส่วนวัดความสามารถในการทำกำไร (Profitability index : PI)

ผลการศึกษาพบว่า การปลูกสักแทรกเป็นแถบลำในแปลงปลูกมันสำปะหลังในระยะเวลา 4 ปี ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน คือ B/C ratio มีค่า 0.84 ถึง 1.20 NPV เท่ากับ -2,459.40 ถึง 5,269.49 บาท IRR เท่ากับร้อยละ -5.99 ถึง 29.41 และ PI เท่ากับ 0.60-1.60 ตามลำดับ แต่ในระยะเวลา 15 ปี มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนและให้ผลตอบแทนทางการเงินสูง คือ B/C ratio เท่ากับ 1.94 ถึง 3.11 NPV เท่ากับ 10,221.65 ถึง 27,706.27 บาท IRR เท่ากับร้อยละ 15.48 ถึง 30.59 และ PI เท่ากับ 5.13 ถึง 8.24 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกมันสำปะหลังเชิงเดี่ยว พบว่า การปลูกมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียวในพื้นที่เดียวกันให้ผลตอบแทนทางการเงินสูงกว่า โดยมี B/C ratio เท่ากับ 1.46 ถึง 1.53 NPV เท่ากับ 5,924.88 ถึง 23,643.70 บาท IRR เท่ากับร้อยละ 48.70 ถึง 68.18 และ PI เท่ากับ 2.63 ถึง 2.70 ตามลำดับ ผลการศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นข้อสนับสนุนให้มีการปลูกไม้ป่าเศรษฐกิจโดยเฉพาะไม้สักในระบบวนเกษตรเนื่องจากมีข้อดีในแง่ของการทำให้มีรายได้หลากหลาย และช่วยลดความเสี่ยงทางการเงิน ในขณะที่การปลูกพืชเกษตรเชิงเดี่ยวมีข้อเสียในด้านความผันผวนในเรื่องราคาพืชเกษตร และข้อจำกัดด้านพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูก

คำสำคัญ: สัก มันสำปะหลัง การปลูกพืชแทรก การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน อัตราส่วนวัดความสามารถในการทำกำไร

คำนำ

การส่งเสริมให้มีการปลูกสร้างสวนป่าในประเทศไทยเป็นงานสำคัญที่ต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วนเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนไม้ และฟื้นฟูสภาพป่าธรรมชาติที่ถูกทำลายให้กลับคืนสู่สภาพสมบูรณ์ หากแต่ในสถานการณ์ปัจจุบันแนวทางของการส่งเสริมให้เกษตรกรที่ประกอบอาชีพหลักในการปลูกพืชเกษตรเพื่อการค้าหรือบริโภคในครัวเรือนไม่ได้รับความสนใจจากการปลูกไม้ป่าที่มีค่าทางเศรษฐกิจหรือกล่าวได้ว่าไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร โดยเฉพาะการปลูกสร้างสวนป่าเชิงเดี่ยว ทั้งนี้เนื่องจากการปลูกสร้างสวนป่าต้องใช้ระยะเวลานานจึงจะได้รับผลตอบแทน ซึ่งแตกต่างจากการปลูกพืชเกษตรมาก

การปลูกไม้ยืนต้นแทรกเป็นแถบลำในแปลงปลูกพืชเกษตร (alley cropping) เป็นการปลูกพืชเกษตรประเภทที่เป็นอาหารระหว่างแถบลำหรือแถว (ตั้งแต่สองแถวขึ้นไป) ของไม้ยืนต้นหรือไม้พุ่ม (shrubs) ซึ่งไม้ยืนต้นหรือไม้พุ่มจะต้องมีการลิดกิ่งเป็นระยะ เพื่อป้องกันการเกิดร่มเงาแก่พืชเกษตรที่อยู่ระหว่างแถบลำของไม้ยืนต้น การปฏิบัติดังกล่าวอาจเรียกว่า avenue cropping หรือ hedgerow intercropping มีความหมายเช่นเดียวกัน ดังนั้นงานวิจัยและพัฒนาโดยส่วนใหญ่เพื่อปรับปรุงระบบการปลูกไม้ยืนต้นแทรกเป็นแถบลำในแปลงปลูกพืชเกษตร ซึ่งแนวความคิดเรื่อง alley cropping จึงไม่ใช่แนวความคิดที่เพิ่งเกิดขึ้น ดังเช่นเกษตรกรมีการใช้ประโยชน์ไม้ยืนต้นหรือไม้พุ่มเป็นพืชปกคลุมสำหรับการปลูกพืชแบบขั้นบันได หรือวิธีการปลูกพืชเกษตรเป็น

แถบไม้ยืนต้นหรือไม้พุ่มที่ปลูกเป็นแถบลำ (hedgerows) จะทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของวัฏจักรสารอาหารช่วยบดบังวัชพืช และช่วยควบคุมการกัดเซาะของดินที่เกิดจากระบบการไถเลื่อนลอย เป็นต้น

สักรูปไม้ที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ เกษตรกรมีความต้องการปลูกสักรูปไม้มาก แต่ประสบปัญหาเนื่องจากต้องใช้ระยะเวลานานกว่าจะได้รับรายได้จากการจำหน่ายไม้สักรูป ดังนั้นหากมีการปลูกแทรกในแปลงปลูกพืชเกษตรในระยะแรกได้ จะสามารถช่วยสร้างรายได้และสามารถพัฒนาการจัดการทรัพยากรให้แก่เกษตรกรให้มีความเข้มแข็งและพึ่งพาตนเองได้ งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษารูปแบบ และผลตอบแทนของการปลูกสักรูปไม้ร่วมกับมันสำปะหลัง เพื่อเพิ่มรายได้และลดความเสี่ยงจากการปลูกพืชเกษตรเชิงเดี่ยวให้แก่เกษตรกรรายย่อย ในขณะเดียวกันยังเป็นการเพิ่มพื้นที่สวนป่าไม้สักรูปไม้ซึ่งเป็นไม้เศรษฐกิจให้แก่ประเทศอีกทางหนึ่งด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

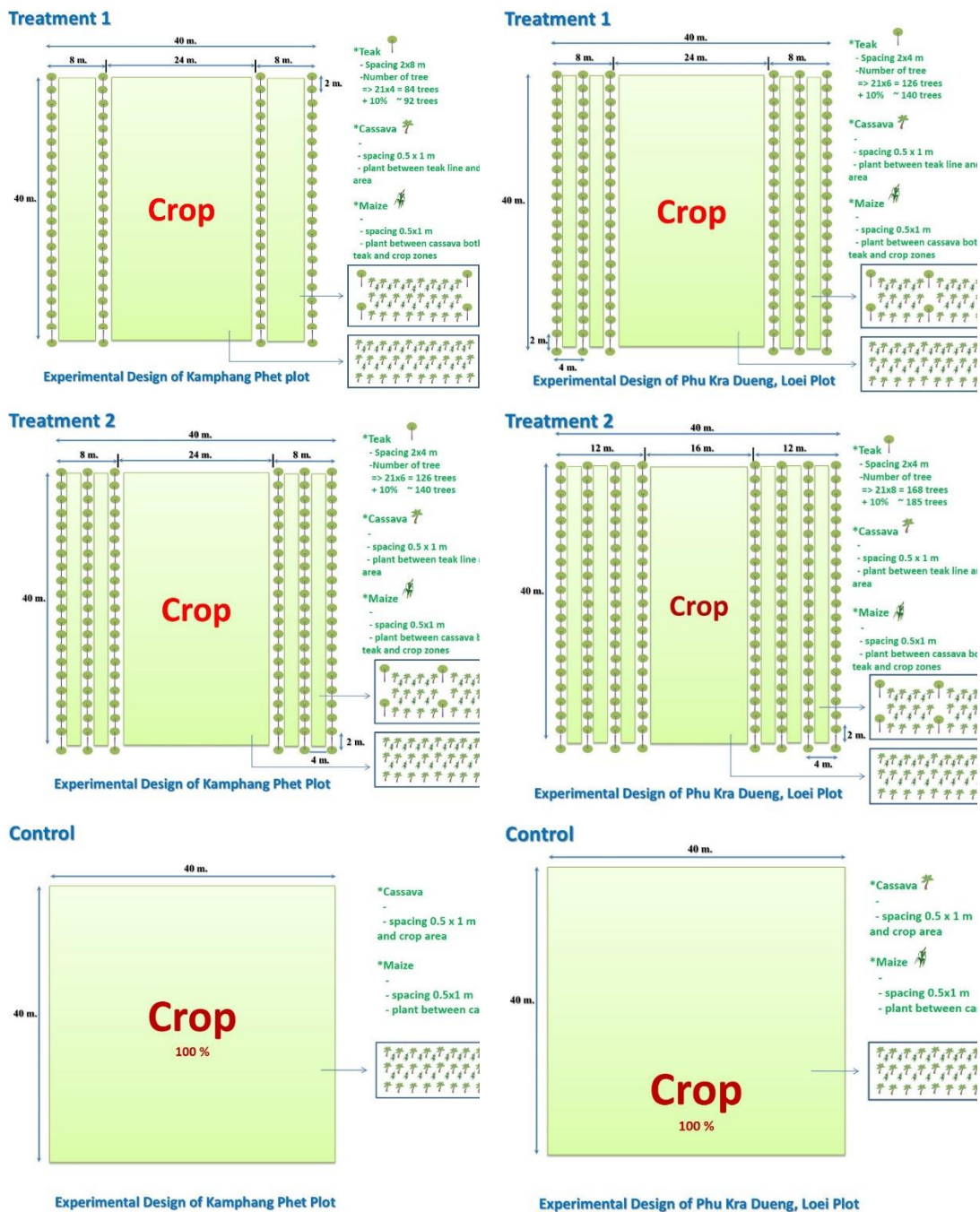
1. พื้นที่ศึกษาและแผนการทดลอง

การศึกษานี้ดำเนินการภายใต้โครงการวิจัยรูปแบบการจัดการสวนป่าเศรษฐกิจเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตของวิสาหกิจชุมชน แผนงานวิจัยการวิจัยและพัฒนาการปลูก การจัดการและการใช้ประโยชน์ไม้สวนป่าเศรษฐกิจ สู่กลุ่มเกษตรกรและชุมชน ของกรมป่าไม้ ซึ่งดำเนินการระหว่างปี พ.ศ. 2553-2557

1.1 แปลงทดสอบระยะปลูก

ทำการวางแผนแปลงทดลองที่ตำบลสระแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร มีสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มริมแม่น้ำปิง ความสูงจากระดับทะเลปานกลางประมาณ 68-77 เมตร มีคลองชลประทานไหลผ่าน ดังนั้นพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทำนา สภาพอากาศที่อบอุ่นตลอดปีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 27.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดช่วงเดือนพฤษภาคม นอกจากนี้ยังมีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่านในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีของจังหวัดประมาณ 1,301.5 มิลลิเมตร และมีฝนตกเฉลี่ยประมาณ 123 วัน ช่วงที่มีฝนตกจะอยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ซึ่งในช่วงนี้ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของเดือนจะอยู่ระหว่าง 148.4-272.7 มิลลิเมตร ดินอยู่ในชุดกำแพงเพชร (Kp) ซึ่งมีลักษณะเป็นดินลิกมาก ดินบนเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทรายปนเปื้อน ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) ดินล่างเป็นดินร่วนปนทรายปนเปื้อนถึงดินร่วนเหนียวปนทรายปนเปื้อน ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) ระบายน้ำดีปานกลาง และชุดไทโรงาม (Sg) ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับชุดดินกำแพงเพชร แต่มีการระบายน้ำดีและปฏิกริยาดินเป็นกรดมากกว่า โดยดินชั้นบน มี pH 6.0-6.5 และดินชั้นล่างมี pH 5.5-6.5 (องค์การบริหารส่วนตำบลสระแก้ว, 2552)

พื้นที่ศึกษาอยู่ในที่ดินของนายสุวรรณ ศุภกิจเจริญ บ้านลุ่มมะโกรก หมู่ 6 ตำบลสระแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร มีการใช้ประโยชน์ในการทำเกษตรมาโดยตลอด ทำการคัดเลือกพื้นที่ที่มีลักษณะราบสม่ำเสมอ วางแปลงตัวอย่าง 3 treatments ได้แก่ 1) ปลูกมันสำปะหลังทั้งแปลงทดลอง 2) ปลูกสักรูปไม้ระยะปลูก 2x8 เมตร ข้างละ 2 แถว สักรูปไม้ 40 มันสำปะหลัง ร้อยละ 60 ของพื้นที่ และ 3) ปลูกสักรูปไม้ระยะปลูก 2x4 เมตร ข้างละ 3 แถว สักรูปไม้ 40 ปลูกมันสำปะหลัง ร้อยละ 60 ของพื้นที่แปลงทดลอง (Figure 1)



Kamphaeng Phet Province

Loei Province

Figure 1 Lay out of intercropping teak tree in the cassava cultivation at Kamphaeng Phet and Loei provinces.

1.2 แปลงทดสอบอัตราส่วนพื้นที่ปลูกสลับกับพืชเกษตร

ทำการวางแผนทดลองที่เค้า ตำบลผานกเค้า อำเภอกู่กระดิง จังหวัดเลย มีสภาพภูมิประเทศเป็นภูเขาสลับกับที่ราบ ความสูงจากระดับทะเลปานกลางประมาณ 338 เมตร จังหวัดเลย อยู่ใต้อิทธิพลของลมมรสุม

ตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ อุณหภูมิสูงสุด 43.5 องศาเซลเซียส และต่ำสุดประมาณ -1.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 26.1 องศาเซลเซียส ชุดดินในพื้นที่จังหวัดเลยได้แก่ ชุดดินโนนพิสัย (Pp) เป็นดินต้นถึงชั้นกรวดลูกรัง ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วน ดินล่างตอนบน เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถัดไปเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายปนกรวดหรือดินเหนียวปนกรวดมาก ส่วนดินล่างภายใน 50-100 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเหนียวปนกรวดมากหรือดินเหนียวปนกรวดมากถัดไปจะเป็นชั้นดินเหนียวตลอด ปฏิกริยา ดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.0-6.5) ในดินบนและเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 4.5-5.5) ใน ดินล่าง ในภาพรวมมีการระบายน้ำดีปานกลาง (องค์การบริหารส่วนตำบลผานกเค้า, 2555)

พื้นที่ศึกษาอยู่ในที่ดินของนายสำรวย เมาสีหา ท้องที่บ้านผานกเค้า ตำบลผานกเค้า อำเภอกุระติง จังหวัดเลย โดยคัดเลือกพื้นที่ที่มีลักษณะราบสม่ำเสมอ วางแปลงตัวอย่าง 3 treatments ได้แก่ 1) ปลูกลำปะหลังทั้งแปลงทดลอง 2) ปลูกลำ ระยะเวลาปลูก 2x4 เมตร ข้างละ 3 แถว ลำ ไร่ละ 40 ลำลำปะหลัง ไร่ละ 60 ของพื้นที่ และ 3) ปลูกลำ ระยะเวลาปลูก 2x4 เมตร ข้างละ 4 แถว ลำ ไร่ละ 60 ลำลำปะหลัง ไร่ละ 40 ของพื้นที่แปลงทดลอง (Figure 1)

สำหรับพืชเกษตร ได้ทดลองปลูกข้าวโพดแทรกระหว่างแถวของลำลำปะหลังเพื่อทดลองผลผลิต เฉพาะในปีที่ 1 แต่เนื่องจากในปีที่ 2 ต้นสักรมีการเติบโตมากขึ้นทำให้ปลูกข้าวโพดไม่ได้ รวมทั้งข้าวโพดมีความ ทนความแห้งแล้งได้ต่ำกว่าและมีความเสี่ยงในเรื่องของผลผลิตมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับลำลำปะหลัง

2. การเก็บข้อมูล

2.1 สำนวนการรอดตาย และวัดการเติบโตของต้นสักรทุกปี เป็นระยะเวลา 4 ปี

2.2 เก็บข้อมูลผลผลิตของลำลำปะหลัง (และข้าวโพดในปีที่ 1) ที่ปลูกควบกับไม้สัก

2.3 ต้นทุน ค่าใช้จ่ายในการปลูกลำและพืชเกษตร (ลำลำปะหลังและข้าวโพดในปีที่ 1) โดยการหา ค่าเฉลี่ยจากการดำเนินการของเกษตรกรในพื้นที่ และรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตพืชเกษตรและประมาณ รายได้จากการจำหน่ายไม้สัก

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การประมาณผลผลิตและราคาของไม้สัก

กำหนดอายุรอบหมุนเวียนของสักรที่ปลูกแทรกในแปลงลำลำปะหลังที่ 15 ปี ประมาณผลผลิตของ ไม้สักจากตารางผลผลิตของสวนป่าไม้สักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ทศพร และคณะ, 2554) โดยประมาณว่า พื้นที่แปลงทดลองอยู่ในชั้นคุณภาพปานกลาง (site index เท่ากับ 22) นำค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เส้นรอบ วง) เฉลี่ยของหมู่ไม้สัก เมื่ออายุ 15 ปี ในชั้นคุณภาพปานกลาง และในแต่ละความหนาแน่นต่อไร่ มาประมาณหา ปริมาตรของไม้ท่อนและราคาจากตารางกำหนดราคาจำหน่ายไม้สักสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ซึ่งจะ ได้ปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้ (ม.³) และราคาต่อตัน

3.2 การประมาณผลผลิตพืชเกษตร

ในกรณีที่ปลูกไม้สักแทรกในแปลงพืชเกษตร เช่น ลำลำปะหลัง โดยมีรอบตัดฟันไม้สัก 15 ปี มี สมมติฐานว่า ถ้าระยะห่างระหว่างแถวที่ปลูกไม้สัก 24 เมตร จะปลูกลำลำปะหลัง ได้ 10 ปี แต่ถ้าระยะห่าง แถว 16 เมตร จะปลูกลำลำปะหลัง ได้ 6 ปี

3.3 การประเมินรูปแบบที่เหมาะสมของการปลูกไม้ป่าในระบบวนเกษตร โดยการวัดผลตอบแทน ของการปลูกพืชเชิงเดี่ยวหรือในระบบวนเกษตรวัดได้ ดังนี้

(1) รายได้ทั้งหมด (Net return, NR) เหมาะสำหรับการใช้วัดผลการดำเนินการในรูปของบัญชีเงิน สด เพื่อดูความสำเร็จหรือความล้มเหลวของการปลูกพืช หาได้จากสมการที่ (1)

$$NR = TGR - TC \quad (1)$$

TGR = (Total gross return) คือ รายได้ทั้งหมดของกิจกรรม หรือผลผลิตทั้งหมด คูณกับราคา ส่วน TC (total cost) คือ ต้นทุนทั้งหมด แบ่งออกเป็นต้นทุนคงที่ (fixed cost) และต้นทุนผันแปร (variable cost)

(2) กำไรสุทธิ (Gross margin, GM) เป็นตัววัดที่เหมาะสมที่สุดของการประเมินประสิทธิภาพของการปลูกพืชเชิงพาณิชย์มากกว่าดูแลเรื่องของบัญชี เช่น เปรียบเทียบผลตอบแทนจากการผลิตของการปลูกพืช ว่าองค์ประกอบใดภายในของระบบให้ผลตอบแทนสูงสุด หาได้จากสมการที่ (2)

$$GM = TGR - VC \quad (2)$$

โดย VC (variable cost) คือต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนกับขนาดหรือหน่วยการผลิต เช่น พันธุ์พืชที่ใช้ปลูก ปุ๋ย ยาป้องกันศัตรูพืช และแรงงาน เป็นต้น

(3) ต้นทุนต่อผลผลิต 1 หน่วย (Cost of production, COP) หาได้จากต้นทุนทั้งหมดหารด้วยผลผลิตที่ได้จากต้นทุนต่อหน่วยการผลิต

อย่างไรก็ตามเนื่องจากรูปแบบการปลูกพืช เช่น การปลูกต้นไม้ในระบบวนเกษตร หรือการปลูกต้นไม้เชิงเดี่ยว เป็นการดำเนินการในระยะยาว ดังนั้นการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ว่ารูปแบบของการปลูกไม้ป่าเศรษฐกิจ แบบใดมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากน้อยเพียงใด จึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ทางการเงิน (financial analysis) ซึ่งวิเคราะห์ในรูปแบบของตัวเงิน โดยคิดเฉลี่ยต่อพื้นที่ และใช้หลักเกณฑ์การวัดความเหมาะสมของการลงทุน 4 วิธี ด้วยกัน ดังนี้

(1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) ดังสมการที่ (3)

$$NPV = Rt/(1+r)^t - Ct/(1+r)^t \text{ หรือ } NPV = At/(1+r)^t \text{ เมื่อ } At = Rt - Ct \quad (3)$$

โดยให้ NPV คือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ Rt คือรายได้ที่คาดว่าจะได้ ณ ปีที่ t

Ct คือรายจ่ายที่คาดว่าจะได้ ณ ปีที่ t At คือรายได้สุทธิที่คาดว่าจะได้ ณ ปีที่ t

r คืออัตราคิดลด คิดเป็นร้อยละ t คือ ปีที่ 0 ถึง n

(2) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return) ดังสมการที่ (3)

$$NPV = Rt/(1+r)^t - Ct/(1+r)^t = 0 \text{ หรือ } Ci = At/(1+r)^t \quad (4)$$

โดยให้ Ci คือเงินลงทุนเริ่มแรก

(3) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit / Cost ratio) ดังสมการที่ (5)

$$B/C \text{ ratio} = [Rt/(1+r)^t] / [Ct/(1+r)^t] \quad (5)$$

อัตราส่วนวัดความสามารถในการทำกำไร (Profitability index : PI) คือ ดัชนีที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุน และผลตอบแทนในการประกอบธุรกิจ โดยแสดงค่าเป็นอัตราส่วนของมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดในอนาคตต่อมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนในการประกอบธุรกิจ

(4) Profitability Index = present value of future cash flows/initial Investment Required

= present value of benefit/present value of cost

= 1+ net present value/initial investment required

การวิเคราะห์ทางการเงินของการปลูกพืชเศรษฐกิจและไม้ป่า ต้นทุน (ค่าใช้จ่าย) ในการดำเนินงาน ประกอบไปด้วย

- (1) ต้นทุนคงที่ (fixed cost) คือ ค่าเช่าที่ดิน ในกรณีนี้คิดค่าเช่าที่ดิน 600 บาทต่อไร่
- (2) ต้นทุนแปรผัน ประกอบด้วย ค่าเตรียมพื้นที่ปลูก ค่าพันธุ์พืชเกษตร ค่ากล้าสัก ค่าแรงปลูกต้นไม้ (ไม้ป่าและพืชเกษตร) รวมปลูกซ่อม ค่าปุ๋ย และค่าแรงใส่ปุ๋ย (ใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง) ค่ายากำจัดวัชพืช และค่าแรงฉีดยา ค่าแรงแผ้วถางวัชพืช ค่าเก็บเกี่ยวผลผลิตพืชเกษตรและสัก และค่าขนส่ง
- (3) อัตราคิดลด (discount rate) ใช้อัตราดอกเบี้ยของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ สำหรับลูกค้ารายคน (เกษตรกรและบุคคล) ซึ่งเป็นลูกค้ารายย่อยขั้นต่ำ (Minimum Retail Rate, MRR) มีผลบังคับใช้เมื่อวันที่ 20 เมษายน 2554 อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 7 ต่อปี

ผลและวิจารณ์

1. การเติบโตของสัก

จากการทดลองปลูกสักโดยใช้ระยะปลูกต่างกัน ที่จังหวัดกำแพงเพชร จนถึงเมื่ออายุ 2 ปี พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ของสักที่ปลูกด้วยระยะปลูก 2x8 เมตร มีขนาดมากกว่า แต่มีความสูงต่ำกว่าที่ปลูกด้วยระยะปลูก 2x4 เมตร ในขณะที่การปลูกทดสอบอัตราส่วนการปลูกสักกับมันสำปะหลังที่จังหวัดเลย พบว่า แปลงที่ปลูกสัก ร้อยละ 60 จะมีค่าการเติบโตทั้ง DBH และความสูงมากกว่าแปลงที่ปลูกสัก ร้อยละ 40 แต่ค่าความแตกต่างมีน้อยมาก สำหรับการประเมินผลผลิตต่อไร่ใช้ตารางผลผลิตของสวนป่าไม้สักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า หนุ่ไม้ที่มีความหนาแน่นเมื่อเริ่มปลูก 100 ต้นต่อไร่ เมื่ออายุ 15 ปี จะมีจำนวนต้นประมาณ 72 ต้นต่อไร่ และหนุ่ไม้ที่มีความหนาแน่นเมื่อเริ่มปลูก 200 ต้นต่อไร่ เมื่ออายุ 15 ปี จะมีจำนวนต้นประมาณ 121 ต้นต่อไร่ ดังนั้นในแปลงปลูกสักแทรกในระบบวนเกษตร ที่ปลูกด้วยระยะปลูก 2x8 เมตร (100 ต้นต่อไร่) เป็นแถวๆ ละ 2 แถว จะเหลือจำนวนต้น 60 ต้น ในแปลงที่ปลูกสักด้วยระยะปลูก 2x4 เมตร (200 ต้นต่อไร่) เป็นแถวๆ ละ 3 แถว จะเหลือจำนวนต้น 76 ต้นต่อไร่ ในขณะที่แปลงที่ปลูกสักด้วยระยะปลูก 2x4 เมตร (200 ต้นต่อไร่) เป็นแถวๆ ละ 4 แถว จะเหลือต้นไม้อายุ 102 ต้นต่อไร่ (Table 1)

Table 1 Growth (mean±s.d.) and number of intercropping teak trees in the cassava cultivation.

Province	Treatment	1-year-old		2-year-old		Number of trees rai ⁻¹ (15-year-old)
		DBH (cm)	H (m)	DBH (cm)	H (m)	
Kamphaeng Phet	2x8 m	1.74±0.09	1.81±0.28	4.36±0.67	3.75±0.28	60
	2x4 m	1.70±0.25	1.77±0.33	4.19±0.52	3.81±0.34	76
Loei	40%	1.18±0.07	1.72±0.07	2.72±0.08	2.94±0.08	76
	60%	1.78±0.07	1.76±0.04	3.03±0.07	3.19±0.12	102

2. ผลตอบแทนทางการเงินของรูปแบบการปลูกไม้ป่าเศรษฐกิจและพืชเกษตร

การศึกษาดำเนินการเก็บข้อมูล 4 ปี แต่กำหนดให้อายุรอบหมุนเวียนของสักร่วมกับ 15 ปี ดังนั้นตั้งแต่ปีที่ 5 เป็นต้นไปจึงเป็นใช้การประมาณผลผลิตของไม้สักร่วมและสักร่วม ผลตอบแทนทางการเงินในรูปแบบรายได้ทั้งหมด (net return) กำไรสุทธิ (gross margin) กำไรสุทธิเฉลี่ยต่อปี (average gross margin) ของรูปแบบการปลูกสักร่วมแทรกเป็นแถบในแปลงปลูกมันสำปะหลัง (ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ควบกับมันสำปะหลังในปีที่ 1 และปลูกมันสำปะหลังเพียงชนิดเดียวในปีที่ 2-4) ปรากฏผลดังนี้ (Figure 2)

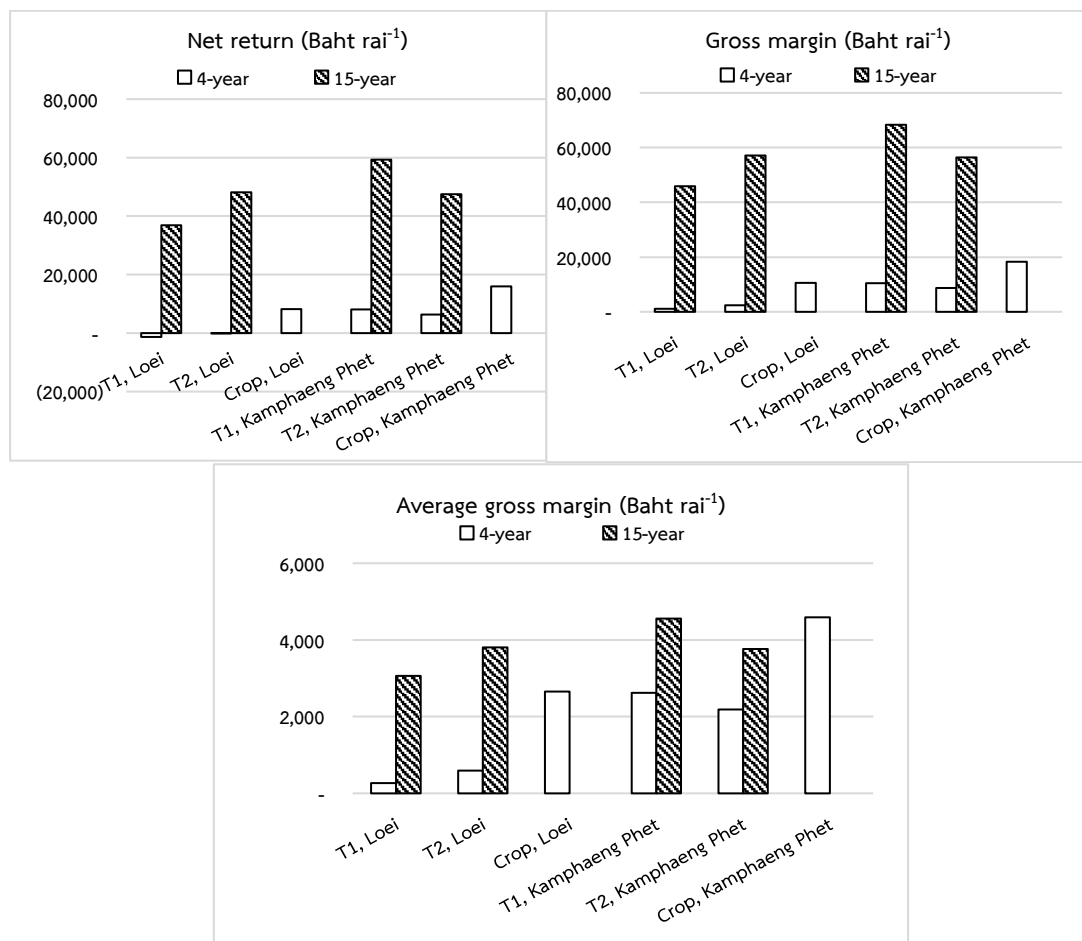


Figure 2 Economic returns of intercropping teak trees in the cassava cultivation at Kamphaeng Phet and Loei provinces.

1. ระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต 4 ปี ซึ่งยังไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตของไม้สักร่วมได้ ทำให้การปลูกสักร่วมแทรกในแปลงพืชเกษตรในจังหวัดเลยมีรายได้ทั้งหมดระหว่าง -1,344.19 บาทต่อไร่ ถึง -41.90 บาทต่อไร่ กำไรสุทธิ อยู่ระหว่าง 1,065.80 บาทต่อไร่ ถึง 2,358.10 บาทต่อไร่ เฉลี่ยต่อปี 266.45 บาทต่อไร่ ถึง 589.53 บาทต่อไร่ ในขณะที่จังหวัดกำแพงเพชร ให้ผลตอบแทนสูงกว่า คือมีรายได้ทั้งหมดระหว่าง 6,361.10 บาทต่อไร่ ถึง 8,079.55 บาทต่อไร่ กำไรสุทธิอยู่ระหว่าง 8,761.10 บาทต่อไร่ ถึง 10,479.60 บาทต่อไร่ เฉลี่ยต่อปี 2,190.28 บาทต่อไร่ ถึง 2,619.89 บาทต่อไร่ ในขณะที่เมื่อปลูกพืชเกษตรเชิงเดี่ยว ในจังหวัดเลย รายได้ทั้งหมด 8,232.04 บาทต่อไร่ กำไรสุทธิ 10,632.00 บาทต่อไร่ และเฉลี่ยต่อปี 2,658.01 บาทต่อไร่ ซึ่งได้น้อยกว่าในจังหวัด

กำแพงเพชร ซึ่งรายได้ทั้งหมด 15,949.99 บาทต่อไร่ กำไรสุทธิ 18,349.99 บาทต่อไร่ และเฉลี่ยต่อปี 4,587.50 บาทต่อไร่

2. ระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต 15 ปี ซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตของสักรั้วปลูกแทรกในแปลงปลูกมันสำปะหลังได้แล้ว ผลการศึกษาพบว่า การปลูกสักรั้วแทรกในแปลงปลูกมันสำปะหลังทำให้มีรายได้ทั้งหมดอยู่ระหว่าง 36,906.62 บาทต่อไร่ ถึง 59,345.70 บาทต่อไร่ กำไรสุทธิอยู่ระหว่าง 45,906.60 บาทต่อไร่ ถึง 68,345.70 บาทต่อไร่ และเฉลี่ยต่อปี อยู่ระหว่าง 3,060.44 บาทต่อไร่ ถึง 4,556.38 บาทต่อไร่ โดยการปลูกสักรั้วแทรกในแปลงมันสำปะหลังด้วยระยะปลูก 2x4 เมตรและปลูกเป็นแถว ๆ ละ 2 แถว ที่จังหวัดกำแพงเพชรจะให้ค่าผลตอบแทนทางการเงินสูงที่สุด

3. ผลการวิเคราะห์ทางการเงิน

การประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนนั้น ใช้เกณฑ์ชี้วัดทางการเงิน 4 วิธี คือ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C ratio) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) และอัตราส่วนวัดความสามารถในการทำกำไร (Profitability index) โดยใช้อัตราคิดลดร้อยละ 7 และระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิตไม่สักรั้วเพื่อคำนวณค่าเกณฑ์ชี้วัดต่างๆ 7 ปี และ 15 ปี (Figure 3)

1) ระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต 4 ปี ผลการวิเคราะห์ทางการเงินของวิธีการปลูกสักรั้วแทรกในแปลงมันสำปะหลัง 2 วิธี คือ วิธีปลูกสักรั้วแทรกแถวละ 4 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 16 เมตร (ร้อยละ 40) และวิธีปลูกสักรั้วแทรกแถวละ 3 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 24 เมตร (ร้อยละ 60) ที่จังหวัดเลย ในขณะที่ยังไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตของสักรั้วได้ พบว่าผลตอบแทนยังไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ให้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน 0.91 และ 0.84 ตามลำดับ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ เท่ากับ -1,386.41 บาท และ -2,459.40 บาท ตามลำดับ อัตราผลตอบแทนการลงทุน เท่ากับ ร้อยละ -0.19 และ -5.99 ตามลำดับ อัตราส่วนวัดความสามารถในการทำกำไร เท่ากับ 0.79 และ 0.60 ตามลำดับ ในขณะที่จังหวัดกำแพงเพชร มีการปลูกสักรั้วทั้ง 2 วิธี คือ ปลูกสักรั้วด้วยระยะปลูก 2x8 เมตร แทรกแถวละ 2 แถว และปลูกสักรั้วด้วยระยะปลูก 2x4 เมตร แทรกแถวละ 3 แถว ให้ผลตอบแทนของการลงทุนในระยะเวลา 4 ปี สูงกว่าในพื้นที่จังหวัดเลย คือ มีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนของการปลูกสักรั้วแถวละ 2 แถว และปลูกสักรั้วแถวละ 3 แถว เท่ากับ 1.20 และ 0.98 ตามลำดับ มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 5,269.49 บาท และ -676.50 บาท ตามลำดับ อัตราผลตอบแทนการลงทุน เท่ากับร้อยละ 29.41 และ 3.79 ตามลำดับ อัตราส่วนวัดความสามารถในการทำกำไร เท่ากับ 1.60 และ 0.94 ตามลำดับ ในขณะที่การปลูกพืชเศรษฐกิจเชิงเดี่ยวในท้องที่จังหวัดเลย และจังหวัดกำแพงเพชร มีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน 1.46 และ 1.53 ตามลำดับ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ เท่ากับ 5,924.88 บาท และ 23,643.70 บาท ตามลำดับ อัตราผลตอบแทนการลงทุน เท่ากับ ร้อยละ 48.70 และ 68.18 ตามลำดับ ความสามารถในการทำกำไร เท่ากับ 2.70 และ 2.63 ตามลำดับ

2) ระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต 15 ปี ผลการวิเคราะห์ทางการเงินเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตของสักรั้วได้แล้ว พบว่า แปลงทดลองในพื้นที่จังหวัดเลย วิธีปลูกสักรั้วแทรกแถวละ 4 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 16 เมตร (ร้อยละ 40) และวิธีปลูกสักรั้วแทรกแถวละ 3 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 24 เมตร (ร้อยละ 60) ให้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน 3.11 และ 2.34 ตามลำดับ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ เท่ากับ 14,132.61 บาท และ 10,221.65 บาท ตามลำดับ อัตราผลตอบแทนการลงทุนเท่ากับ ร้อยละ 15.48 และ 17.68 ตามลำดับ และอัตราส่วนวัดความสามารถในการทำกำไร เท่ากับ 8.24 และ 6.89 ตามลำดับ ในขณะที่แปลงปลูกสักรั้วที่จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งปลูก 2 วิธี คือ ปลูกสักรั้วด้วยระยะปลูก 2x8 เมตร แทรกแถวละ 2 แถว และปลูกสักรั้วด้วยระยะปลูก 2x4 เมตร แทรกแถวละ 3 แถว โดยมีระยะห่างระหว่างแถว 24 เมตร เช่นกัน ให้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน 2.25 และ 1.94 ตามลำดับ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ เท่ากับ 22,706.27 บาท

และ 17,481.52 บาท ตามลำดับ อัตราผลตอบแทนการลงทุน เท่ากับร้อยละ 30.59 และ 23.70 ตามลำดับ และอัตราส่วนวัดความสามารถในการทำกำไร เท่ากับ 7.33 และ 5.13 ตามลำดับ

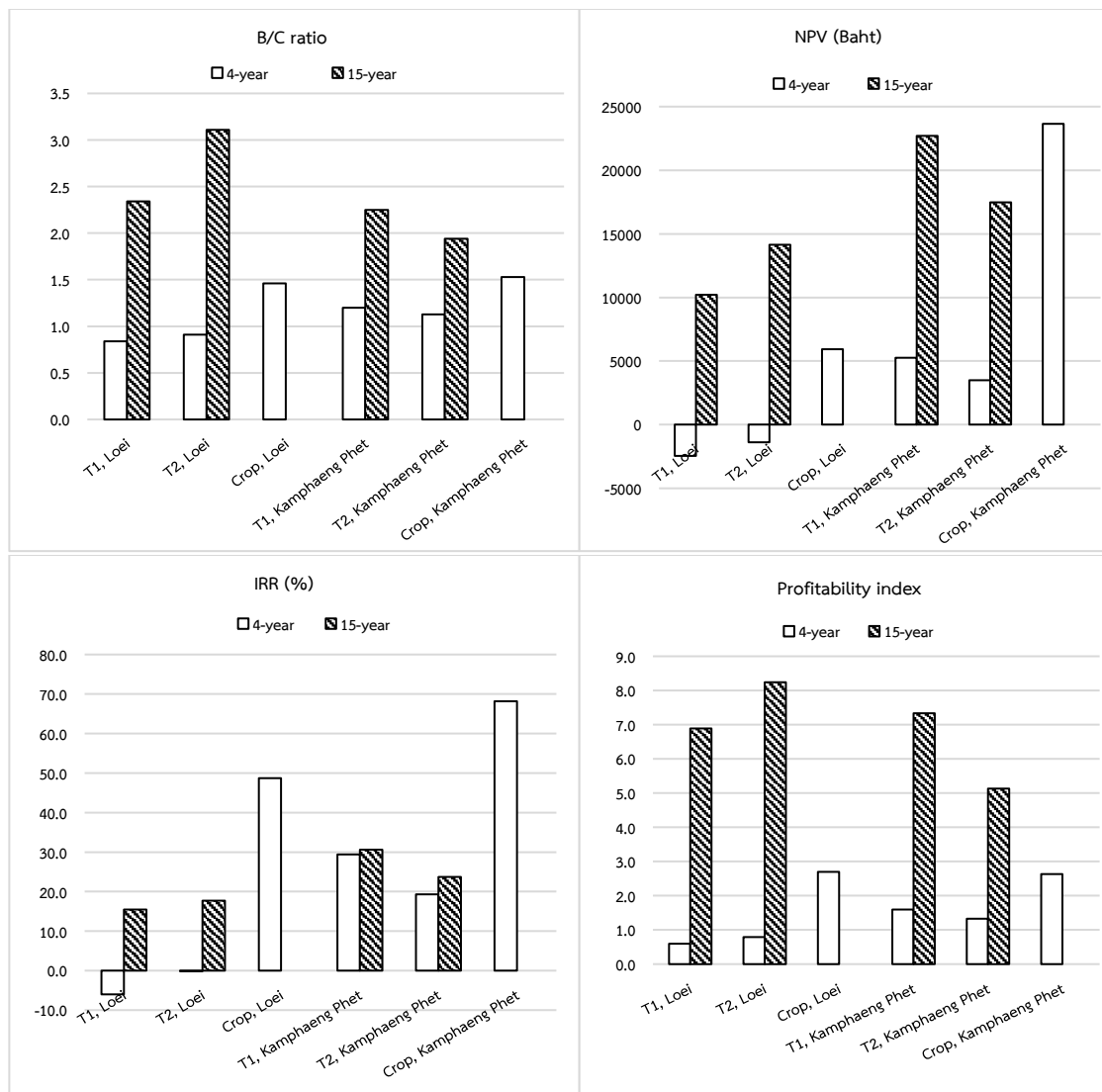


Figure 3 Financial analysis of intercropping teak trees in the cassava cultivation at Kamphaeng Phet and Loei provinces.

จากผลการศึกษาพบว่า ในระยะ 4 ปีแรก ผลผลิตและราคาต่อหน่วยของพืชเกษตรที่ปลูก คือ มันสำปะหลัง และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อรายได้จากการจำหน่ายผลผลิต จากผลผลิตมันสำปะหลังจากแปลงทดลองที่จังหวัดกำแพงเพชร เฉลี่ยใน 4 ปี (4,418.38-5,033.10 กิโลกรัมต่อไร่) มีค่าสูงกว่าแปลงทดลองที่จังหวัดเลย (1,512.68-2,246.84 กิโลกรัมต่อไร่) ทำให้ได้ผลตอบแทนสูงกว่า และยังมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยการผลิตมันสำปะหลังของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2554-2556 ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556) มีค่า 3,088-3,506 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้เนื่องจากการปลูกและการจัดการที่

ประณีตและมีต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูง (6,328.60-7,471.60 บาทต่อไร่) ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยการผลิตมันสำปะหลังของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2554-2556 (5,192-6,326 บาทต่อไร่) ด้วยเช่นกัน

ในกรณีที่สามารถจำหน่ายผลผลิตจากการปลูกสักได้ เมื่ออายุ 15 ปี รูปแบบการปลูกสักแทรกในแปลงปลูกพืชเกษตรทั้งสองพื้นที่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากราคาของไม้สักมีมูลค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดไม้ ซึ่งทำให้รายได้จากการปลูกสักที่มีรอบหมุนเวียนยาวกว่าไม้เศรษฐกิจโตเร็วเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงกว่า และเมื่อเปรียบเทียบการปลูกสักแทรกในพื้นที่เดียวกัน เช่น ในท้องที่จังหวัดเลย การปลูกสัก แถบละ 4 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 16 เมตร จะให้ผลตอบแทนทางการเงินมากกว่าการปลูกสัก แถบละ 3 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 24 เมตร เนื่องจากจำนวนต้นสักต่อไร่มีมากกว่า แม้ว่าจะระยะเวลาการปลูกพืชเกษตรน้อยกว่า เนื่องจากระยะห่างระหว่างแถวจะน้อยกว่าก็ตาม แสดงให้เห็นว่า มูลค่าเพิ่มของไม้สัก เมื่อมีอายุมากขึ้นหรือมีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อรายได้รวมของการปลูกในระบบวนเกษตร

การศึกษาในต่างประเทศ พบว่า สักมีศักยภาพในการปลูกร่วมกับพืชเกษตร เช่น ในประเทศกัมพูชา มีการทดลองปลูกต้นไม้ต่างถิ่น 4 ชนิด ได้แก่ *Acacia* spp. *Eucalyptus* spp. สัก และยางพารา ร่วมกับมันสำปะหลัง การศึกษาพบว่า ที่อัตราคิดลดร้อยละ 10 พบว่า สักที่คิดที่รอบตัดฟัน 12 ปี มีศักยภาพในการปลูกร่วมมากที่สุด ให้ค่า NPV เท่ากับ USD 33,252.7, B/C เท่ากับ 4.1 และ IRR เท่ากับร้อยละ 34 ตามลำดับ (Ra and Kimsun, 2012) ส่วนการศึกษาที่ West Africa พบว่า เกษตรกรรายย่อย ชาว Southern Togo ที่มีการปลูกข้าวโพดและมันสำปะหลังเพื่อการยังชีพในพื้นที่จำกัดนั้น มีความสนใจในการปลูกสักเพื่อเป็นรายได้ระยะยาว พบว่าการปลูกสักที่มีรอบหมุนเวียนสั้นและมีอัตราคิดลดร้อยละ 11 จะให้ผลดีมากที่สุด (Kenny, 2007) และการปลูกสักในรูปแบบของการปลูกรอบพื้นที่การเกษตร (line on the farm boundary) จะให้ผลดีด้านการเติบโตของสักมากกว่าการปลูกแบบเป็นแปลงทั้งในรูปแบบที่ไม่มีการดูแลรักษาหรือดูแลรักษาเป็นอย่างดี (Shukla and Viswanath, 2014).

การศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่า เกษตรกรที่มีพื้นที่ขนาดเล็กควรแนะนำให้ใช้วิธีการปลูกแบบผสมผสาน โดยเกษตรกรปลูกพืชเกษตรเช่น ข้าว มันสำปะหลัง และอ้อย และมีพื้นที่ส่วนหนึ่งสำหรับการปลูกสัก โดยรอบตัดฟันของสักควรเลือกที่อายุ 20 ปี จะให้ผลดีกวารอบตัดฟัน 15 ปี ปลูกด้วยระยะปลูก 4x4 เมตร จะทำให้ได้สักที่มีการเติบโตดีกว่าปลูกด้วยระยะปลูก 2x4 เมตร การคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมทั้งต่อการปลูกสักและพืชเกษตรเป็นปัจจัยที่สำคัญ (Noda *et al.*, 2012) ส่วนงานวิจัยด้านการปลูกสักแทรกในแปลงพืชเกษตรในประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์ผลตอบแทนด้านการเงินไม่พบมากนัก เนื่องจากสักต้องใช้เวลาระยะยาวนาน จึงจะให้ผลตอบแทนทางการเงิน รวมทั้งการศึกษาต้องใช้เวลาในการเก็บข้อมูลในระยะยาวนานด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามการศึกษาส่วนใหญ่แสดงให้เห็นว่าการปลูกไม้เศรษฐกิจจะให้ผลตอบแทนต่ำกว่ากรณีปลูกพืชเกษตร เช่น การปลูกยางพาราในจังหวัดมหาสารคาม เพื่อขายผลผลิตในรูปร่างแผ่นรมควันและยางก้อนถ้วย ขาดทุนสุทธิ 4,086 และ 6,658 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ในขณะที่การปลูกอ้อยและมันสำปะหลังให้รายได้สุทธิ 4,158 และ 2,523 บาทต่อไร่ ตามลำดับ แต่การปลูกไม้เศรษฐกิจจะเป็นการลดความเสี่ยงจากความผันผวนของราคาพืชเกษตร (อรรธรณ และคณะ, 2559) เมื่อเปรียบเทียบผลตอบแทนของการปลูกยูคาลิปตัสเชิงเดี่ยวกับการปลูกร่วมกับพืชเกษตรพบว่า การปลูกยูคาลิปตัสแบบสวนป่าเชิงเดี่ยว การปลูกยูคาลิปตัสควมมันสำปะหลังและการปลูกยูคาลิปตัสบนคันนา ระยะเวลา 7 ปี มีความคุ้มค่าและเป็นไปได้ในการลงทุนทั้ง 3 แบบ แต่เมื่อเปรียบเทียบผลตอบแทนพบว่า การปลูกยูคาลิปตัสแบบสวนป่าเชิงเดี่ยว ให้ค่าอัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน (B/C) เพียงค่าเดียวที่สูงกว่าการปลูกยูคาลิปตัสควมมันสำปะหลังและการปลูกยูคาลิปตัสบนคันนา ส่วนค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนโครงการ (IRR) การปลูกยูคาลิปตัสบนคันนาให้ค่าสูงที่สุด (ศูนย์วิจัยป่าไม้ และคณะ, ม.ป.ป.)

สำหรับการปลูกสักเพื่อให้ได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับการลงทุนนั้นจำเป็นต้องพิจารณาถึงพื้นที่ที่มีความเหมาะสมด้วย การศึกษาของ อรอุมา (2550) ซึ่งทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินของการลงทุนระหว่างการปลูกยางพาราและไม้สักในจังหวัดเลย โครงการมีอายุ 25 ปี อัตราคิดลดร้อยละ 8 10 และ 12 ผลการศึกษาพบว่า ไม้สักคุณภาพดีและคุณภาพปานกลางให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนที่ทุกระดับอัตราคิดลด ส่วนไม้สักคุณภาพเลวนั้นให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าการลงทุนที่ทุกระดับอัตราคิดลดเช่นกัน ในขณะที่การลงทุนปลูกยางพาราจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่าการลงทุนทุกระดับอัตราคิดลดเมื่อมีราคาสูงสุด (72.18 บาทต่อกิโลกรัม) ส่วนกรณีที่ยางพารามีราคาต่ำสุด (18.05 บาทต่อกิโลกรัม) จะคุ้มค่าเฉพาะที่ระดับอัตราคิดลดร้อยละ 8 เท่านั้น ดังนั้นผลตอบแทนจากการปลูกยางพารามีความเสี่ยงสูงทั้งนี้ขึ้นกับราคาของผลผลิตเช่นเดียวกับพืชเกษตร

การปลูกสักเพื่อหวังผลตอบแทนทางการเงินจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ให้ผลคุ้มค่าแม้ว่าต้องใช้ระยะเวลายาวนาน เนื่องจากมีราคาคงที่และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในอนาคตจากการที่มีความต้องการมากขึ้นแต่มีสักในประเทศไทยน้อยลง การปลูกสักแทรกในแปลงพืชเกษตรจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการได้มาซึ่งรายได้ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ยังรวมไปถึงการเพิ่มพื้นที่ป่าเศรษฐกิจให้กับประเทศตามนโยบายของรัฐบาลอีกด้วย

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การปลูกสัก ซึ่งเป็นไม้ป่าเศรษฐกิจประเภทอัตราการเติบโตปานกลาง ในพื้นที่อำเภอภูกระดึง จังหวัดเลย และ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากให้ผลตอบแทนทางการเงินสูง เมื่อกำหนดอายุรอบหมุนเวียนไม้สัก เท่ากับ 15 ปี เนื่องจากไม้สักมีมูลค่าเพิ่มสูง เมื่อมีขนาดใหญ่ขึ้น
2. การปลูกพืชเกษตรเชิงเดี่ยว เช่น มันสำปะหลังหรือพืชเกษตรอื่นๆ อาจให้ผลตอบแทนสูงกว่าการปลูกไม้เศรษฐกิจเชิงเดี่ยว และการปลูกไม้เศรษฐกิจในระบบวนเกษตร แต่ราคาของพืชเกษตรมีความผันแปรภายในปีเดียวกันหรือระหว่างปี รวมทั้งแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่มากกว่าราคาของไม้ป่าเศรษฐกิจ จึงมีความเสี่ยงในด้านราคาสูงกว่า
3. การปลูกสักแทรกเป็นแถบในแปลงมันสำปะหลังในรูปแบบต่างๆ พบว่า การปลูกสักด้วยระยะปลูก 2x8 เมตรจะให้ผลตอบแทนทางการเงินดีกว่าการปลูกด้วยระยะปลูก 2x4 เมตร เนื่องจากสามารถปลูกมันสำปะหลังได้ถึง 10 ปี ในขณะที่ราคาไม้สักที่มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีขนาดใหญ่ขึ้น อัตราส่วนการปลูกสักต่อพืชเกษตรร้อยละ 60:40 ของพื้นที่จึงจะให้ผลตอบแทนที่สูงกว่าการปลูกในอัตราส่วนร้อยละ 40:60
4. การปลูกไม้เศรษฐกิจในระบบวนเกษตรเป็นแนวทางหนึ่งที่ควรส่งเสริมเนื่องจากทำให้เกษตรกรมีรายได้หลากหลายอย่างต่อเนื่อง ลดความเสี่ยงของความผันผวนของราคาของพืชเกษตร รวมทั้งยังเป็นการเพิ่มพื้นที่สวนป่าปลูกให้แก่ประเทศซึ่งส่งผลทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. การปลูกไม้เศรษฐกิจโตปานกลางถึงโตช้า เช่น สัก เกษตรกรที่มีต้นทุนทางเศรษฐกิจต่ำ ควรพิจารณาเนื่องจากใช้ระยะเวลาในการคืนทุนนาน ตลอดจนต้องเลือกปลูกในสภาพพื้นที่ดิน และปัจจัยทางด้านภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการปลูกไม้สักจึงจะสามารถให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่า
2. การปลูกไม้ป่าเศรษฐกิจในระบบวนเกษตร หรือในระบบการปลูกแบบผสมผสานบางระบบ อาจไม่ให้ผลตอบแทนอย่างเพียงพอต่อเกษตรกรที่จะยกระดับมาตรฐานความเป็นอยู่ได้ ดังนั้นการเลือกรูปแบบ

การปลูก และการจัดการที่เหมาะสม การเลือกชนิดพันธุ์ไม้ ทั้งไม้ป่าและพืชเกษตร ที่เหมาะสมต่อสภาพพื้นที่และเป็นที่ต้องการของตลาดจึงเป็นสิ่งสำคัญที่เกษตรกรจะต้องพิจารณาก่อนการตัดสินใจ อย่างไรก็ตาม การปลูกแบบผสมผสานมีข้อได้เปรียบ คือ เกษตรกรสามารถออกแบบระบบได้ตามความเหมาะสมของพื้นที่ เพราะระบบการปลูกพืชแบบผสมผสานนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่หลากหลาย เช่น สภาพดิน ภูมิอากาศ และความลาดชัน เป็นต้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ทศพร วัชรานุกร, ซาโตริ อชิบาชิ, อิวาโอะ โนะดะ, วรพรรณ หิมพานต์, วิโรจน์ ครองกิจศิริ และ ดุสิต กมลพาณิชย์. 2554. ตารางผลผลิตของสวนป่าไม้สักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. โครงการความร่วมมือด้านการวิจัยระหว่างกรมป่าไม้และ JIRCAS. ห้างหุ้นส่วนจำกัด พันธุ์ พับบลิชซิ่ง, กรุงเทพฯ.
- ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, สถานีพัฒนาที่ดินร้อยเอ็ด กรมพัฒนาที่ดิน และองค์การบริหารส่วนตำบลอุดมทรัพย์ อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา. ม.ป.ป. รายงานฉบับสมบูรณ์ การใช้ประโยชน์ไม้โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานทดแทนในการผลิตกระแสไฟฟ้าและแก๊สหุงต้ม เสนอต่ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2556. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- องค์การบริหารส่วนตำบลผานกเค้า อำเภอภูกระดึง จังหวัดเลย. 2555. ภูมิประเทศ. แหล่งที่มา : <http://phanokkhao.go.th/public/location/data/index/menu/24>, 23 ธันวาคม 2559.
- องค์การบริหารส่วนตำบลสระแก้ว อำเภอเมืองกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร. 2552. ลักษณะทางภูมิศาสตร์. แหล่งที่มา : <http://www.sk.go.th/condition.php>, 23 ธันวาคม 2559.
- อรรณพ ศรีสมพันธ์, นิติพงษ์ ส่งศรีโรจน์ และ นริศ สันศิริ. 2559. ต้นทุนผลตอบแทนของการปลูกยางพารา กับพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในจังหวัดมหาสารคาม. แก่นเกษตร 44 (ฉบับพิเศษ 1) : 2559.
- อรอุมา งามศิริ. 2550. การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินของการลงทุนระหว่างปลูกยางพารา กับไม้สัก ในจังหวัดเลย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- Kenny, A.L. 2007. Optimal Land Allocation of Maize, Cassava and Teak for Small Landholders in Southern Togo, West Africa. Master of Science in Forestry Michigan Technological University.
- Noda, I., W. Himmaman., N. Furuya and A. Pusudsavang. 2012. Profitability of combined farm management with teak plantation in Northeast Thailand. JIRCAS WR 74: 82-89.
- Ra, K. and T. Kimsun. 2012. Financial viability of plantations of fast growing tree species in Cambodia. The Technical Working Group on Forestry Reform (TWG-FR). Available Source: <http://twgfr.org/study-report.html>, December 22, 2016.
- Shukla, S.R. and S. Viswanath. 2014. Comparative study on growth, wood quality and financial returns of teak. (*Tectona grandis* L.f.) managed under three different agroforestry practices. Agroforest Syst. 88 (2): 331-341.

การเติบโตและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ 8 ชนิด ในแปลงทดสอบชนิดพันธุ์ไม้
ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

Growth and Aboveground Biomass of Eight Tree Species in Species Trial for
Appropriate Planting in Had Yai District, Songkhla Province

วาทีณี สวนผกา^{1*} และ สมบูรณ์ บุญยีน²
Wathinee Suanpaga^{1*} and Somboon Boonyuan²

¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

² สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: wathinee.s@ku.ac.th

ABSTRACT

This research aimed to determine the suitable tree species for planting in the study area which consisted of a 25-year-old species trial at the Songkhla Silvicultural Research Station containing eight tree species—*Fagraea fragrans* Roxb., *Dalbergia oliveri* Gamble, *Xylia xylocarpa* (Roxb.) Jaub. var. *kerrii* (Craib & Hutch.) Nielsen., *Hopea odorata* Roxb., *Dalbergia cochinchinensis* Pierre., *Dipterocarpus alatus* Roxb. Ex G. Don, *Azadirachta excelsa* (Jack) Jacobs, and *Intsia palembanica* Miq. The results showed that *X. xylocarpa* var. *kerrii* had the greatest survival percentage followed by *H. odorata* and *A. excelsa*, respectively. *A. excelsa* had the greatest Dbh followed by *D. alatus* and *D. cochinchinensis*, respectively. *A. excelsa* had the greatest height followed by *D. cochinchinensis* and *F. fragrans*, respectively. *A. excelsa* had the greatest stem volume followed by *X. xylocarpa* var. *kerrii* and *D. alatus*, respectively. *A. excelsa* had the greatest aboveground biomass followed by *D. alatus* and *X. xylocarpa* var. *kerrii*, respectively. There were highly significant differences ($p < 0.01$) among tree species with regard to Dbh, height, stem volume, and aboveground biomass. Thus, the appropriate tree species for planting in Songkhla province and the surrounding area were *A. excelsa*, *D. alatus*, *X. xylocarpa* var. *kerrii*, and *D. cochinchinensis*.

Keywords: growth, aboveground biomass, species trial

บทคัดย่อ

แปลงทดสอบชนิดพันธุ์ไม้ อายุ 25 ปี ณ สถานีวนวัฒนวิจัยสงขลา ประกอบด้วย ไม้ 8 ชนิด ได้แก่ กันเกรา ชิงชัน แดง ตะเคียนทอง พะยูง ยางนา สะเดาเทียม และหลุมพอ เพื่อหาชนิดไม้ที่มีความเหมาะสม

สำหรับการปลูกในพื้นที่ศึกษา พบว่า แดงมีการรอดตายเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ ตะเคียนทอง และสะเดาเทียม ตามลำดับ สะเดาเทียมมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ ยางนา และพะยูน ตามลำดับ สะเดาเทียมมีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา คือ พะยูน และกันเกรา ตามลำดับ สะเดาเทียมมีปริมาตรลำต้นเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา คือ แดง และยางนา สะเดาเทียมมีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา คือ ยางนา และแดง ตามลำดับ เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูง ปริมาตรลำต้น และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของชนิดไม้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ดังนั้นชนิดไม้ที่เหมาะสมต่อการปลูกในบริเวณจังหวัดสงขลาและพื้นที่ใกล้เคียง คือ สะเดาเทียม ยางนา แดง และพะยูน

คำสำคัญ: การเติบโต มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน การทดสอบชนิดไม้

คำนำ

ในปัจจุบันทรัพยากรธรรมชาติของประเทศไทยนั้นได้ถูกนำมาใช้อย่างไม่มีขีดจำกัดและหมดลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เพื่อตอบสนองความต้องการของประชากรที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะทรัพยากรป่าไม้ที่นับวันจะถูกทำลายมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นเร่งด่วนที่ต้องมีการปลูกป่าเพื่อทดแทนป่าไม้ที่เสียไป ซึ่งอาจทำได้โดยการปลูกสร้างสวนป่า ด้วยการปลูกทั้งแบบสวนป่าเศรษฐกิจและการปลูกเพื่อการอนุรักษ์ เพื่อให้สามารถตอบสนองอย่างเพียงพอและทันต่อความต้องการทั้งทางด้านการอนุรักษ์และการนำมาใช้ประโยชน์ เนื่องจาก การปลูกสวนป่าเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้ระยะเวลานานสำหรับการได้มาซึ่งผลผลิตที่ต้องการตามวัตถุประสงค์ของการปลูก ดังนั้น การเลือกชนิดไม้ที่จะนำมาปลูกสร้างสวนป่านั้น จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก การที่จะตัดสินใจว่าไม้ชนิดใดมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการปลูกสร้างสวนป่า นอกเหนือจากการพิจารณาทางด้านผลตอบแทนแล้ว ยังต้องให้ความสำคัญของความสามารถในการเจริญเติบโตและรอดตาย ตลอดจนผลผลิตต่อพื้นที่ของไม้แต่ละชนิดด้วย ซึ่งข้อมูลต่าง ๆ ดังกล่าวสามารถศึกษาได้จากการทำการทดลอง โดยการทดสอบชนิดพันธุ์ไม้ (species trial)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา และแปลงทดสอบ

สถานีวนวัฒนวิจัยสงขลา ตั้งอยู่ที่หมู่ที่ 1 ตำบลฉลุง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ละติจูดที่ 7 องศา 2 ลิปดาเหนือ และลองจิจูดที่ 100 องศา 18 ลิปดาตะวันออก ในเขตพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าควนเขาวัง ป่าคลองต่อและป่าเทือกเขาแก้ว สูงจากระดับทะเลเฉลี่ยปานกลาง 25 เมตร มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว และมีก้อนลูกรังของศิลาแรงเป็นส่วนใหญ่ จัดเป็นดินต้น ระดับน้ำใต้ดินลึกมาก ดินบนหนาประมาณ 10-15 เซนติเมตร ปฏิภานของดินเป็นกรดจัดมาก ถึงเป็นกรดแก่ มีค่า pH 4.5-5.5 อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 25.74 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 28.61 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,919.89 มิลลิเมตรต่อปี สำหรับแปลงทดสอบชนิดพันธุ์ไม้ นั้น ปลูกในปี พ.ศ. 2532 ประกอบด้วยไม้ 8 ชนิด ได้แก่ กันเกรา ชิงชัน แดง ตะเคียนทอง พะยูน ยางนา สะเดาเทียม และหลุมพอ มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ แปลงมีขนาด 20x20 เมตร แต่ละชนิดไม้มี 3 แปลง ยกเว้น หลุมพอที่มีเพียง 2 แปลง ระยะปลูก 2x2 เมตร กล้าไม้ที่ใช้ทดลองมาจากแหล่งเมล็ดประเภทเขตเก็บเมล็ดของกรมป่าไม้

2. การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

ในแต่ละแปลงจะทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกโดยใช้เทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง และวัดความสูงทั้งหมดโดยใช้เครื่องมือวัดความสูงของต้นไม้ทุกต้นในแปลง ทำการวัดข้อมูลในเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน พ.ศ. 2557 และนำค่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงทั้งหมดมาคำนวณปริมาตรและมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน โดยปริมาตรของต้นไม้ทุกต้นคำนวณจากสมการปริมาตรทรงกรวย ส่วนมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของกันเกรา ชิงชัน และแดง คำนวณจากสมการของ Ogawa *et al.* (1965) ตะเคียนทอง พะยุง สะเดา เทียม และหลุมพอ คำนวณจากสมการของ Tsutsumi *et al.* (1983) ยางนา คำนวณจากสมการของ กันตันทันท์ และ ชิงชัย (2545) และพะยุงคำนวณจากสมการของ วาทีณี (2558) แล้วทำการเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธีของฟิชเชอร์ (Fisher's least significant difference) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลและวิจารณ์

ผลของการศึกษาการทดสอบชนิดพันธุ์ไม้ อายุ 25 ปี ณ สถานีวนวัฒนวิจัยสงขลา แสดงใน Table 1 ซึ่งพบว่า แแดงมีการรอดตายเฉลี่ยมากที่สุด คือ ร้อยละ 50.67 รองลงมาคือ ตะเคียนทอง สะเดาเทียม พะยุง และชิงชัน ตามลำดับ หลุมพอมีการรอดตายน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 8.50 การรอดตายของชนิดไม้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สะเดาเทียมมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยมากที่สุด คือ 22.43 เซนติเมตร รองลงมาคือ ยางนา พะยุง และแดง ตามลำดับ ชิงชันมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 8.36 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของชนิดไม้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) สะเดาเทียมมีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด คือ 18.16 เมตร รองลงมาคือ พะยุง กันเกรา และยางนา ตามลำดับ ชิงชันมีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 6.57 เมตร ความสูงของชนิดไม้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) สะเดาเทียมมีปริมาตรลำต้นเฉลี่ยมากที่สุด คือ 38.57 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ รองลงมาคือ แแดง และยางนา ชิงชันมีปริมาตรลำต้นเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 1.63 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ปริมาตรของชนิดไม้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) สะเดาเทียมมีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยมากที่สุด คือ 45.60 ตันต่อไร่ รองลงมาคือ ยางนา แแดง และพะยุง ตามลำดับ ชิงชันมีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 1.89 ตันต่อไร่ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของชนิดไม้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

แปลงทดสอบชนิดพันธุ์ไม้ 8 ชนิด ณ สถานีวนวัฒนวิจัยสงขลา ซึ่งภายหลังจากการปลูกในปี พ.ศ. 2532 แปลงทดสอบดังกล่าว มีการจัดการเกี่ยวกับการกำจัดวัชพืชในช่วง 1-3 ปีแรกเท่านั้น ผลจากการศึกษาจึงเป็นอิทธิพลมาจากลักษณะทางพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม ซึ่งพบว่าไม้ทุกชนิดรอดตายค่อนข้างน้อย และบางชนิดมีการเติบโตไม่ดี เนื่องจากในแปลงทดลองเป็นบริเวณดินตื้น เนื้อดินเป็นดินเหนียว และมีก้อนลูกรังของศิลาแรงเป็นส่วนใหญ่ และมีสารอาหารน้อย ดังนั้นการปลูกสร้างสวนป่าจำเป็นต้องมีการจัดการอย่างประณีต แต่อย่างไรก็ดีข้อมูลที่ได้จากแปลงทดสอบชนิดพันธุ์ไม้นี้ สามารถใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกไม้ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกที่จังหวัดสงขลาและพื้นที่ใกล้เคียง ดังนี้

Table 1 Growth and yield of eight tree species in species trial at Songkhla silvicultural research station.

Species	Density (trees rai^{-1})	Survival (%)	Diameter at breast height (cm)	Volume ($\text{m}^3 \text{rai}^{-1}$)	Aboveground Biomass (t rai^{-1})
Ae ^{1/}	128	32.00 ^{abcde} ±7.00 ^{10/}	22.43 ^{abcd} ±1.10	38.57 ^{ab} ±4.12	45.6 ^a ±5.13
Da ^{2/}	118.67	29.67 ^{abcde} ±6.51	21.99 ^{abcde} ±3.07	32.02 ^{abc} ±15.32	44.68 ^a ±18.43
Dc ^{3/}	118.67	29.67 ^{abcde} ±7.77	19.78 ^{abcde} ±3.99	26.64 ^{bc} ±4.49	35.9 ^a ±6.12
Do ^{4/}	92	23.00 ^{bcde} ±5.57	8.36 ^h ±0.76	1.63 ^{de} ±0.59	1.89 ^b ±0.67
Ff ^{5/}	97.33	24.33 ^{bcde} ±9.45	17.13 ^{bcdefg} ±2.81	17.18 ^{bcd} ±5.77	17.75 ^b ±5.93
Ho ^{6/}	176	44.00 ^{bcde} ±29.51	13.50 ^{defg} ±1.99	10.49 ^{cde} ±7.91	14.06 ^b ±10.50
Ib ^{7/}	34	8.50 ^{cde} ±0.71	15.41 ^{cdefg} ±1.97	3.27 ^{cde} ±1.94	4.23 ^b ±2.34
Xx ^{8/}	202.67	50.67 ^{abc} ±7.57	18.28 ^{abcdefg} ±4.27	36.92 ^{abc} ±13.23	36.99 ^a ±12.40
Average	124.7	31.17±15.69	17.18±5.11	21.60±15.60	26.04±18.57
F ^{9/}		2.69 ^{ns}	8.27 ^{**}	8.39 ^{**}	9.38 ^{**}

^{1/} *Azadirachta excelsa* (Jack) Jacobs, ^{2/} *Dipterocarpus alatus* Roxb. Ex G.Don, ^{3/} *Dalbergia cochinchinensis* Pierre., ^{4/} *Dalbergia oliveri* Gamble, ^{5/} *Fagraea fragrans* Roxb., ^{6/} *Hopea odorata* Roxb., ^{7/} *Intsia palembanica* Miq., ^{8/} *Xylia xylocarpa* (Roxb.) Jaub. var. *kerrii* (Craib & Hutch.), ^{9/} F-value from ANOVA, ^{10/} Means within a column under each factor, means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by LSD ± standard deviation, ^{ns} Not significant, ^{**} Significant at $p \leq 0.01$.

สะเดาเทียมเป็นพันธุ์ไม้พื้นถิ่นโตเร็วของภาคใต้ที่มีความเพิ่มพูนทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกอยู่ระหว่าง 2-3 เซนติเมตรต่อปี (พงศ์ธร และคณะ, 2535; วรณलग, 2536; จารุชาติ และ วารินทร์, 2547) โดยเฉพาะในช่วง 10 ปีแรก ค่อนข้างจะโตเร็ว (สมิต และคณะ, 2536) จะเห็นได้ว่า ค่าความเพิ่มพูนทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกดังกล่าวมีค่ามากกว่าค่าความเพิ่มพูนทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของสะเดาเทียมในแปลงทดสอบชนิดพันธุ์ไม้ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสงขลา (0.90 เซนติเมตรต่อปี) เนื่องจากแปลงทดสอบชนิดพันธุ์ไม้ไม่ได้มีการจัดการอย่างประณีตโดยเฉพาะการตัดขยายระยะ ดังนั้นสะเดาเทียมจึงมีความเหมาะสมมากสำหรับการปลูกที่จังหวัดสงขลาและพื้นที่ใกล้เคียง โดย ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน (2553) แนะนำว่า การปลูกไม้สะเดาเทียมเชิงพาณิชย์ควรใช้ระยะปลูกเริ่มแรก 2x2 เมตร และตัดขยายระยะออกทุก 5 หรือ 6 ปี เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงทั้งในระยะสั้นและระยะยาว โดยรอบการตัดฟันของไม้สะเดาเทียมเชิงพาณิชย์ประมาณ 10-15 ปี

ยางนาเป็นพรรณไม้พื้นถิ่นที่ชอบขึ้นเป็นกลุ่มตามที่ราบชายลำธารในป่าดิบทั่วประเทศ ยางนามีการเติบโตที่แปรผันไปตามปัจจัยต่างๆ พบว่า ยางนาที่สถานีวนวัฒนวิจัยสงขลามีความเพิ่มพูนทางความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (0.59 เมตรต่อปี และ 0.88 เซนติเมตรต่อปี) น้อยกว่ายางนาที่สถานีวนวัฒนวิจัยในช่อง จังหวัดกระบี่ อายุ 21-23 ปี ระยะปลูก 4x4 เมตร มีความเพิ่มพูนทางความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 0.77-0.86 เมตรต่อปี และ 1.06-1.22 เซนติเมตรต่อปี และที่สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานี อายุ 13-17 ปี ระยะปลูก 4x2 เมตร มีความเพิ่มพูนทางความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 1.24-

1.64 เมตรต่อปี และ 0.94-1.18 เซนติเมตรต่อปี (อุซารัตน์, 2556) ดังนั้นยางนาจึงมีความเหมาะสมมากสำหรับการปลูกที่จังหวัดสงขลาและพื้นที่ใกล้เคียง และถ้าปลูกด้วยระยะ 2x2 เมตร ควรมีการตัดขยายระยะเมื่อยางนามีอัตราการเติบโตที่ลดลง

พะยูนจะพบในป่าเบญจพรรณชื้นและป่าดิบแล้งทางภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่จากการทดสอบชนิดพันธุ์ไม้ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสงขลา พบว่า พะยูนมีความเพิ่มพูนทางความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (0.79 เมตรต่อปี และ 0.69 เซนติเมตรต่อปี) ซึ่งมีค่าการเติบโตใกล้เคียงกับพะยูน อายุ 32 ปี ที่สวนป่าท่ากุ่มโนโบรูเมเด จังหวัดตราด ระยะปลูก 4x4 เมตร (0.74 เมตรต่อปี และ 0.82 เซนติเมตรต่อปี) (วาทีณี, 2558) แสดงให้เห็นว่า แม้พะยูนจะไม่ใช่นพันธุ์ไม้ที่มีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติในเขตภาคใต้ แต่พะยูนมีความเหมาะสมมากสำหรับการปลูกที่จังหวัดสงขลาและพื้นที่ใกล้เคียง

ตะเคียนทองเป็นไม้ในป่าดงดิบทั่วประเทศ จากการทดสอบชนิดพันธุ์ไม้ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสงขลา พบว่า ตะเคียนทองมีความเพิ่มพูนทางความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (0.59 เมตรต่อปี และ 0.69 เซนติเมตรต่อปี) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าตะเคียนทอง อายุ 5 ปี ในแปลงทดลองไม้วงศ์ยางใต้ร่มเงาระดับต่างๆ ที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยมุด จังหวัดสุราษฎร์ธานี (1.22 เมตรต่อปี และ 1.35 เซนติเมตรต่อปี) (บรรดิษฐ์, ม.ป.ป.) เนื่องจากแปลงที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีการดูแลอย่างประณีตโดยเฉพาะการกำจัดวัชพืช ดังนั้นตะเคียนทองจึงมีความเหมาะสมปานกลางสำหรับการปลูกที่จังหวัดสงขลาและพื้นที่ใกล้เคียง

หลุมพอมักพบกระจายอยู่เป็นกลุ่มๆ บนพื้นที่ที่มีความชุ่มชื้นสูง ตามป่าดิบชื้นทางภาคใต้และภาคตะวันออก และจำเป็นต้องมีร่มเงาให้แก่กล้าไม้ในระยะแรกเพื่อการตั้งตัว จากการทดลองปลูกหลุมพอร่วมกับตะเคียนทองใต้ร่มเงาของป่าธรรมชาติในลักษณะการปลูกเสริมป่าในปี พ.ศ. 2510 ที่สถานีวนกรรมเขาช่อง จังหวัดตรัง หลังจากปลูกแล้วปล่อยให้อยู่ในสภาพธรรมชาติ เมื่อมีอายุประมาณ 25 ปี ปรากฏว่าตะเคียนทองมีการเติบโตสูงกว่าหลุมพอเล็กน้อย และหลุมพอมีการเติบโตดี การเติบโตของหลุมพอที่ปลูกไว้มีการเติบโตต่ำกว่าในบริเวณที่มีร่มเงาแน่น และจากการวัดการเติบโตของหลุมพอแปลงนี้ พบว่า มีความเพิ่มพูนทางความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (0.82 เมตรต่อปี และ 0.96 เซนติเมตรต่อปี) และหลุมพอส่วนมากมีลักษณะลำต้นเปลาตรงสวยงาม (บรรดิษฐ์ และ สุทธิ, 2536) ซึ่งมีค่าการเติบโตมากกว่าหลุมพอในแปลงทดสอบชนิดพันธุ์ไม้ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสงขลา (0.51 เมตรต่อปี และ 0.62 เซนติเมตรต่อปี) ดังนั้นหลุมพอจึงมีความเหมาะสมปานกลางสำหรับการปลูกที่จังหวัดสงขลาและพื้นที่ใกล้เคียง และควรมีการให้ร่มเงาแก่กล้าไม้ในระยะแรกเพื่อการตั้งตัว

กันเกราสามารถขึ้นทั่วไปในทุกภาคของประเทศไทยบริเวณป่าเบญจพรรณและตามที่ใกล้แหล่งน้ำ จากการทดสอบชนิดพันธุ์ไม้ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสงขลา พบว่า กันเกรามีความเพิ่มพูนทางความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (0.59 เมตรต่อปี และ 0.69 เซนติเมตรต่อปี) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าความเพิ่มพูนทางความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของกันเกรา อายุ 4 ปี ระยะปลูก 4x2 เมตร ที่สวนป่าทรายทอง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (0.74 เมตรต่อปี และ 0.65 เซนติเมตรต่อปี) (ทวีสุข และ พรศักดิ์, 2547) ดังนั้นกันเกราจึงมีความเหมาะสมปานกลางสำหรับการปลูกที่จังหวัดสงขลาและพื้นที่ใกล้เคียง

แดงและชิงชันแม้ว่าจะขึ้นอยู่ในป่าประเภทผลัดใบ ทั้งในป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง แต่จากการทดสอบชนิดพันธุ์ไม้ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสงขลา พบว่า แดงมีการรอดตาย และการเติบโตที่ดี (ร้อยละ 50.67, 0.55 เมตรต่อปี และ 0.73 เซนติเมตรต่อปี) ซึ่งตรงกันข้ามกับชิงชันที่มีการรอดตายและการเติบโตไม่ดี (ร้อยละ 23.00, 0.26 เมตรต่อปี และ 0.34 เซนติเมตรต่อปี) แสดงให้เห็นว่า แดงมีความเหมาะสมมากที่สุดที่จะปลูกที่จังหวัดสงขลาและพื้นที่ใกล้เคียง ส่วนชิงชันมีความเหมาะสมน้อยมากที่จะปลูกในจังหวัดสงขลาและพื้นที่ใกล้เคียง

สรุปและข้อเสนอแนะ

การทดสอบชนิดพันธุ์ไม้ อายุ 25 ปี ณ สถานีวนวัฒนวิจัยสงขลา ซึ่งประกอบด้วย กันเกรา ชิงชัน แดง ตะเคียนทอง พะยูง ยางนา สะเดาเทียม และหลุมพอ พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูง ปริมาตรลำต้น และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของชนิดไม้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ชนิดไม้ที่เหมาะสมต่อการปลูกในบริเวณจังหวัดสงขลาและพื้นที่ใกล้เคียง คือ สะเดาเทียม ยางนา แดง และพะยูง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนางสาวกัลยากร พุฒชู ที่ช่วยเหลือการเก็บข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กันตินันท์ ผิวสอาด และ ชิงชัย วิริยะบัญชา. 2545. การเจริญเติบโต ผลผลิต และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของ ไม้ยางนา อายุ 19 ปี, น. 82-100. ใน รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 7 วนวัฒนวิทยา เพื่อพัฒนาสวนป่าเศรษฐกิจ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จารุชาติ ปราชญ์นคร และ วารินทร์ จิระสุขทวีกุล. 2547. การเจริญเติบโตและผลผลิตของไม้สะเดาเทียม อำเภอฟิปูน จังหวัดนครศรีธรรมราช. กลุ่มวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยาน แห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- ทวีสุข สิทธิกร และ พรศักดิ์ มีแก้ว. 2547. การเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของไม้กันเกรา อายุ 4 ปี. วารสารวนศาสตร์ 23 : 134-143.
- บรรดิษฐ์ หงส์ทอง. ม.ป.ป. การเจริญเติบโตของไม้วงศ์ไมยาง 6 ชนิด ใต้ร่มเงาระดับต่างๆ. ส่วนวนวัฒน วิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- _____ และ สุทธิ มโนธรรมพิทักษ์. 2536. ไม้หลุมพอ, น. 179-183. ใน เอกสารส่งเสริมการปลูกป่า. โรง พิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
- พงศ์ธร บรรณโคภิชฐ์, ธีระศักดิ์ วิรัตน์เสรีกุล และ สุรฉัตร ชลารัตน์. 2535. รายงานการสำรวจข้อมูลไม้ เทียม. ฝ่ายปลูกสร้างและบำรุงป่า สำนักงานป่าไม้เขตนครศรีธรรมราช, นครศรีธรรมราช.
- วรรณลาภ โพธิชัย. 2536. สะเดาช้าง. ศูนย์ส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าสุราษฎร์ธานี, สุราษฎร์ธานี.
- วาทีณี สอนผกา. 2558. การเติบโตและผลผลิตของไม้พะยูงที่ปลูกแบบเชิงเดี่ยวและเชิงผสม ในสวนป่าท่ากุ่มโน โบรูอูเมตะ จังหวัดตราด, น. 138-144. ใน ผลงานวิชาการป่าไม้ การประชุมการป่าไม้ ประจำปี พ.ศ. 2558. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สมิต บุญเสริมสุข, ไพโรจน์ ชัยเลิศพงษา และ สุทัศน์ จุงพวงศ์. 2536. ไม้เทียม, น. 198-215. ใน เอกสาร ส่งเสริมการปลูกป่า. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
- ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน. 2553. สะเดาเทียม. สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- อุษารัตน์ เทียนไชย. 2556. สถานภาพปัจจุบันและแนวทางการจัดการของการอนุรักษ์พันธุ์กรรมนอกถิ่น กำเนิดไม้ยางนาของกรมป่าไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogino and T. Kira. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. II. Plant Biomass. **Nature and Life in Southeast Asia** 4: 49-80.
- Tsutsumi, T., K. Yoda, P. Sahunalu, P. Dhanmanonda and B. Prachaiyo. 1983. Forest: Felling, burning and regeneration. *In* K. Kyuma and C. Pairintra, eds. **Shifting Cultivation**. Tokyo.

การศึกษาเบื้องต้นของการเชื่อมต่อท่อลำเลียงน้ำและอาหารในต้นสักถูกกาน

Preliminary study on bridge grafting of girdled teak (*Tectona grandis* L.f.)

สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล^{1*}
Saroj Wattanasusakul^{1*}

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: Tic2508@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this study was to determine a suitable method for rescuing girdled Teak in the Mae Yuam Fang Sauy National Forest, Pang Ma Pa, Mae Hong Son province. In 2014, six teak trees were partially girdled but remained alive. Bridge grafting was applied by using teak branches 1.5–2.0 cm in diameter as bridges across the damaged area. The bridges were fixed by small nails and the joints were sealed with oil-clay and covered with a rubber sheet to retain moisture and then the whole sets were covered with 50% shading net to reduce the exposure to sunlight. After three months, the four girdled trees had developed new tissue to cover the bridged area. It is suggested that the success of grafting depend on five factors: 1) period after girdling, 2) depth and width of the wounds, 3) age of the girdled tree, 4) appropriateness of teak branches, and 5) skill of the grafter.

Keywords: teak, bridge grafting, girdling

บทคัดย่อ

การศึกษากการต่อท่อลำเลียงน้ำและอาหารของต้นสัก มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการปฏิบัติในการช่วยชีวิตต้นสักที่ถูกกานให้สามารถมีชีวิตต่อไปได้โดยดำเนินการศึกษาทดลองในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าแม่ยมฝั่งซ้าย อำเภอบางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ในปี พ.ศ. 2557 ซึ่งมีต้นสักธรรมชาติถูกกานและมีบางส่วนที่ยังคงมีชีวิต จำนวน 6 ต้น ได้ทำการทดลองช่วยเหลือต้นสักที่ยังมีชีวิตเหล่านี้ด้วยการเชื่อมต่อท่อลำเลียงน้ำและอาหารแบบสะพาน (bridge grafting) โดยใช้กิ่งสักที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5–2.0 เซนติเมตร เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างรอยแผลที่ถูกกาน ยึดปลายทั้งสองด้านด้วยตะปูเข็มอุดรอยเชื่อมต่อด้วยดินน้ำมันและปิดทับด้วยแผ่นกาวยางเพื่อรักษาความชื้นแล้วป้องกันแสงแดดด้วยตาข่ายพรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อผ่านไป 3 เดือน พบว่าสามารถเชื่อมต่อได้ 4 ต้น ซึ่งคาดว่าความสำเร็จจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ 5 ประการ คือ 1) ระยะเวลาหลังจากต้นสักถูกกาน 2) ความลึกและความกว้างของ

รอยแผลที่ถูกกาน 3) อายุของต้นสัก 4) ความเหมาะสมของกิ่งสักที่นำมาใช้เป็นสะพานเชื่อมต่อ และ 5) ความสะอาด ความประณีตและความชำนาญในการปฏิบัติ

คำสำคัญ: สัก การเชื่อมต่อท่อลำเลียงน้ำและอาหาร การกาน

คำนำ

ทั่วไปไม้ยืนต้นทั้งหลายมีระบบลำเลียงน้ำและอาหารแยกออกจากกัน (เรณู, ม.ป.ป.) โดยทั่วไประบบลำเลียงของพืชมีหลักการทำงานอยู่ 2 ประการ คือ 1) ลำเลียงน้ำและแร่ธาตุที่รากดูดขึ้นมาผ่านทางท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ (xylem) โดยลำเลียงจากรากขึ้นไปสู่ใบ เพื่อนำน้ำและแร่ธาตุเหล่านั้นไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง 2) ลำเลียงอาหาร (น้ำตาลกลูโคส) ที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงผ่านทางท่อลำเลียงอาหาร (phloem) จากใบไปสู่ส่วนต่างๆ ของพืช ทั้งกิ่ง ใบ ลำต้น ราก เพื่อใช้ในการสร้างพลังงานของพืช น้ำและแร่ธาตุที่รากดูดขึ้นมาจากพื้นดินส่งผ่านไปยังลำต้นส่วนบนซึ่งได้แก่กิ่งก้าน และใบไม้ นั้น จะเดินทางผ่านทางท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ ซึ่งเชื่อมต่อกันทุกส่วนของพืช ตั้งแต่ปลายยอดของกิ่งแต่ละกิ่งผ่านลำต้นไปถึงปลายราก ซึ่งท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุที่อยู่ในส่วนของลำต้นได้แก่ส่วนที่เราเรียกว่า "เนื้อไม้" เมื่อรากส่งน้ำและสารอาหารไปยังใบ ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำ แร่ธาตุต่างๆ เป็นอาหาร (น้ำตาลกลูโคส) โดยกระบวนการสังเคราะห์แสง แล้วอาหารที่สร้างขึ้นเหล่านี้จะส่งไปเลี้ยงยังส่วนต่างๆ ของพืชโดย การเคลื่อนที่ไปตามท่อลำเลียงอาหาร โดยส่วนของท่ออาหารที่ปรากฏให้เห็นในส่วนของลำต้นก็คือ "ส่วนในของเปลือกไม้" บริเวณเนื้อเยื่อเจริญ ดังนั้น การสับต้น คั่นต้น หรือใช้ลวดรัด เป็นการสร้างอุปสรรคหรือขัดขวางการเคลื่อนที่ของอาหารที่ส่งจากเรือนยอดลงไปยังราก ผลที่ตามมาจะเกิดขึ้น 2 อย่างคือ เกิดการสะสมอาหารในส่วนบนของต้นเหนือรอยสับ รอยคั่นหรือรอยลวดรัด และในขณะเดียวกันจะทำให้รากขาดอาหาร ส่งผลให้รากอ่อนแอ ความสามารถในการดูดน้ำและแร่ธาตุน้อยลง ต้นไม้ก็จะเกิดอาการขาดน้ำและสารอาหารและในที่สุดก็เหี่ยวยืนต้นตาย

1. การกานไม้

การกานไม้ คือ การทำให้ต้นไม้ยืนต้นตายเพื่อให้ต้นไม้แห้งและมีน้ำหนักเบา เหมาะสำหรับการขนส่งและการใช้ประโยชน์เนื้อไม้ วิธีการกานไม้โดยใช้มีดหรือขวานฟันเปลือกรอบลำต้นให้เป็นแถบกว้างลึกบางที่อาจลึกเข้าไปถึงเนื้อไม้ ซึ่งในชั้นเปลือกไม้จะประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญของเปลือก (cork cambium) ท่อลำเลียงอาหาร เนื้อเยื่อเจริญของท่อน้ำและท่ออาหาร ชั้นเนื้อไม้ประกอบด้วยท่อลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ การกานไม้มักจะกานต้นไม้มทั้งไว้ประมาณ 1 ปี ซึ่งจะทำให้ไม้นั้นตาย ซึ่งเรียกว่า ไม้ยืนตาย มักพบในไม้สักโดยการสับต้น เป็นการสร้างอุปสรรคหรือขัดขวางการเคลื่อนที่ของอาหารที่ส่งจากเรือนยอดลงไปยังราก ผลที่ตามมาจะเกิดขึ้น 2 อย่าง คือ เกิดการสะสมอาหารในส่วนบนของต้นเหนือรอยสับ และในขณะเดียวกันจะทำให้รากขาดอาหาร ส่งผลให้รากอ่อนแอ ความสามารถในการดูดน้ำและแร่ธาตุน้อยลง ต้นไม้ก็จะเกิดอาการขาดน้ำและธาตุอาหาร และตายลงในที่สุด

2. การเชื่อมต่อท่อลำเลียงน้ำและท่อลำเลียงอาหาร

การเชื่อมต่อท่อลำเลียงน้ำ และท่อลำเลียงอาหารของต้นไม้ ในประเทศไทยไม่ค่อยพบบ่อยมากนัก ไม่เหมือนกับในต่างประเทศที่มีการดำเนินการมาหลายทศวรรษ เพื่อช่วยให้ต้นไม้ โดยเฉพาะไม้ผลที่ถูกสัตว์

จำพวกกระรอกกัดแทะเล็มทำลายต้นไม้ ทำให้ท่อลำเลียงน้ำและอาหารถูกตัดขาดจากกัน ส่งผลให้การลำเลียงน้ำและอาหารไม่สามารถดำเนินไปได้ตามปกติ ถ้าท่อลำเลียงน้ำและอาหารถูกตัดขาดโดยรอบลำต้น ก็จะส่งผลให้ต้นไม้เหล่านี้ตายไปในที่สุด สำหรับในประเทศไทยนั้นมักจะพบการตัดท่อลำเลียงน้ำและอาหารในไม้ป่าเศรษฐกิจเป็นส่วนใหญ่ เช่นไม้สัก โดยใช้วิธีการกานให้ยืนต้นตาย (Figure 1) เพื่อลดน้ำหนักของท่อนไม้ในการขนส่งออกจากป่า และป้องกันไม่ให้ไม้แตกเสียหายขณะตัดโค่น



Figure 1 Girdled teak.

การเชื่อมต่อท่อลำเลียงน้ำและอาหารของต้นไม้ โดยทั่วไปนิยมใช้การเชื่อมต่อแบบสะพาน (bridge grafting) ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการเสียบยอดแบบเปิดเปลือก (bark grafting) จะต่างกันตรงที่ bridge grafting จะทำทั้งสองด้าน คร่อมรอยกานหรือรอยแผลที่ถูกทำลาย และไม่ตัดยอดหรือลำต้น ส่วน bark grafting ทำด้านเดียวโดยตัดยอดหรือลำต้นของต้นตอ (stock) ที่ การทำ bridge grafting นั้นจะต้องใช้กิ่งของไม้ชนิดเดียวกันมาเป็นสะพานเชื่อมต่อเพื่อทำหน้าที่เป็นท่อสำหรับให้น้ำ แร่ธาตุและอาหารผ่านข้ามช่วงที่ถูกตัดขาดออกจากกัน (Figure 2)

การศึกษาการเชื่อมต่อท่อลำเลียงน้ำและอาหารในต้นสักถูกกาน ได้ดำเนินการที่ ป่าสงวนแห่งชาติป่าแม่ยมฝั่งซ้าย บริเวณห้วยแม่ละเกะตำบลแมก อำเภอบางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ในปี 2557 ซึ่งมีต้นสักธรรมชาติถูกกานและมีบางส่วนที่ยังคงมีชีวิต จำนวน 6 ต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยชีวิตต้นสักที่ถูกกานให้มีชีวิตรอดและสืบต่อพันธุ์ได้

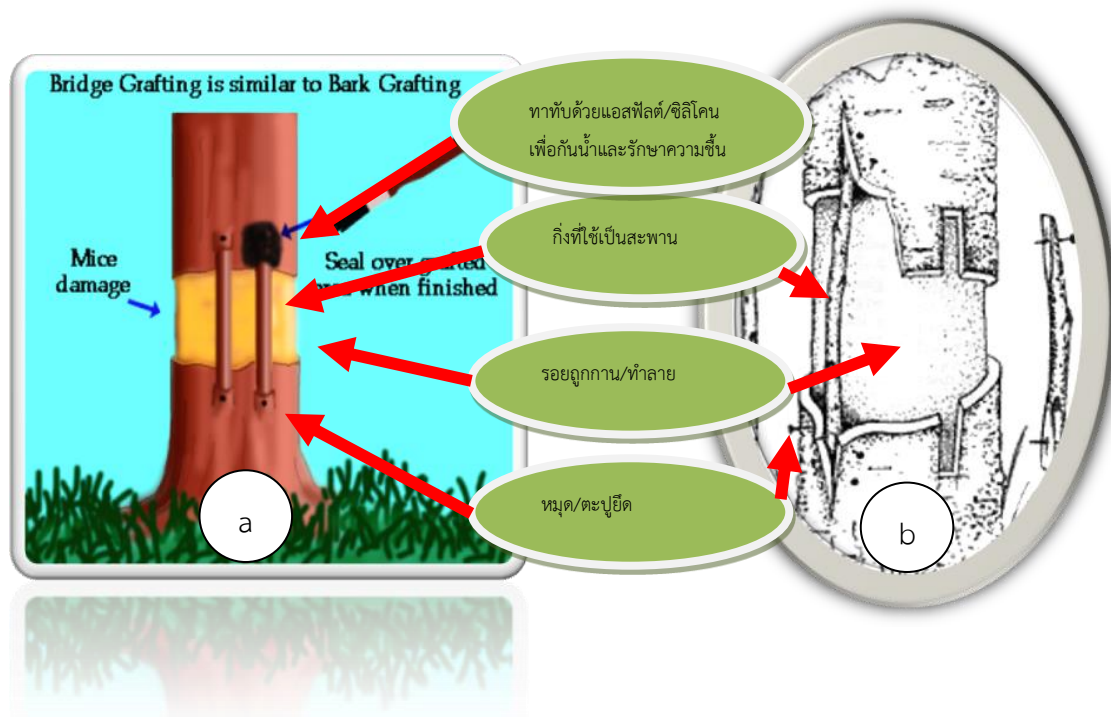


Figure 2 An (a) and (b) bridge grafting.

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์และการดำเนินการเชื่อมต่อท่อลำเลียงน้ำและอาหารของต้นไม้

การเชื่อมต่อท่อลำเลียงน้ำและอาหาร ต้องเตรียมอุปกรณ์และวัสดุ ประกอบด้วย

- 1) กรรไกรตัดกิ่ง
- 2) ขวาน
- 3) มีดหรือคัตเตอร์ สำหรับปาดกิ่ง
- 4) สีส้นขนาดเล็ก และขนาดใหญ่
- 5) แมกซ์อิงกระดาดตัวใหญ่
- 6) ดินน้ำมัน
- 7) แผ่นป้ายชื่อ
- 8) ตะปูเข็ม
- 9) ตาข่ายพรางแสง
- 10) พลาสติกใส
- 11) แผ่นกาวยางปิดรอยต่อกระเบื้อง

2. ขั้นตอนการเชื่อมต่อท่อลำเลียงน้ำและอาหารของต้นไม้

สามารถแบ่งออกได้ 5 ขั้นตอน ได้แก่

1) การตัดแต่งรอยแผลและเปิดเปลือกด้านบนและด้านล่างของรอยกานในแนวเดียวกัน ขนาดความกว้างประมาณ 2-2.5 เซนติเมตร (ขึ้นอยู่กับขนาดของกิ่งที่จะนำมาใช้เป็นสะพานเชื่อมต่อ) ยาว ด้านละ 5-6 เซนติเมตร

2) คัดเลือกกิ่งอายุประมาณ 2 ปี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5-2 เซนติเมตร ความยาว เท่ากับความกว้างของรอยแผลที่ถูกกานหรือถูกทำลายและเผื่อไว้สำหรับทาบกับส่วนของลำต้นที่เปิดเปลือก ทั้งด้านบนและด้านล่างประมาณ 10-12 เซนติเมตร แล้วปาดเปลือกส่วนปลายกิ่งทั้งสองด้านจนถึงเนื้อไม้ ด้านละ 5-6 เซนติเมตร นำกิ่งที่ปาดปลายแล้วไปทาบกับบริเวณที่เปิดเปลือกทั้งด้านบนและล่าง โดยให้รอย ปาดอยู่แนบชิดกับต้นไม้ และให้เนื้อเยื่อเจริญของต้นไม้กับของกิ่งที่ใช้เป็นสะพานเชื่อมสัมผัสกันมากที่สุด เท่าที่จะทำได้และยึดติดกันด้วยตะปูเข็ม

3) ปิดรอยเชื่อมต่อระหว่างลำต้นกับกิ่งที่ทำเป็นสะพานด้วยพริ้นท์โคท หรือใช้ดินน้ำมัน เพื่อรักษาความชื้นของรอยต่อ และกันน้ำเข้า ตลอดจนป้องกันมดเข้าไปทำลายและทำรัง

4) ปิดทับรอยเชื่อมต่อด้วยแผ่นกาวยางปิดรอยต่อกระเบื้องอีกหนึ่งชั้น เพื่อกันความร้อน ไม่ให้ไปกระทบต่อดินน้ำมันที่ปิดรอยเชื่อมต่อชั้นใน (Figure 3 a)

5) ชั้นนอกสุด พรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสง ร้อยละ 50 เพื่อกันแดดและลม (Figure 3b)



Figure 3 Cover the joint with rubber sheet (a) and cover the whole set with 50% shading net (b).

ผลและวิจารณ์

หลังจากการทดลองเชื่อมต่อท่อลำเลียงน้ำและอาหารของต้นไม้สักที่ถูกกานจำนวน 6 ต้น ด้วยวิธีการ bridge grafting ผ่านไป 3 เดือน พบว่า เนื้อเยื่อตรงรอยเชื่อมต่อระหว่างกิ่งที่ใช้เป็นสะพานกับส่วนของรอยกานทั้งด้านบนและด้านล่างสามารถพัฒนาเชื่อมต่อกันได้ จำนวน 4 ต้น คิดเป็นร้อยละ 66.67 และเมื่อเวลาผ่านไป 6 เดือน กิ่งที่ใช้เป็นสะพานมีการพัฒนาโตขึ้นอย่างเห็นได้เด่นชัด แสดงว่ามีการลำเลียงอาหารจากส่วนบนผ่านสะพานเชื่อมต่อลงมาสู่รากได้ ทำให้รากได้รับอาหารและทำหน้าที่ต่อไปได้ ส่งผลให้ต้นสักที่ถูกกานมีชีวิตรอดอยู่ได้ (Figure 4 (a) and (b)) ซึ่งต้องมีการติดตามผลการพัฒนาของรอยเชื่อมต่อและการเติบโตของต้นสักถูกกานต่อไป

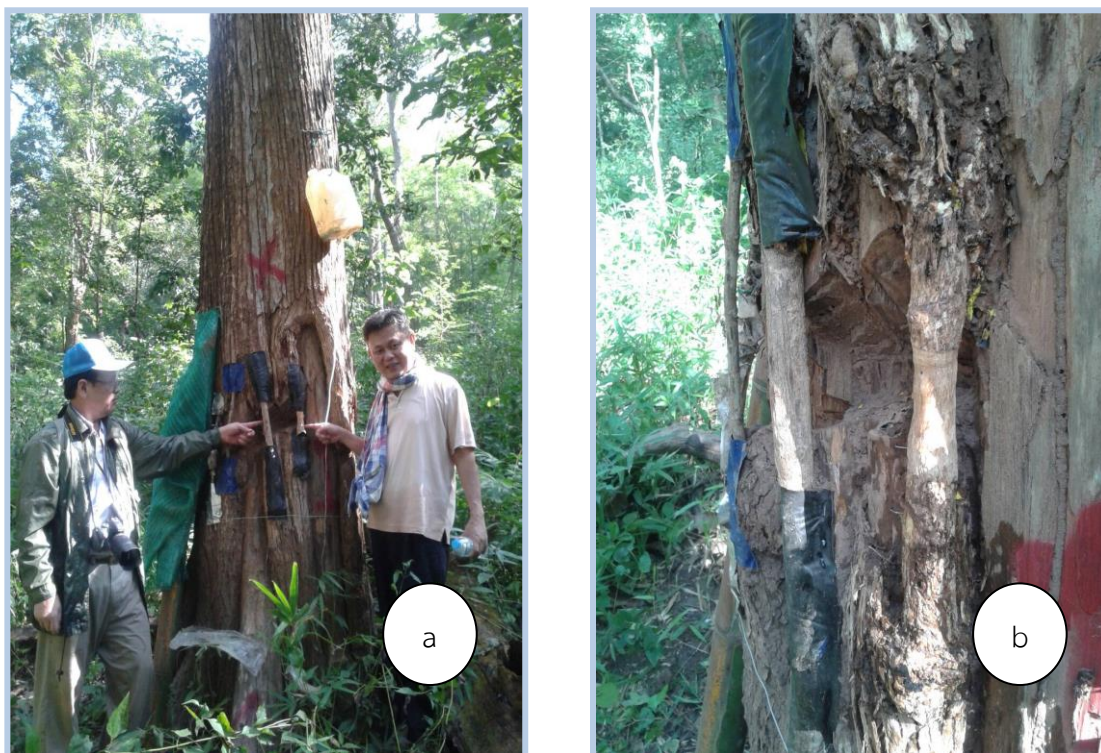


Figure 4 The success of teak bridge grafting (a) and (b) after six month grafted.

สรุปและข้อเสนอแนะ

1. การเชื่อมต่อท่อลำเลียงน้ำท่อลำเลียงอาหาร แบบ bridge grafting สามารถช่วยเหลือน้ำที่ถูกกานให้มีชีวิตรอดสืบต่อพันธุ์ต่อไปได้
2. ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อความสำเร็จในการเชื่อมต่อท่อลำเลียงน้ำและอาหารของต้นไม้
 - 1) ระยะเวลาหลังจากการกานไม้
 - 2) ความลึก และความกว้างของรอยกาน
 - 3) อายุของต้นไม้ที่ถูกกาน
 - 4) ความเหมาะสมของกิ่งที่นำมาเชื่อมต่อหรือใช้เป็นสะพาน
 - 5) ความสะอาด ความประณีตและความชำนาญในการดำเนินการ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เรณู ศรสำราญ. ม.ป.ป. โครงสร้างและหน้าที่ในการลำเลียงน้ำและอาหารของพืช. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรจน์ ประสานมิตร. แหล่งที่มา: http://secondsci.ipst.ac.th/index.php?option=com_content&view=article&id=142:20110101&catid=19:2009-05-04-05-01-56&Itemid=34, 5 เม.ย. 59.

การศึกษาวิธีการควบคุมความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการตัดชำไม้เคี่ยมและไม้ยางนา

The Study of the Suitable Humidity Control for Cuttings of
Cotylelobium lanceolatum Craib and *Dipterocarpus alatus* Roxb.

อดิศร คงคิด^{1*} และ วรัญญ ราชภูริเจริญ¹
Adisorn Kongkid^{1*} and Waranyu Ratcharoen¹

¹ สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานี อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000

¹ Surat Thani Silvicultural Research Station, Mueang District, Surat Thani Province 84000

* Corresponding author; E-mail address: kongkid89@gmail.com

ABSTRACT

Cotylelobium lanceolatum Craib (Cl) and *Dipterocarpus alatus* Roxb (Da) were studied at the Surat Thani Silvicultural Research Station in Surat Thani to determine suitable humidity control for Cl and Da cuttings. The humidity control consisted of three systems: 1) plastic bag closed system with a single pouring, 2) plastic cover with inside pouring 3) plastic cover with outside pouring. The six experiments were set up using a completely randomized design with three replications. The growth rate at eight months after transplanting was measured.

The results revealed that the survival rates using all three systems were significant, with system 3 having the highest survival rate for Cl (51.36%) and for Da (22.21%), followed by system 2 (43.02% and 6.99%, respectively), and system 1 (22.25% and 5.58%, respectively). Two months after transplanting, the Cl and Da cuttings had 90.79% and 82.61% survival rates, respectively and both species were ca. 0.5 cm higher. After eight months, the survival rate for the Cl cuttings was 69.74% and for the Da cuttings was 8.70%, with both having an average diameter of 0.1 cm and heights of 3.14 cm and 2.01 cm, respectively

Keywords: humidity control, vegetative propagation, cuttings, *Cotylelobium lanceolatum* Craib, *Dipterocarpus alatus* Roxb., Surat Thani

บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีการควบคุมความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการตัดชำไม้เคี่ยมและไม้ยางนา ณ สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี ดำเนินการเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยวิธีการตัดชำ และรูปแบบสภาวะวิธีการควบคุมความชื้นที่เหมาะสมต่ออัตราการรอดตายของกิ่งพันธุ์ไม้เนื้อแข็งในวงศ์ไม้ยาง 2 ชนิด คือ ไม้เคี่ยม และไม้ยางนา โดยใช้รูปแบบวิธีการควบคุมความชื้น 3 วิธี คือ 1) ตัดชำภายในถุงพลาสติกใสโดยให้น้ำครั้งเดียว 2) ตัดชำภายในกระโจมคลุมด้วยพลาสติกใสและให้น้ำ

ภายใน 3) และตัดชำภายในกระโจมคลุมด้วยพลาสติกใสและให้น้ำภายนอก โดยใช้การทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แบ่งเป็น 3 ซ้ำ ใน 6 การทดลอง แล้วศึกษาการอัตราการเจริญเติบโตหลังจากย้ายกิ่งตัดชำลงดินเมื่อระยะเวลา 8 เดือน

ผลการศึกษาพบว่า กิ่งไม้เคี่ยมและกิ่งไม้ยางนาที่ตัดชำภายในกระโจมคลุมด้วยพลาสติกใสและให้น้ำภายนอกมีอัตราการรอดตายของกิ่งพันธุ์สูงที่สุด อัตราการรอดตายของกิ่งไม้เคี่ยมและกิ่งไม้ยางนา คิดเป็นร้อยละ 51.36 และร้อยละ 22.21 โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือ กิ่งไม้เคี่ยมและกิ่งไม้ยางนาที่ตัดชำภายในกระโจมคลุมด้วยพลาสติกใสและให้น้ำภายใน มีอัตราการรอดตายคิดเป็นร้อยละ 43.02 และร้อยละ 6.99 โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ และอัตราการรอดตายของกิ่งไม้เคี่ยมและกิ่งไม้ยางนาที่ตัดชำภายในถุงพลาสติกใสให้น้ำครั้งเดียวมีอัตราการรอดตายน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 22.25 และร้อยละ 5.58 ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ภายหลังการย้ายลงถุง 2 เดือนไม้เคี่ยมมีอัตราการรอดตายร้อยละ 90.79 และไม้ยางนามีอัตราการรอดตายร้อยละ 82.61 กิ่งตัดชำไม้ทั้งสองชนิดสูงขึ้นเฉลี่ยประมาณ 0.5 เซนติเมตร และหลังการย้ายลงถุง 8 เดือน ไม้เคี่ยมมีอัตราการรอดตายร้อยละ 69.74 ไม้ยางนามีอัตราการรอดตายร้อยละ 8.70 ทั้งสองชนิดมีการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.1 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย 3.14 และ 2.01 เซนติเมตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: ควบคุมความชื้น การขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ตัดชำ เคี่ยม ยางนา สุราษฎร์ธานี

คำนำ

Dipterocarpaceae พันธุ์ไม้วงศ์นี้เป็นไม้ต้นขนาดใหญ่ และมีคุณค่าทางเศรษฐกิจมากอีกวงศ์หนึ่ง ลำต้นมักมีชัน หรือน้ำยาง มีกลิ่นเฉพาะตัว พบทั่วไปทั้งในที่แห้งแล้งและในป่าดงดิบ ใบเดี่ยวออกสลับ เส้นแขนงใบมักขนานกันเป็นระเบียบ และมีเส้นขนานเล็กๆ เชื่อมระหว่างเส้นแขนง ดอกสมบูรณ์เพศ มีกลิ่นหอม กลีบรองดอก 5 กลีบ และมักจะพัฒนาต่อไปเป็นปีกผล โคนกลีบมักเชื่อมติดกัน มักบิด และขอบของกลีบเรียงเกยซ้อนกันคล้ายกังหันลม เกสรเพศผู้มักมากอาจเรียงกัน 1-3 ชั้น รังไข่จมอยู่ในฐานของดอกเพียงเล็กน้อย มี 3 ช่อง แต่ละช่องมีไข่อ่อน 2 หน่วย ก้านชูเกสรเพศเมีย 1-3 ก้าน ผล ชนิดแห้งแข็ง และไม่แตก โดยมากมักมีปีก (บรรดิษฐ์, 2551)

ไม้เคี่ยม (*Cotylelobium melanoxylon* Pierre) เป็นไม้อยู่ในวงศ์ Dipterocarpaceae ไม้ชนิดนี้มีชื่อพื้นเมืองแตกต่างกันไปในแต่ละท้องถิ่นได้แก่ เคี่ยม (ทั่วไป) เคี่ยมขาว เคี่ยมดำ เคี่ยมแดง (ภาคใต้) เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่สูง 20-40 เมตร ปัญหาและข้อจำกัด เช่น โตช้า ขาดแคลนกล้าไม้ที่มีคุณภาพตลอดจนเมล็ดพันธุ์ และคุณภาพของเมล็ดที่ใช้ทำเป็นแหล่งแม่ไม้พันธุ์ดีมีจำกัด นอกจากนี้ไม้เคี่ยมจะพบขึ้นอยู่เป็นกลุ่มๆ ตามเชิงเขาและที่ราบ เชิงเขา สูงจากระดับน้ำทะเล 10-100 เมตร ไม้เคี่ยมจะขึ้นอยู่ตามป่าดงดิบในภาคใต้ตั้งแต่จังหวัดชุมพรลงไป ภาคใต้ของพม่าลงไปถึงภาคเหนือของมาเลเซีย และประเทศอินโดนีเซีย มีพื้นฐานพันธุ์กรรมค่อนข้างแคบ เมล็ดพันธุ์ที่ได้อาจด้อยคุณภาพทางพันธุกรรม (บรรดิษฐ์, 2542)

ไม้ยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb.ex G. Don) เป็นไม้อยู่ในวงศ์ Dipterocarpaceae ชื่อพื้นเมืองแตกต่างกันไปในแต่ละท้องถิ่นได้แก่ ยางนา ยางขาว ยาง ยางแม่น้ำ ยางหยวก (ทั่วไป) การสืบพันธุ์ตามธรรมชาติปกติไม่ติดกิ่ง จึงทำให้พบแต่ไม้ยางนาที่มีขนาดใหญ่ ยางนาเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ ไม่ผลัดใบ มีความสูง 30-40 เมตร เป็นไม้ที่ชอบขึ้นอยู่ในพื้นที่ที่มีความชุ่มชื้นโดยเฉพาะในที่ราบริมน้ำทั่วไปในประเทศ

ไทย เมล็ดไม้ยางนามักเสื่อมสภาพเร็ว ผลผลิตเมล็ดในแต่ละปีไม่สม่ำเสมอและในบางปีอาจมีผลกระทบต่อการปลูกสร้างสวนป่าขนาดใหญ่ได้ และโตช้า ขาดแคลนกล้าไม้ที่มีคุณภาพ ตลอดจนเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ทำเป็นแหล่งแม่พันธุ์ก็มีจำกัด (บรรดิษฐ์, 2551)

เพื่อให้ได้ผลตอบแทนจากการปรับปรุงพันธุ์อย่างมีประสิทธิภาพ การคัดเลือกแม่ไม้และขยายพันธุ์โดยไม้อาศัยเพศ ซึ่งทำให้ต้นไม้มีลักษณะเหมือนต้นแม่ไม้ จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเก็บรวบรวมแม่ไม้พันธุ์ดี มาจัดทำเป็นสวนผลิตเมล็ดพันธุ์ การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการรอดตายจากการขยายพันธุ์แบบไม้อาศัยเพศโดยวิธีการตัดชำโดยวิธีการควบคุมความชื้นที่แตกต่างกัน 3 วิธี สำหรับการผลิตกิ่งพันธุ์ดีเพื่อการปลูกสร้างสวนป่า ตลอดจนศึกษาเทคนิคการขยายพันธุ์โดยไม้อาศัยเพศของไม้เคี่ยมและไม้ยางนาที่ได้ผลดี เพื่อนำไปปรับปรุงพันธุ์ไม้เคี่ยมและไม้ยางนาให้มีคุณภาพทางพันธุกรรมที่ดีขึ้นต่อไป

ดังนั้นการศึกษานี้ในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาวิธีการควบคุมความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการขยายพันธุ์แบบไม้อาศัยเพศ โดยวิธีการตัดชำไม้เคี่ยมและไม้ยางนา และ 2) เพื่อศึกษาอัตราการรอดตายของกิ่งไม้เคี่ยมและกิ่งไม้ยางนาที่ขยายพันธุ์แบบไม้อาศัยเพศ โดยวิธีการตัดชำ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์

1. กิ่งพันธุ์ดีจากต้นแม่ไม้แปลงฟื้นฟูพันธุ์กรรมไม้ป่า (Figure 1)

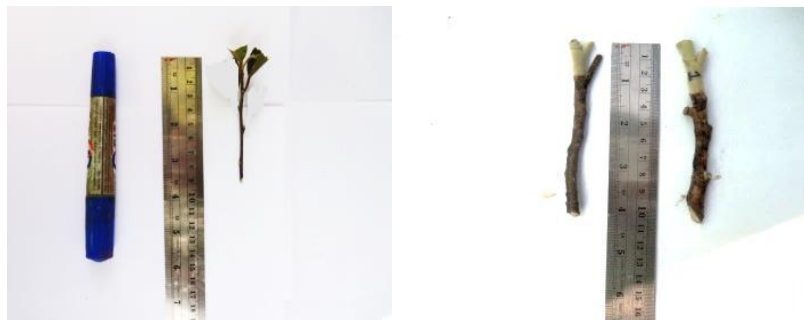


Figure 1 Cuttings of *Cotylelobium melanoxylon* Pierre and *Dipterocarpus alatus* Roxb.ex G. Don.

2. เลื่อยโค้ง กรรไกรตัดกิ่ง ถัง ไม้บรรทัดเหล็ก ปากกาเมจิก สายยาง ดินสอ
3. ถาดเพาะขนาด 24 ช่อง ช่องกว้าง 1 นิ้ว ยาว 7 นิ้ว
4. บล็อกปูนซีเมนต์สำหรับวางถาดเพาะพร้อมโครงสร้างกระบะ
5. ฮอร์โมนเร่งราก
6. ถูพลาสติกใสขนาด 16"x 24"
7. พลาสติกใสขนาดใหญ่
8. วัสดุเพาะ ใช้ทรายผสมขุยมะพร้าว ในอัตราส่วน 1:1

2. วิธีการ

เก็บส่วนยอดจากแม่ไม้เคี่ยมและไม้ยางนา จำนวน 180 กิ่ง คัดเลือกกิ่งพันธุ์ที่ไม่แก่หรืออ่อนจนเกินไป อายุกิ่งประมาณ 60 วัน ลักษณะกิ่งแข็งแรง มีตาสมบูรณ์ ตัดกิ่งเหลือความยาวประมาณ 4 นิ้ว หรือ ประมาณ 10 เซนติเมตร แล้วตัดโคนของกิ่งที่จะตัดชำได้ตำทำมุม 45 องศา ตัดแต่งใบให้เหลือ 1-2 ใบ ตัดปลายใบประมาณ 2/3 ของใบออก จากนั้นนำไปแช่และจุ่มสารเร่งราก แช่น้ำยาฮอร์โมนเร่งราก ประมาณ 10 นาที และนำไปปักในถาดเพาะชำที่เตรียมไว้ โดยใช้วิธีการควบคุมความชื้น 3 วิธี ดังนี้

2.1 ตัดชำกิ่งไม้เคี่ยม และกิ่งไม้ยางนา ในถาดเพาะชำแล้วนำไปใส่ในถุงพลาสติกขนาด 16"x 24" เติมน้ำภายในถุงพลาสติกสูงประมาณ 1" มัดปากถุงให้สนิท จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 12 กิ่ง รวม 36 กิ่ง (Figure 2)



Figure 2 Plastic bag close system with one time pouring.

2.2 ตัดชำกิ่งไม้เคี่ยม และกิ่งไม้ยางนาในถาดเพาะชำวางไว้ในกระบะโجمกว้าง 1 เมตร ยาว 4 เมตร สูง 1.5 เมตร คลุมด้วยพลาสติกใส ให้น้ำภายในกระบะโجمวันละ 2 ครั้ง เข้า-เย็น ครั้งละ 10 นาที จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 24 กิ่ง รวมเป็น 72 กิ่ง (Figure 3)



Figure 3 Plastic cover with inside pouring.

2.3 ตัดชำกิ่งเคี่ยมและกิ่งไม้ยางนาในถาดเพาะชำวางไว้ในกระบะโجمกว้าง 75 เซนติเมตร ยาว 3 เมตร สูง 75 เซนติเมตร คลุมด้วยพลาสติกใส ให้น้ำภายนอกกระบะโجمวันละ 2 ครั้ง เข้า-เย็น ครั้งละ 10 นาที จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 24 กิ่ง รวมเป็น 72 กิ่ง (Figure 4)



Figure 4 Plastic cover with outside pouring.

ย้ายกิ่งตัดชำลงถุงดิน ขนาด 2x6 นิ้ว บันทึกข้อมูลหลังจากย้ายลงถุงแล้วต่อไปอีก 8 เดือน โดยในช่วง 2 เดือนแรกบันทึกข้อมูลในทุกๆ 15 วัน จากนั้นบันทึกข้อมูลเดือนละครั้ง นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์และเปรียบเทียบอัตราการรอดตายของกิ่งทั้ง 2 ชนิดจากวิธีการควบคุมความชื้นทั้งสามวิธี

ผลและวิจารณ์

ภายหลังการตัดชำโดยการควบคุมความชื้น 3 รูปแบบ กิ่งไม้เคี่ยมและกิ่งไม้ยางนามีลักษณะการเกิดรากดัง Figure 5-7



Figure 5 Cuttings of *Cotylelobium melanoxydon* Pierre and *Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G. Don in plastic bag close system with one time pouring.



Figure 6 Cuttings of *Cotylelobium melanoxydon* Pierre and *Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G. Don in plastic cover with inside pouring.



Figure 7 Cuttings of *Cotylelobium melanoxydon* Pierre and *Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G. Don In plastic cover with outside pouring.

ผลจากการศึกษาไม้เคี่ยมที่ตัดชำด้วยวิธีการควบคุมความชื้นทั้ง 3 รูปแบบ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยวิธีการตัดชำภายในกระโถมคลุมด้วยพลาสติกใสและให้น้ำภายนอกมีอัตราการรอดตายมากที่สุด รองลงมาคือ วิธีการตัดชำภายในกระโถมคลุมด้วยพลาสติกใสและให้น้ำภายใน ส่วนวิธีการตัดชำภายในถุงพลาสติกใสให้น้ำครั้งเดียวมีอัตราการรอดตายต่ำที่สุด โดยมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 51.36, 43.02 และ 22.25 ตามลำดับ

Table 1 Data analysis by ANOVA of of *Cotylelobium melanoxydon* Pierre.

Sources	Sum of squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	26.46	2	13.23	2.145	0.125
Within Groups	407.05	66	6.167		
Total	433.51	68			

ผลจากการศึกษาไม้ยางนาที่ตัดชำด้วยวิธีการควบคุมความชื้นทั้ง 3 รูปแบบ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) โดยวิธีการตัดชำภายในกระโถมคลุมด้วยพลาสติกใสและให้น้ำภายนอกมีอัตราการรอดตายมากที่สุด รองลงมาคือ วิธีการตัดชำภายในกระโถมคลุมด้วยพลาสติกใสและให้น้ำภายใน สำหรับวิธีการตัดชำภายในถุงพลาสติกใสให้น้ำครั้งเดียวมีอัตราการรอดตายต่ำที่สุด โดยมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยร้อยละ 22.21, 6.99 และ 5.58 ตามลำดับ

Table 2 Data analysis by ANOVA of of *Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G. Don.

Sources	Sum of squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	67.984	2	33.947	13.466	0.000
Within Groups	166.376	66	2.521		
Total	234.270	68			

การศึกษาอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกิ่งไม้เคี่ยมและไม้ยางนาหลังจากการย้ายกิ่งชำลงถุง 8 เดือน (Figure 8) พบว่า วิธีการตัดชำภายในกระโจมคลุมด้วยพลาสติกใส 2 เดือนแรก กิ่งไม้เคี่ยมที่ย้ายลงถุงมีอัตราการรอดตายร้อยละ 90.79 และกิ่งไม้ยางนามีอัตราการรอดตาย คิดเป็นร้อยละ 82.61



Figure 8 Transplanted *Cotylelobium melanoxylon* Pierre and *Cotylelobium melanoxylon* Pierre cuttings.

ผลจากการศึกษาไม้เคี่ยมที่ตัดชำด้วยวิธีการควบคุมความชื้นทั้ง 3 วิธีสามารถขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยวิธีการตัดชำได้สำเร็จ ซึ่งวิธีการตัดชำภายในกระโจมคลุมด้วยพลาสติกใสและให้น้ำภายนอกเป็นวิธีที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงและมีประสิทธิภาพ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 2 วิธี สำหรับไม้ยางนาที่ตัดชำด้วยวิธีการควบคุมความชื้นทั้ง 3 วิธี ได้ผลเช่นเดียวกับไม้เคี่ยม คือ สามารถใช้ขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยวิธีการตัดชำได้สำเร็จ โดยใช้วิธีการตัดชำภายในกระโจมคลุมด้วยพลาสติกใสและให้น้ำภายนอกซึ่งมีอัตราการรอดตายสูงที่สุด และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 2 วิธี

เมื่อนำกิ่งตัดชำย้ายลงถุง 2 เดือนแรก กิ่งไม้เคี่ยมมีอัตราการรอดตายคิดเป็นร้อยละ 90.79 และกิ่งไม้ยางนาร้อยละ 82.61 ทั้งนี้กิ่งไม้เคี่ยมและกิ่งไม้ยางนามีการเปลี่ยนแปลงด้านความโต แต่มีความสูงเพิ่มขึ้นประมาณ 0.5 เซนติเมตร และภายหลัง 8 เดือน กิ่งไม้เคี่ยมมีอัตราการรอดตายคิดเป็นร้อยละ 69.74 กิ่งไม้ยางนาร้อยละ 8.70 ขนาดของกิ่งมีการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.1 เซนติเมตร และความสูงของกิ่งไม้เคี่ยมสูงขึ้นเฉลี่ย 3.14 เซนติเมตร และกิ่งไม้ยางนามีความสูงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 2.01 เซนติเมตร

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า การขยายพันธุ์ไม้เคี่ยมและไม้ยางนาแบบไม่อาศัยเพศโดยวิธีการตัดชำภายในกระโจมคลุมด้วยพลาสติกใสและให้น้ำภายนอกเป็นวิธีการที่เหมาะสมเพื่อการผลิตกิ่งพันธุ์ไม้เคี่ยมและกิ่งพันธุ์ไม้ยางนามากกว่าวิธีการให้น้ำภายใน และวิธีการให้น้ำครั้งเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังเป็นวิธีที่ใช้ต้นทุนต่ำ สามารถผลิตกล้าตัดชำได้ครั้งละเป็นจำนวนมาก สำหรับการย้ายกล้าตัดชำลงถุงดินนั้น ต้องมีการดูแล และควบคุมความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มอัตราการรอดตายให้สูงขึ้น ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการปรับปรุงพันธุ์ไม้เนื้อแข็งที่มีค่าทางเศรษฐกิจต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- แก้วนภา กิตติบรรพชา และ วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง. 2554. การศึกษาเทคนิคการตัดชำยอดกระถินณรงค์
ลูกผสมจากต้นแม่พันธุ์ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชไม่ใช้ดิน. กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัย
และพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- ถวิล กุศลกุล สุพัตรา ลิ้มปิยะประพันธ์ สมบูรณ์ บุญยืน และสมยศ กิจคำ. 2548. การขยายพันธุ์ไม้สะเดา
เทียมโดยไม่อาศัยเพศ เพื่อการจัดสร้างสวนเมล็ดพันธุ์, น. 39-56. ใน รายงานวนวัฒนวิจัย
ประจำปี 2548. กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย, สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้,
กรุงเทพฯ.
- บรรดิษฐ์ หงษ์ทอง. 2542. การปลูกเคี่ยม. ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- _____. 2551. ยางนา. สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานี กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและ
พัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- พวงพรรณ ยงรัตน์ โกวิทย์ ฉายสุรีย์ศรี และชนะ พรหมเดช. 2548. รูปแบบการพัฒนาของดอกและการ
แพร่กระจายของผลเคี่ยม, น.153-173. ใน รายงานวนวัฒนวิจัย ประจำปี 2548. กลุ่มงาน
วนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ลักษณะโครงสร้างของป่าทดแทนตามธรรมชาติ และป่าปลูก
ภายหลังจากการถูกบุกรุกแผ้วถางป่า
ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาเขียว – เขาชมัญญ์ จังหวัดชลบุรี

Structural Characteristics of Natural Succession Forest and Man-Made Forest
after Deforestation at Khao Khiao-Khao Chom Pho Wildlife Sanctuary,
Chon Buri Province

ดวงหทัย วงศ์เงิน^{1*} จงรัก วชรินทร์รัตน์² และ พรเทพ เหมือนพงษ์²
Donghathai Wongngoen^{1*} Chongrak Wachrinrat² and Ponthep Meunpong²

¹ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Graduate School, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

² คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author; E-mail address: ning_fo71@hotmail.com

ABSTRACT

The results showed that natural succession forest (NSF), man-made forest (MMF), and natural forest (mixed deciduous forest; MDF) had densities of trees (680, 446, and 383 individual ha⁻¹, respectively), saplings (4,206, 1,758, and 1,206 individual ha⁻¹, respectively), and seedlings (89,583, 5,417, and 4,792 individual ha⁻¹, respectively). The highest tree basal area was in MDF (22.69 m² ha⁻¹) followed by MMF (2.57 m² ha⁻¹) and NSF (1.40 m² ha⁻¹). The same trend was apparent for the aboveground biomass with 143.20, 7.78, and 2.83 t ha⁻¹, respectively. The similarity index (SI) of trees and saplings in MDF was more like NSF than MMF, whereas the seedling SI for MDF was more similar to NSF than to MMF.

Keywords: structural characteristics, natural succession forest, man-made forest, after deforestation

บทคัดย่อ

ผลการศึกษา พบว่า ความหนาแน่นของไม้ใหญ่ ไม้รุ่น และกล้าไม้ ของป่าเบญจพรรณ 680, 4,206 และ 89,583 ต้นต่อเฮกตาร์ ป่าปลูก 446, 1,758 และ 5,417 ต้นต่อเฮกตาร์ และป่าทดแทนตามธรรมชาติ 383, 1,206 และ 4,792 ต้นต่อเฮกตาร์ ส่วนพื้นที่หน้าตัดของไม้ใหญ่ ป่าเบญจพรรณมีค่ามากที่สุด 22.69 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือป่าปลูก และป่าทดแทนตามธรรมชาติ 2.57 1.40 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ซึ่งมีแนวโน้มเหมือนกันกับมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ที่ป่าเบญจพรรณ มีค่าเท่ากับ 143.20 ต้นต่อเฮกตาร์ ป่าปลูก 7.78 ต้นต่อเฮกตาร์ และป่าทดแทนตามธรรมชาติ 2.83 ต้นต่อเฮกตาร์ และเมื่อพิจารณาถึงความ

คล้ายคลึงในระดับไม่ใหญ่ ไม่ร่น ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณมีดัชนีความคล้ายคลึงกับพื้นที่ป่าทดแทนตามธรรมชาติสูงกว่าพื้นที่ป่าปลูก ส่วนในระดับกล้าไม้ ป่าเบญจพรรณมีดัชนีความคล้ายคลึงกับป่าทดแทนตามธรรมชาติต่ำกว่าป่าปลูก

คำสำคัญ: ลักษณะโครงสร้าง ป่าทดแทนตามธรรมชาติ ป่าปลูก ภายหลังจากการถูกบุกรุกแผ้วถางป่า

คำนำ

ปัจจุบันการทำลายพื้นที่ป่าในประเทศไทยอยู่ในขั้นวิกฤติ และมีแนวโน้มที่จะถูกบุกรุกทำลายเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ทางทรัพยากรธรรมชาติ มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง เป็นพื้นที่แหล่งต้นน้ำลำธาร พื้นที่ป่าอนุรักษ์ของประเทศไทย มีเนื้อที่ประมาณ 73 ล้านไร่ แต่ปัญหาการบุกรุกทำลายพื้นที่ป่าอนุรักษ์ในรูปแบบต่างๆ เช่น การลักลอบตัดไม้ การลักลอบล่าสัตว์ป่า การเก็บหาของป่า และการบุกรุกถือครองพื้นที่เพื่อทำการเกษตรและรีสอร์ท ทำให้พื้นที่ป่าเสื่อมโทรมเป็นจำนวนมาก โดยในปี พ.ศ. 2552-2558 พบพื้นที่ป่าอนุรักษ์ที่ถูกบุกรุกประมาณ 160,742 ไร่ (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2558) ซึ่งถือเป็นพื้นที่จำนวนมาก ส่งผลให้เกิดเป็นพื้นที่ป่ารกร้างว่างเปล่าจำนวนมาก ทรัพยากรป่าไม้เสื่อมโทรม และสูญเสียระบบนิเวศป่าไม้ จึงต้องมีการฟื้นฟูสภาพป่าที่ถูกบุกรุกทำลายให้กลับคืนสู่สภาพป่าดั้งเดิม โดยการฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายไปนั้น จำเป็นต้องอาศัยหลักความคิดทางวิชาการในการดำเนินการ ซึ่งการฟื้นฟูป่าไม้ที่เสื่อมโทรมหรือถูกบุกรุกทำลาย ถ้าพิจารณาจากการทดแทนตามธรรมชาติ (plant succession) จำแนกตามลักษณะการเกิดได้ 2 ประเภท (นิวัติ, 2546) คือ การทดแทนภายใต้การจัดการของมนุษย์ คือ การทดแทนโดยการปลูกสร้างของมนุษย์ โดยการนำชนิดไม้ที่สามารถเติบโตได้ในพื้นที่เปิดโล่ง เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และใกล้เคียงกับไม้ดั้งเดิม นำเข้าไปปลูกฟื้นฟูเพื่อช่วยเร่งกระบวนการการทดแทนของสังคมพืช และการทดแทนตามธรรมชาติ คือ การทดแทนของหมู่ไม้ซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยการฟื้นตัวของระบบนิเวศป่าโดยธรรมชาติอาจต้องใช้ระยะเวลายาวนาน ขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ที่ถูกทำลาย และปัจจัยแวดล้อม ซึ่งพื้นที่ป่าที่ถูกทำลายเมื่อปล่อยทิ้งไว้ก็จะมีพืชล้มลุกที่มีช่วงชีวิตสั้นๆ จำพวกหญ้าเข้ารุกยึดครองพื้นที่ ต่อมาก็จะมีการรุกรานพื้นที่ของไม้เบิกนำ ไม้ทนร่ม และมีความต้องการแสงสว่างสูง ซึ่งปัจจัยแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมทำให้ไม้ดั้งเดิมไม่สามารถเติบโตได้ในช่วงระยะเวลาแรก แต่พอถึงช่วงระยะเวลาที่ปัจจัยแวดล้อมเหมาะสมต่อชนิดดั้งเดิม ก็จะสามารถเติบโตได้ และพืชที่เติบโตได้ในช่วงเวลาแรกก็จะล้มตายหายไปจากพื้นที่ เป็นกระบวนการทดแทนของสังคมพืชตามลำดับขั้น จนไปสู่สังคมพืชที่มีสภาพเป็นป่าถาวรดั้งเดิม ซึ่งในช่วงของการทดแทนทั้งสองพื้นที่ก็มีลักษณะสังคมพืชที่แตกต่างกันออกไป

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาเขียว-เขาชมภู่ ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ที่กำหนดไว้เพื่อการอนุรักษ์พันธุ์กรรมของสัตว์ป่าและพืช ที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า แหล่งต้นน้ำลำธาร แหล่งศึกษาวิจัย และเป็นที่พักผ่อนหย่อนใจของประชาชน แต่การทำลายพื้นที่ป่าไม้ด้วยวิธีการต่างๆ ทำให้ป่ามีสภาพเสื่อมโทรม เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาเขียว-เขาชมภู่ จึงได้มีการฟื้นฟูพื้นที่ที่มีสภาพเสื่อมโทรม โดยการปลูกป่าและการปล่อยให้ฟื้นฟูก่อนตามธรรมชาติ ให้กลับคืนสู่ป่าธรรมชาติดั้งเดิม การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทราบถึงลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชของป่าทดแทนตามธรรมชาติ และป่าปลูก ภายหลังจากการถูกบุกรุกแผ้วถางป่า ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาเขียว-เขาชมภู่ จังหวัดชลบุรี ว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างอย่างไรกับสังคมพืชป่าธรรมชาติดั้งเดิม เพื่อจะได้เป็นข้อมูลในการจัดการฟื้นฟูสภาพป่าเสื่อมโทรม

หรือพื้นที่ป่าที่ถูกบุกรุกทำลาย ให้มีสภาพใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติดั้งเดิมได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพต่อไปสภาพใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติดั้งเดิม ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การวางแผนตัวอย่างและเก็บข้อมูล

ทำการสุ่มเลือกพื้นที่แปลงตัวอย่างในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาเขียว-เขาชมภู่ จังหวัดชลบุรี แบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 พื้นที่ คือ ป่าทดแทนตามธรรมชาติ (อายุ 7 ปี) ป่าปลูก (อายุ 7 ปี) และป่าธรรมชาติ (ป่าเบญจพรรณ) พื้นที่ละ 3 แปลง กำหนดจุดวางแปลงตัวอย่างลงในแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศออร์โธรี มาตราส่วน 1 : 4,000 โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) ใช้แปลงตัวอย่างขนาด 40x40 เมตร โดยแบ่งออกเป็นแปลงย่อยขนาด 10x10 เมตร จำนวน 16 แปลง ศึกษาไม้ใหญ่ (tree) ในแปลงขนาด 10x10 เมตร โดยทำการบันทึกชนิดไม้ วัดความสูงของต้นไม้และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height หรือ dbh) ที่มีขนาด 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป และมีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร ศึกษาไม้รุ่น (sapling) โดยการวางแผนขนาด 4x4 เมตร ที่มุมซ้ายล่างในแปลง 10x10 เมตร ทำการบันทึกชนิดไม้ วัดความสูงของต้นไม้และวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่มีขนาดน้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร และมีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร และศึกษากิ่งไม้ (seedling) โดยการวางแผนขนาด 1x1 เมตร ที่มุมซ้ายล่างในแปลงขนาด 4x4 เมตร ทำการบันทึกชนิดและจำนวนของกิ่งไม้ที่มีขนาดความสูงน้อยกว่า 1.30 เมตร

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 ประเมินค่าความสำคัญของชนิดไม้หรือค่าดัชนีความสำคัญ (importance value index หรือ IVI) โดยหาได้จากผลรวมของความถี่สัมพัทธ์ (relative frequency; RF) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density; RD) และความเด่นสัมพัทธ์ (relative dominance; RDo)

2.2 ประเมินค่าความหลากหลายของชนิด (species diversity) โดยใช้สมการวิเคราะห์ดัชนีความหลากหลายของ Shannon and Weaver (1949) ดังนี้

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

เมื่อ H = ดัชนีความหลากหลายของชนิดไม้

S = จำนวนชนิดไม้ทั้งหมด

Pi = สัดส่วนจำนวนต้นของพันธุ์ไม้ชนิด i ต่อจำนวนต้นของพันธุ์ไม้ทุกชนิด

เมื่อ i = 1, 2, 3, 4, 5,.....,s

2.3 ค่าดัชนีความคล้ายคลึง (similarity index; SI) และดัชนีความแตกต่าง (dissimilarity index; DI) คำนวณได้จากสมการ Sorrensen (Kutintara, 1975) ดังนี้

$$SI = \frac{2W}{A + B} \times 100$$

เมื่อ SI = ดัชนีความคล้ายคลึงของสังคมพืช

A = จำนวนชนิดที่ปรากฏทั้งหมดในแปลง A

B = จำนวนชนิดที่ปรากฏทั้งหมดในแปลง B

W = จำนวนชนิดที่ปรากฏทั้งในแปลง A และแปลง B

และคำนวณค่าดัชนีความแตกต่างได้จากสูตร

$$DI = 100 - SI$$

เมื่อ DI = ดัชนีความแตกต่างของสังคมพืช

SI = ดัชนีความคล้ายคลึงของสังคมพืช

2.4 มวลชีวภาพ (biomass) เนื้อพื้นดิน โดยการใช้สมการมวลชีวภาพเนื้อพื้นดินของต้นไม้ในป่าเบญจพรรณ Ogawa *et al.* (1965) ดังนี้

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

$$Wb = 0.00348 (D^2H)^{1.0270}$$

$$Wl = (28.0/(Ws + Wb) + 0.025)^{-1}$$

โดยที่ Ws = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น (กิโลกรัม)

Wb = มวลชีวภาพส่วนของกิ่ง (กิโลกรัม)

Wl = มวลชีวภาพส่วนของใบ (กิโลกรัม)

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก (เซนติเมตร)

H = ความสูงของต้นไม้ถึงปลายยอด (เมตร)

2.5 การกระจายของพันธุ์ไม้ตามชั้นความสูงและขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก โดยการสร้างกราฟแสดงจำนวนต้นของต้นไม้ ในแต่ละความสูงและขนาดชั้นเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก

2.6 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย จำนวนชนิด เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูงพื้นที่หน้าตัด ความหนาแน่น ความหลากหลายชนิดพันธุ์ และมวลชีวภาพ โดยใช้การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย ANOVA และ Duncan new's multiple range test

ผลและวิจารณ์

1. โครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืช

1.1 ป่าเบญจพรรณ

เมื่อพิจารณาโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชในพื้นที่ป่าเบญจพรรณ โดยพิจารณาจากจำนวนชนิดพันธุ์ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย ความหนาแน่น พื้นที่หน้าตัด และความหลากหลายของชนิดพันธุ์ ปรากฏผลดัง Table 1

จากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ ความถี่สัมพัทธ์ และความเด่นสัมพัทธ์ ของป่าเบญจพรรณ ทำให้ทราบถึงชนิดไม้ใหญ่ที่มีดัชนีค่าความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) เท่ากับ 102.36 รองลงมาได้แก่ โมกมัน (*Wrightia arborea* (Dennst.) Mabb.) มะกอกเกลื้อน (*Canarium subulatum* Guillaumin) กางเขินมอด (*Albizia odoratissima* (L.f.) Benth.) และมะกอก (*Spondias pinnata* (L.f.) Kurz) ซึ่งมีดัชนีค่าความสำคัญเท่ากับ 29.29, 24.38, 19.06 และ 18.03 ตามลำดับ ซึ่งเป็นชนิดไม้ป่าเบญจพรรณโดยทั่วไป ส่วนชนิดไม้รุ่นที่มีดัชนีค่าความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ พลับพล่า (*Microcos tomentosa* Sm.) เท่ากับ 48.90 รองลงมาได้แก่ เปล้าน้อย (*Croton longissimus* Airy Shaw) มะกายคัต (*Mallotus philippensis* Müll.Arg.) โมกมัน และนมวัว (*Uvaria dulcis* Dunal) ซึ่งมีดัชนีค่าความสำคัญเท่ากับ 36.87, 22.22, 21.79 และ 19.55 ตามลำดับ ซึ่งเป็นชนิดไม้ป่าเบญจพรรณและป่าดิบแล้ง

และชนิดกล้าไม้ที่มีดัชนีค่าความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ ข่อย (*Streblus asper* Lour.) เท่ากับ 43.38 รองลงมา ได้แก่ กล้วยเต่า (*Polyalthia debilis* (Pierre) Finet & Gagnep.) มะหาด (*Lepisanthes rubiginosa* (Roxb.) Leenh.) พลับพลา และโมกมัน ซึ่งมีดัชนีค่าความสำคัญเท่ากับ 28.18, 21.02, 18.80 และ 11.03 ตามลำดับ

Table 1 Number of species, average diameter, average height, density, basal area and species diversity of mixed deciduous forest.

Parameters	Tree	Sapling	Seedling
Number of Species	32	40	32
Average Diameter (cm)	17.03	1.64	
Average Height (m)	13.14	2.53	
Density (tree ha ⁻¹)	680	4,206	89,583
Basal Area (m ² ha ⁻¹)	22.69	1.08	
Species Diversity	2.64	2.98	2.58

1.2 ป่าปลูก

เมื่อพิจารณาโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชในพื้นที่ป่าปลูก โดยพิจารณาจากจำนวน ชนิด เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย ความหนาแน่น พื้นที่หน้าตัด และความหลากหลายของชนิดพันธุ์ ปรากฏผล ดัง Table 2

Table 2 Number of species, average diameter, average height, density, basal area, and species diversity of man - made forest.

Parameters	Tree	Sapling	Seedling
Number of Species	26	26	10
Average Diameter (cm)	7.85	3.12	
Average Height (m)	5.78	2.69	
Density (tree ha ⁻¹)	446	1,758	5,417
Basal Area (m ² ha ⁻¹)	2.57	1.45	
Species Diversity	2.32	2.55	1.85

จากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ ความถี่สัมพัทธ์ และความเด่นสัมพัทธ์ ของป่าปลูก ทำให้ทราบถึงชนิดไม้ใหญ่ที่มีดัชนีค่าความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ ยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G. Don) เท่ากับ 96.07 รองลงมาได้แก่ ราชพฤกษ์ (*Cassia fistula* L.) ตะเคียนทอง (*Hopea odorata* Roxb.) โมกมัน และสีเสียดแก่น (*Acacia catechu* (L.f.) Willd.) ซึ่งมีดัชนีค่าความสำคัญเท่ากับ 49.49, 17.92, 17.14 และ 12.76 ตามลำดับ ส่วนชนิดไม้รุ่นที่มีดัชนีค่าความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ ยางนา เท่ากับ 95.91 รองลงมา ได้แก่ ตะเคียนทอง หว้า (*Syzygium cumini* (L.) Skeels) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) และกระบก (*Irvingia malayana* Oliv. ex A.W.Benn.) ซึ่งมีดัชนีค่าความสำคัญเท่ากับ 35.05, 26.62,

24.24 และ 12.82 ตามลำดับ ชนิดกล้าไม้ที่มีดัชนีค่าความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ ชันทองพยับบาท (*Suregada multiflorum* (A.Juss.) Baill.) เท่ากับ 69.71 รองลงมาได้แก่ ข่อย (*Streblus asper* Lour.) กระบก และพฤษภ (*Albizia lebbek* (L.) Benth.) ซึ่งมีดัชนีค่าความสำคัญเท่ากับ 35.58, 20.19 และ 13.94 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาชนิดไม้ที่สามารถรุกรานเข้ามาเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ป่าปลูก พบว่า ยางนา ราชพฤกษ์ ตะเคียนทอง โมกมัน และสีเสียดแก่น ที่สามารถเติบโตได้ดี และมีค่าดัชนีค่าความสำคัญมากที่สุด ซึ่งยางนา ราชพฤกษ์ ตะเคียนทอง และสีเสียดแก่น เป็นชนิดที่นำมาปลูก ส่วนโมกมัน หว้า ประดู่ และกระบก เป็นชนิดที่สามารถรุกรานเข้ามาเติบโตได้ดีที่สุด

1.3 ป่าทดแทนตามธรรมชาติ

เมื่อพิจารณาโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชในพื้นที่ป่าทดแทนตามธรรมชาติ จากจำนวนชนิด เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย ความหนาแน่น พื้นที่หน้าตัด และความหลากหลายของชนิดพันธุ์ ปรากฏผลดัง Table 3

Table 3 Number of species, average diameter, average height, density, basal area, and species diversity of natural succession forest.

Parameters	Tree	Sapling	Seedling
Number of Species	30	28	7
Average Diameter (cm)	6.50	3.17	
Average Height (m)	4.53	2.98	
Density (tree ha ⁻¹)	383	1,206	4,792
Basal Area (m ² ha ⁻¹)	1.40	1.08	
Species Diversity	2.89	2.55	1.62

จากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ ความถี่สัมพัทธ์ และความเด่นสัมพัทธ์ ของป่าทดแทนตามธรรมชาติ ทำให้ทราบถึงชนิดไม้ใหญ่ที่มีดัชนีค่าความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ คนทา (*Harrisonia perforata* (Blanco) Merr) เท่ากับ 44.94 รองลงมาได้แก่ โมกมัน ข่อย มะเดื่อปล้อง (*Ficus hispida* L.f.) และหมีเหม็น (*Litsea glutinosa* (Lour.) C.B. Rob.) ซึ่งมีดัชนีค่าความสำคัญเท่ากับ 36.69, 26.22, 24.67 และ 19.16 ตามลำดับ ชนิดไม้รุ่นที่มีดัชนีค่าความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ คนทา เท่ากับ 63.00 รองลงมาได้แก่ ข่อย โมกมัน มะกาคัด (*Mallotus philippensis* Müll.Arg.) และหมีเหม็น (*Litsea glutinosa* (Lour.) C.B. Rob.) ซึ่งมีดัชนีค่าความสำคัญเท่ากับ 44.05, 41.23, 34.70 และ 13.05 ตามลำดับ ชนิดกล้าไม้ที่มีดัชนีค่าความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ มะหาด (*Lepisanthe rubiginosa* (Roxb.) Leenh.) เท่ากับ 61.20 รองลงมาได้แก่ ข่อย ปอบิด และประดู่ ซึ่งมีดัชนีค่าความสำคัญเท่ากับ 57.86 28.43 และ 16.39 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาชนิดไม้ที่รุกรานเข้ามาเติบโตได้ดีในพื้นที่ป่าทดแทนตามธรรมชาติ พบว่า คนทา โมกมัน ข่อย มะเดื่อปล้อง และหมีเหม็น ที่สามารถเติบโตได้ดี โดยที่ไม้ใหญ่ และไม้รุ่นนั้น คนทา สามารถเติบโตได้ดีที่สุด ซึ่งมีค่าดัชนีค่าความสำคัญมากที่สุด ส่วนกล้าไม้นั้นพบว่า มะหาด มีค่าดัชนีค่าความสำคัญมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าคนทา เป็นชนิดไม้เบิกนำที่สามารถเติบโตได้ดีในพื้นที่เปิดโล่ง ที่สามารถพบได้ทั้งในไม้ใหญ่ และไม้รุ่น

เมื่อพิจารณาความคล้ายคลึงในระดับไม้ใหญ่ ไม้รุ่น และกล้าไม้ (Table 4) ของป่าทั้ง 3 พื้นที่ พบว่า ชนิดไม้ใหญ่ และไม้รุ่นของป่าเบญจพรรณมีดัชนีความคล้ายคลึงกับป่าทดแทนตามธรรมชาติมากกว่า ป่าปลูก (ป่าทดแทนตามธรรมชาติร้อยละ 29.03 และ 26.87 ป่าปลูกร้อยละ 27.59 และ 17.65 ตามลำดับ) ส่วนชนิดกล้าไม้ ป่าเบญจพรรณมีดัชนีความคล้ายคลึงกับป่าทดแทนตามธรรมชาติน้อยกว่าป่าปลูก (ป่าทดแทนตามธรรมชาติร้อยละ 25.64 และป่าปลูกร้อยละ 33.33) และเมื่อพิจารณาถึงความคล้ายคลึงและความแตกต่างของสังคมพืช พบว่า ชนิดไม้ใหญ่มีความแตกต่างมากกว่าความคล้ายคลึง แต่ในระดับกล้าไม้ของป่าปลูกกับป่าทดแทนตามธรรมชาติมีความคล้ายคลึงมากกว่าความแตกต่าง

Table 4 Similarity index and dissimilarity index of tree, sapling and seedling.

	Mixed deciduous forest			Man - made forest			Natural succession forest		
	Tree	Sapling	Seedling	Tree	Sapling	Seedling	Tree	Sapling	Seedling
Mixed Deciduous forest	-	-	-	27.59	17.65	33.33	29.03	26.87	25.64
Man - Made Forest	72.41	82.35	100	-	-	-	35.71	38.60	58.82
Natural Succession Forest	70.97	73.13	66.67	64.29	61.40	41.18	-	-	-

จากการศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน พบว่า ป่าเบญจพรรณมีค่าเท่ากับ 143.20 ตันต่อเฮกตาร์ ป่าปลูกมีค่าเท่ากับ 7.78 ตันต่อเฮกตาร์ และป่าทดแทนตามธรรมชาติ มีค่าเท่ากับ 2.83 ตันต่อเฮกตาร์ (Table 5) ซึ่งมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมจะแปรผันตามขนาดพื้นที่ที่หน้าตัด และปริมาณต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ มีอิทธิพลต่อปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวม โดยสังคมพืชป่าเบญจพรรณมีค่ามากที่สุด และป่าปลูกมีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมมากกว่าป่าทดแทนตามธรรมชาติ

Table 5 Above ground biomass of tree in mixed deciduous forest, natural succession forest and man - made forest at khao Khiao-Khao Chom Pho wildlife sanctuary, Chon Buri province.

Forest type	Above ground biomass (t ha ⁻¹)			Total
	Stem	Branch	Leaf	
Mixed Deciduous Forest	114.15	25.92	0.80	143.20
Man - Made Forest	6.42	1.11	0.25	7.78
Natural Succession Forest	2.38	0.36	0.10	2.83

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Table 6) พบว่า ป่าเบญจพรรณมีความแตกต่างกับป่าปลูกและป่าทดแทนตามธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญ ป่าปลูกและป่าทดแทนตามธรรมชาติมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ และเมื่อพิจารณาถึงความสูง พบว่า ป่าเบญจพรรณ ป่าปลูก และป่าทดแทนตามธรรมชาติ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของป่าเบญจพรรณมากที่สุด รองลงมาคือ ป่าปลูก และป่าเบญจพรรณ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า การปลูกป่าทำให้ผลผลิตทางด้านเนื้อไม้และโครงสร้างในแนวตั้งเพิ่มขึ้น มากกว่าการปล่อยให้มีการทดแทนตามธรรมชาติ ซึ่งจะส่งผลต่อการปรับเปลี่ยนสภาพแวดล้อม ให้มีความเหมาะสมต่อการตั้งตัวของชนิดไม้ดั้งเดิมได้เร็วขึ้น ทั้งด้านความเข้มของแสง สมบัติทางฟิสิกส์ และเคมีของดิน (ดอกรัก และคณะ, 2556) ความสำเร็จของสิ่งมีชีวิตประชากร หรือสังคม ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของสภาพปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ (Odum, 1993) ที่สามารถเอื้ออำนวยต่อการตั้งตัวและการเติบโตของพันธุ์พืชที่ดีขึ้น ทำให้การทดแทนของสังคมพืชนำไปสู่สังคมพืชป่าดั้งเดิมที่เร็วขึ้น

Table 6 The silvicultural parameters of mixed deciduous forest, man - made forest, and natural succession forest.

Parameters	Mixed deciduous forest	Man - made forest	Natural succession forest
	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD
Number of species	18.00 $\pm$ 2.65	12.67 $\pm$ 5.03	16.33 $\pm$ 4.93
Average diameter (cm)	17.03 ^a $\pm$ 11.64	7.85 ^b $\pm$ 3.40	6.50 ^b $\pm$ 2.06
Average height (m)	13.14 ^a $\pm$ 6.91	5.78 ^b $\pm$ 2.71	4.53 ^c $\pm$ 1.31
Basal area (m ² ha ⁻¹)	22.71 ^a $\pm$ 3.03	2.57 ^b $\pm$ 2.42	1.40 ^b $\pm$ 0.43
Density (tree ha ⁻¹)	679.17 $\pm$ 112.21	447.92 $\pm$ 259.53	383.33 $\pm$ 112.73
Species diversity	2.38 $\pm$ 0.19	1.86 $\pm$ 0.57	2.37 $\pm$ 0.36
Above ground biomass (t ha ⁻¹)	208.31 ^a $\pm$ 41.78	10.28 ^b $\pm$ 11.62	3.44 ^b $\pm$ 1.10

2. การเติบโต

2.1 การกระจายของพันธุ์ไม้ตามชั้นความสูงและชั้นขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก

เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter class) ของไม้ใหญ่ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณ ป่าปลูก และป่าทดแทนตามธรรมชาติ ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาเขียว-เขาชมภู่ จังหวัดชลบุรี พบว่า มีการกระจายแบบ L-shape คือ มีต้นไม้ในชั้นเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กเป็นจำนวนมากและลดจำนวนต้นไม้ลงเมื่อมีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ขึ้น ดังใน Figure 1 แสดงให้เห็นว่า ในพื้นที่ศึกษาการรักษาคโครงสร้างของป่าเบญจพรรณ ซึ่งเป็นป่าตามธรรมชาติเป็นไปได้ดีด้วยดี ทำให้โครงสร้างของขนาดต้นไม้อยู่ในลักษณะที่เรียกว่า stationary stage คือ สภาวะที่มีการทดแทนที่ดีโดยพันธุ์ไม้ขนาดเล็กสามารถเติบโตทดแทนเป็นไม้ใหญ่ในอนาคตได้ดี ซึ่งผลการศึกษาเป็นไปในทำนองเดียวกันกับการศึกษาป่าเบญจพรรณในประเทศไทย เช่น ป่าเบญจพรรณแล้ง และป่าเบญจพรรณขึ้น ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์

สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี (สรายุทธ, 2555) วนอุทยานแห่งชาติน้ำตกขุนกรณ์ จังหวัดเชียงราย (ถนัดสม, 2545) กลุ่มน้ำพรม จังหวัดชัยภูมิ (นิตยา, 2533) สถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี (ภาณุมาศ และคณะ, 2547) ป่าเบญจพรรณที่มีไม้สักในป่าแม่หวด จังหวัดลำปาง (อาภรณ์, 2532) ป่าสงวนแห่งชาติป่าน้ำโจน (นันทน์ถิ์ และสุทธิคมน์, 2546) ป่าแม่ปาย-แม่สอย อำเภอวังเหนือ จังหวัดลำปาง (รานี และ ภูสิน, 2542) อุทยานแห่งชาติออบขาน จังหวัดเชียงใหม่ (ดวงดาว, 2542) และปิงโค้ง จังหวัดเชียงใหม่ (Ogawa *et al.*, 1961)

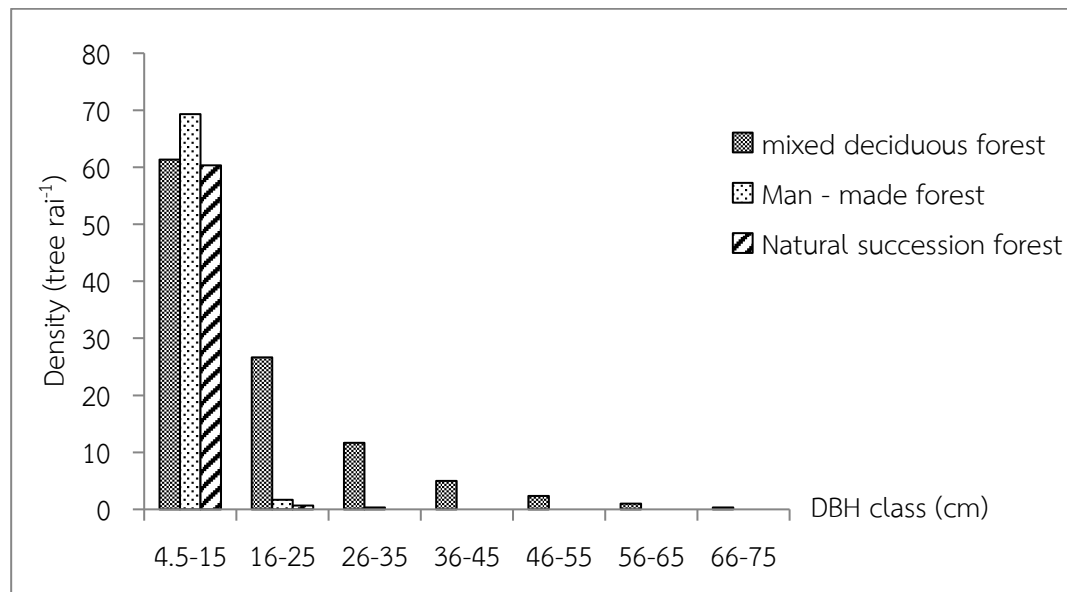


Figure 1 Diameter distribution of tree in various types of forest.

ส่วนการกระจายความถี่ตามชั้นความสูง (height class) ของพันธุ์ไม้ของป่าเบญจพรรณ ป่าปลูก และป่าทดแทนตามธรรมชาติ พบว่า ป่าเบญจพรรณ มีการกระจายในรูปกราฟรูประฆังคว่ำ (bell-shape) ที่มีการกระจายลักษณะเบ้ซ้าย ดังใน Figure 2 ส่วนป่าปลูก และป่าทดแทนตามธรรมชาติ มีการกระจายในรูปกราฟแบบ L-shape คือ มีต้นไม้ในชั้นความสูงน้อยเป็นจำนวนมากและชั้นความสูงมากลดจำนวนต้นไม้ลงเมื่อมีชั้นความสูงมากขึ้น ซึ่งการกระจายความถี่ตามชั้นความสูงของป่าเบญจพรรณมีลักษณะเป็นไปในทิศทางเดียวกับพื้นที่วนอุทยานแห่งชาติน้ำตกขุนกรณ์ จังหวัดเชียงราย (ถนัดสม, 2545) ป่าแม่ปาย-แม่สอย อำเภอวังเหนือ จังหวัดลำปาง (รานี และ ภูสิน, 2542) อุทยานแห่งชาติออบขาน จังหวัดเชียงใหม่ (ดวงดาว, 2542) และป่าเบญจพรรณที่มีไม้สักในป่าแม่หวด จังหวัดลำปาง (อาภรณ์, 2532) ส่วนป่าปลูก มีการกระจายในรูปกราฟแบบ L-shape คือ มีต้นไม้ในชั้นความสูงน้อยเป็นจำนวนมากและชั้นความสูงมากจำนวนต้นไม้ลดลงเมื่อมีชั้นความสูงมากขึ้น แสดงว่า การปลูกป่าทำให้มีการกระจายของชั้น ความสูงขนาดเล็กมากขึ้น ช่วงชั้นความสูงที่มีความถี่มากที่สุดอยู่ในช่วงชั้นระหว่าง 1.3-4 เมตร ความสูงเฉลี่ย 5.78 เมตร

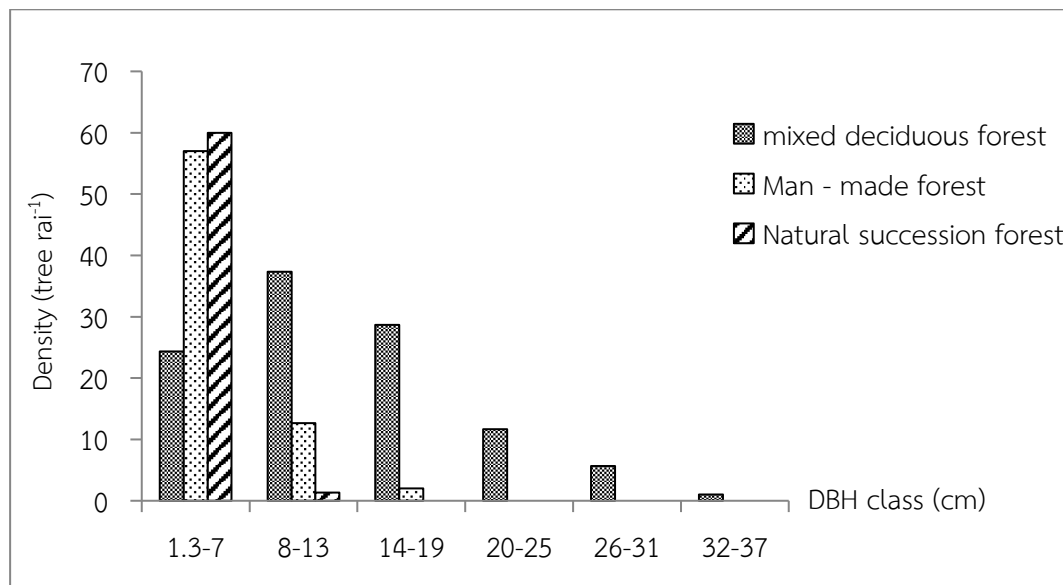


Figure 2 High distribution of tree in variance types of forest.

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. โครงสร้างของป่าในด้านความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของไม้ใหญ่ ของป่าเบญจพรรณ ป่าปลูก และป่าทดแทนตามธรรมชาติ พบว่า มีค่าค่อนข้างต่ำ โดยป่าเบญจพรรณ มีความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดสูงที่สุด (680 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 22.69 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์) รองลงมาคือ ป่าปลูก (446 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 2.57 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์) และป่าทดแทนตามธรรมชาติ (383 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 1.40 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์) ตามลำดับ และส่วนใหญ่เป็นไม้ขนาดเล็กถึงกลาง ซึ่งป่าเบญจพรรณมีความสูงเฉลี่ยและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยสูงที่สุด (13.14 เมตร และ 17.03 เซนติเมตร) รองลงมาคือ ป่าปลูก (5.78 เมตร และ 7.86 เซนติเมตร) และป่าทดแทนตามธรรมชาติ (4.53 เมตร และ 6.50 เซนติเมตร) ตามลำดับ

2. องค์ประกอบของชนิด พบว่า ไม้ใหญ่มีจำนวนชนิดปานกลาง คือ ป่าเบญจพรรณ 32 ชนิด ป่าปลูก 26 ชนิด ป่าทดแทนตามธรรมชาติ 30 ชนิด ในไม้รุ่นและกล้าไม้ ป่าเบญจพรรณมีจำนวนชนิดปานกลาง (40 และ 32 ชนิด ตามลำดับ) ป่าปลูกและป่าทดแทนตามธรรมชาติ มีจำนวนชนิดค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง (ป่าปลูก 26 และ 10 ชนิด ตามลำดับ ป่าทดแทนตามธรรมชาติ 28 และ 7 ชนิด ตามลำดับ) เนื่องจากในระดับพื้นล่างของพื้นที่ป่าปลูกและป่าทดแทนตามธรรมชาติ พบพืชวงศ์หญ้าเป็นจำนวนมาก และเกิดไฟป่าต่อเนื่องทุกปี จึงทำให้พบจำนวนกล้าไม้น้อย ส่งผลให้ค่าความหลากหลายของชนิดค่อนข้างต่ำ เมื่อพิจารณาจากดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง กล่าวคือ มีค่าดัชนีอยู่ระหว่าง 1.62-2.89 โดยพบว่าไม้ใหญ่ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณ พบไม้ประดู่เป็นไม้เด่น มีดัชนีค่าความสำคัญเท่ากับ 102.36 จึงส่งผลให้ป่าทดแทนตามธรรมชาติมีค่าดัชนีความหลากหลายสูงกว่าป่าเบญจพรรณ (2.89 และ 2.64 ตามลำดับ) ส่วนไม้รุ่นและกล้าไม้ป่าเบญจพรรณมีค่าสูงกว่าป่าปลูกและป่าทดแทนตามธรรมชาติ สำหรับชนิดไม้เด่นในระดับไม้ใหญ่ของป่าเบญจพรรณสามารถกระจายตัวได้ในพื้นที่ป่าปลูก และป่าทดแทนตามธรรมชาติที่สำคัญ เช่น ประดู่ โมกมัน ข่อย มะเดื่อปล้อง คนทา มะกอก และหมีเหม็น เป็นต้น

3. ความคล้ายคลึงในระดับไม่ใหญ่ และไม่ร่น พื้นที่ป่าทดแทนตามธรรมชาติมีดัชนีความคล้ายคลึงกับพื้นที่ป่าเบญจพรรณสูงกว่าพื้นที่ป่าปลูก และมีความคล้ายคลึงกันในระดับต่ำ (ร้อยละ 17.65-33.33) และในพื้นที่ป่าปลูกมีดัชนีความคล้ายคลึงกับป่าทดแทนตามธรรมชาติ มีความคล้ายคลึงกันในระดับต่ำถึงปานกลาง (ร้อยละ 35.71-58.82)

4. มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของป่าเบญจพรรณมีค่าสูงสุด (143.20 ต้นต่อเฮกตาร์) รองลงมาคือป่าปลูก (7.78 ต้นต่อเฮกตาร์) และป่าทดแทนตามธรรมชาติ (453.32 ต้นต่อเฮกตาร์) ซึ่งมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมจะแปรผันตามขนาดพื้นที่หน้าตัด และปริมาณต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่

5. เมื่อพิจารณาลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบของพันธุ์พืชในป่าแต่ละประเภทโดยเปรียบเทียบกับป่าเบญจพรรณ ซึ่งเป็นป่าธรรมชาติดั้งเดิม พบว่า เมื่อพิจารณาถึงจำนวนชนิด ความหลากหลายของชนิด และความคล้ายคลึง ป่าทดแทนตามธรรมชาติมีค่าสูงกว่าป่าปลูก แสดงว่า ในช่วงแรกของการทดแทนสังคมพืช ชนิดไม้เบิกนำและชนิดไม้จากป่าธรรมชาติดั้งเดิมสามารถรุกเข้าไปและเติบโตได้ดีกว่าป่าปลูก และชนิดที่ปลูกในป่าปลูกไม่มีความใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติดั้งเดิม ส่งผลให้ดัชนีความคล้ายคลึงของป่าทดแทนตามธรรมชาติสูงกว่าป่าปลูก และเมื่อพิจารณาถึงพื้นที่หน้าตัด ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูง ความหนาแน่น และมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ป่าปลูกจะสูงกว่าป่าทดแทนตามธรรมชาติ แสดงว่า การปลูกป่าทำให้ผลผลิตทางด้านเนื้อไม้และโครงสร้างในแนวตั้งเพิ่มมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. การปลูกป่าเพื่อฟื้นฟูพื้นที่ที่มีสภาพเสื่อมโทรม ทำให้ผลผลิตทางด้านเนื้อไม้ และโครงสร้างในแนวตั้งเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น หากต้องการให้ป่ามีการทดแทนตามธรรมชาติของไม้ดั้งเดิมและไม่เบิกนำ เพื่อช่วยร่นระยะเวลาของการทดแทนของสังคมพืช ไปสู่สังคมพืชดั้งเดิมที่เร็วขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการปลูกป่า โดยคัดเลือกชนิดในการปลูกที่เหมาะสมต่อการสืบพันธุ์ของพืชอื่นๆ และใกล้เคียงกับพันธุ์ไม้ดั้งเดิม และการป้องกันไฟป่า

2. ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาเขียว-เขาชมภู่ จังหวัดชลบุรี ควรมีการปลูกป่าเสริม เพื่อเพิ่มความหลากหลายให้กับพื้นที่ ทั้งในป่าปลูก ป่าทดแทนตามธรรมชาติ และป่าเบญจพรรณ โดยพันธุ์พืชที่ควรใช้ในการปลูกเสริมในป่าปลูก และป่าทดแทนตามธรรมชาติ คือ ประดู่ โมกมัน มะกอกเกลื่อน กางเขินมอด มะกอก พลับพล่า และแดง

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. 2558. สรุปรายงานการกระทำผิดกฎหมายเกี่ยวกับการป่าไม้ของหน่วยงานในสังกัดกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ปีงบประมาณ พ.ศ.2552 – 2558. สำนักป้องกันปราบปราม และควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- ดวงดาว เตชะวัฒนาบวร. 2542. ลักษณะพื้นฐานทางนิเวศวิทยาและขบวนการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง บริเวณอุทยานแห่งชาติออบขาน จังหวัดเชียงใหม่. อุทยานแห่งชาติออบขาน จังหวัดเชียงใหม่, เชียงใหม่.

- ดอกกรัก มารอด, ไกรสิทธิ์ พานิชย์สวย, สติชัย ถิ่นกำแพง และ แหลมไทย แหลมไทย. 2556. การสืบต่อพันธุ์ของพรรณของพรรณไม้ดั้งเดิมภายหลังการฟื้นฟูป่าดิบแล้งที่ผ่านการรบกวน บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา, น. 168-179. ใน รายงานการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิชาการเครือข่ายงานวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย ครั้งที่ 2. 24 - 26 มกราคม พ.ศ. 2556, กรุงเทพฯ.
- ถนัดสม นกุล. 2545. ลักษณะโครงสร้างของป่า 3 ชนิด บริเวณพื้นที่วนอุทยานแห่งชาติน้ำตกขุนกรณ์ จังหวัดเชียงราย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นันทน์ภูธร ดินวัตร และ สุทธิคมน์ สุกสีเหลือง. 2546. ลักษณะโครงสร้างของป่าบริเวณแนวพื้นที่รอยต่อระหว่างป่าเบญจพรรณกับป่าดิบ ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าน้ำโจน ท้องที่ตำบลชะแล อำเภอดงหลวง จังหวัดกาญจนบุรี. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- นิตยา หาญเดชาพันธ์. 2533. การเปรียบเทียบลักษณะทางนิเวศวิทยาของป่า 3 ชนิด บริเวณลุ่มน้ำพรม จังหวัดชัยภูมิ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิวัติ เรืองพานิช. 2546. นิเวศวิทยาทรัพยากรธรรมชาติ. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ภาณุมาศ ลาดปลาชะ, สำเริง ปานอุทัย, สนธยา บุรินทร์ภิบาล และ ธาตรี มีแก้ว. 2547. ลักษณะโครงสร้างสังคมพืชในป่าเบญจพรรณต่อการเปลี่ยนแปลงวัฏจักรคาร์บอน. ใน การประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้: ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. ณ. โรงแรมมารวย การ์เด็น กรุงเทพฯ. 16-17 สิงหาคม 2547. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- ราณี โพธิ์ปักษ์ และ ภูสิน เกตตานนท์. 2542. ผลงานวิจัยเรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างป่า 3 ชนิด ในป่าแม่ปาย - แม่สอย อำเภอวังเหนือ จังหวัดลำปาง. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- สรายุทธ บุญยะเชษฐ์. 2555. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงสร้างและพลวัตของป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณแล้ง และป่าเบญจพรรณชื้น จากแปลงตัวอย่างถาวรขนาดใหญ่.
- อาภรณ์ เจริญนิม. 2532. ขบวนการสืบพันธุ์ในป่าเบญจพรรณที่มีไม้สักในป่าแม่หวด จังหวัดลำปาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Kutintara, U. 1975. *Structure of the Dry Dipterocarp Forest*. Ph.D. Dissertation, Colorado State University.
- Odum, E.P. 1963. *Fundamental of Ecology*. Holt, Reinhart & Winston Inc., New York.
- Ogawa, H., K. Yoda and T. Kira. 1961. A preliminary survey on the vegetation of Thailand. *Natural and Life in Southeast Asia* 1: 21-157.
- _____, _____, K. Ogino and T. Kira. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. II. Plant Biomass. *Nature and Life in Southeast Asia* 4: 49-80.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. Univ. Illinois Press, Urbana.

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาผลงาน

ผศ.ดร.บุญวงศ์ ไทยอุดสำหรับ	นักวิชาการอิสระ
คุณวิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง	สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้
ดร.สุวรรณ ตังมิตรเจริญ	สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้
คุณวาทินี คุ่มเจริญ	สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้
คุณดุริยะ สถาพร	สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้
คุณสิริรัตน์ จันทรมหเสถียร	สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
คุณชิงชัย วิริยะบัญชา	สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
คุณภาณุมาศ ลาตปาละ	สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
รศ.ดร.ดุสิต เวชกิก	สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
รศ.ดร.สุระ พัฒนเกียรติ	คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
รศ.ดร.พันธ์ศักดิ์ สัมพันธ์พานิช	สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.จรัญธร บุญญานุภาพ	คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.วิษณุภาส สังพาลี	คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ.ดร.ธนากร ลัทธิธีระสุวรรณ	สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ
ดร.มะลิวัลย์ หุทัยธนาสันต์	สถาบันคั้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตร
	และอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.ฉัตรชัย เงินแสงสรวย	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.สันต์ เกตุปราณีต	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.มณฑล จำเริญฤกษ์	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.ลดาวัลย์ พวงจิตร	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.วิพัทธ์ จินตนา	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.ดำรง พิพัฒน์วัฒนากุล	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.สาพิศ ดิลกสัมพันธ์	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.ดอกรัก มารอด	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.รุ่งเรือง พูลศิริ	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.กอบศักดิ์ วันธงไชย	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.สคาร ที่จันทิก	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.สมพร แม่ลิ้ม	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.สราวุธ สังข์แก้ว	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.วีระภาส คุณรัตนศิริ	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.วาทินี สอนผกา	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.พรเทพ เหมือนพงษ์	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.อ.พรานไชย	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.สุวิมล อุทัยศรีมี	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



คณะวนศาสตร์

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการสัมมนาทางวิชาการวนวัฒนวิทยาครั้งที่ 10

ด้วยคณะวนศาสตร์ ร่วมกับกรมป่าไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง และองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ กำหนดให้มี "การประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปีพ.ศ. 2559" ในระหว่างวันที่ 1 - 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2559 ณ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นอกจากนี้ คณะวนศาสตร์ โดยภาควิชาวนวัฒนวิทยา และกรมป่าไม้ กำหนดจัดการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยาครั้งที่ 10 นี้ขึ้นร่วมกับ "การประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปีพ.ศ. 2559"

เพื่อให้การจัดสัมมนาทางวนวัฒนวิทยาครั้งที่ 10 เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น คณะวนศาสตร์ จึงแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการสัมมนาทางวิชาการวนวัฒนวิทยาครั้งที่ 10 ดังนี้

1. นายบุญวงศ์ ไทยอุดสำหัต	คณะวนศาสตร์	ที่ปรึกษา
2. นายสันต์ เกตุปรานีต	คณะวนศาสตร์	ที่ปรึกษา
3. นายมนชล จำเริญพลักษ์	คณะวนศาสตร์	ที่ปรึกษา
4. นายธิต วิสารัตน์	กรมป่าไม้	ที่ปรึกษา
5. นายบพิตร เกียรติคุณินท์	กรมป่าไม้	ประธานคณะกรรมการ
6. นางสาวพิศ ดิลกสัมพันธ์	คณะวนศาสตร์	รองประธานคณะกรรมการ
7. นายวิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง	กรมป่าไม้	กรรมการ
8. นางสาวณัฏฐากร เสมสันต์	กรมป่าไม้	กรรมการ
9. นางวลัยพร สติวิบูรณ์	กรมป่าไม้	กรรมการ
10. นายสุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ	กรมป่าไม้	กรรมการ
11. นางพรพิมล อมรโชติ	กรมป่าไม้	กรรมการ
12. นางสิริรัตน์ จันทร์มหเสถียร	กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช	กรรมการ
13. นายประสิทธิ์ เกิดโต	องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้	กรรมการ
14. นางลดาวัลย์ พวงจิตร	คณะวนศาสตร์	กรรมการ
15. นายดำรง พิพัฒน์วัฒนากุล	คณะวนศาสตร์	กรรมการ
16. นางวาทีณี สอนผกา	คณะวนศาสตร์	กรรมการ
17. นายพรเทพ เหมอินพงษ์	คณะวนศาสตร์	กรรมการ
18. นางสาวภาณุมาศ ลาดपालะ	กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช	กรรมการ
19. นายโอภาสพงศ์ ขอบเขตต์	คณะวนศาสตร์	กรรมการ
20. นายรุ่งเรือง พูลศิริ	คณะวนศาสตร์	กรรมการและเลขานุการ
21. นางวรรณพรณ หิมพานต์	กรมป่าไม้	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
22. นายกิจจา บุญศรี	คณะวนศาสตร์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
23. นางสาวทิพย์วรรณ จันทร์สว่าง	คณะวนศาสตร์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

โดยมีหน้าที่กำหนดรูปแบบของกิจกรรมในการสัมมนาทางวิชาการวณวณวิทยาครั้งที่ 10 ให้สอดคล้องกับรูปแบบของ "การประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปีพ.ศ. 2559" รวบรวมผลงานวิจัย และบทความทางวิชาการ ประสานผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อพิจารณาผลงานทางวิชาการและคัดเลือกเอกสารที่จะนำเสนอ ดูแลด้านพิธีการ การเชิญประธาน เลขานุการ วิทยากร และผู้ที่เกี่ยวข้อง จัดทำเอกสารประกอบการสัมมนา การจัดบันทึกและสรุปผลการสัมมนา การตรวจแก้ไขและจัดทำรายงานการสัมมนา ตลอดจนประสานและรายงานความก้าวหน้าต่อคณะกรรมการ "การประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปีพ.ศ. 2559" เป็นระยะ

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไปจนสิ้นสุดการสัมมนา

ประกาศ ณ วันที่ 28 ธันวาคม พ.ศ. 2558



(นายจงรัก วาชรินทร์รัตน์)

คณบดีคณะวนศาสตร์