วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2559 : 34 (2) : 21-30

มวลชีวภาพเหนือดิน และปริมาณธาตุอาหารในไม้อะเคเซียลูกผสมสายต้นต่าง ๆ ที่ปลูกในดินเสื่อมโทรม จังหวัดกาญจนบุรี

Aboveground Biomass and Nutrient Content of Various Acacia Hybrid Clones Planted on Degraded Soil at Kanchanaburi Province

ฤกษ์พงษ์ โคตรมา[1] รุ่งเรือง พูลศิริ[1] มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันติ์[2]

บทคัดย่อ

มวลชีวภาพเหนือดิน และปริมาณธาตุอาหารในไม้อะเคเซียลูกผสมสายต้นต่างๆ ที่ปลูกในพื้นที่สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ อำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) ในแปลงปลูกไม้อะเคเซียลูกผสม อายุ 4 ปี ที่มีระยะปลูก 3x3 เมตร จำนวน 4 บล็อก บล็อกละ 6 สายต้น ในแต่ละสายต้นปลูกจำนวน 24 ต้น ได้แก่ สายต้น 1, 3, 5, 14, 18 และ 19 ผลการศึกษาพบว่า การเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน และเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดิน (DBH) มีมากที่สุดในสายต้น 3 และการเติบโตทางความสูงมากที่สุดในสายต้น 18 ส่วนอัตราการรอดตายมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน โดยสายต้น 1 อัตราการรอดตายสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 87.50 และสายต้น 3 มีอัตราการรอดตายต่ำสุด คือ ร้อยละ 41.67 ขณะที่มวลชีวภาพเหนือดิน สายต้น 3 มีค่ามากที่สุด (25.14 ตันต่อเฮกแตร์) รองลงมาคือ สายต้น 18, 5, 19, 14 และ 1 มีค่าน้อยที่สุด (18.57 ตันต่อเฮกแตร์) นอกจากนี้ความเข้มข้นและการสะสมธาตุอาหารของแต่ละสายต้นส่วนใหญ่ พบว่า Ca > N > K > P > Mg ยกเว้น สายต้น 1 และ 14 ที่พบว่า N > Ca > K > P > Mg อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนใบมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ กิ่ง และลำต้น ตามลำดับ ขณะที่การสะสมของ P, K และ Ca ในส่วนลำต้นมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ กิ่ง และใบ ตามลำดับ ส่วนการสะสมของ N และ Mg ในส่วนใบมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ ลำต้น และกิ่ง ตามลำดับ

คำสำคัญ : มวลชีวภาพเหนือดิน ปริมาณธาตุอาหาร ไม้อะเคเซียลูกผสม ดินเสื่อมโทรม กาญจนบุรี

Abstract

Aboveground biomass and nutrient content of acacia hybrid clones planted in Don Salab-Lao Khwan plantations, Lao Khwan district, Kanchanaburi province. The experimental design was a Randomized Complete Block Design (RCBD) in 4 years old acacia hybrid clones. The spacing of tree planting was 3x3 m with 4 blocks. Each block consisted of 6 clones, i.e., 1, 3, 5, 14, 18 and 19. Each clone planted 24 trees. The results showed that the growth of diameter at ground level and DBH were most growth of height in clone 3 and total height was highest in clone 18. The survival rates are likely similar by the highest survival rate was 87.50 percent in clone 1 and the lowest of clone 3 has equal to percentage of 41.67 while the aboveground biomass clone 3 has the most (25.14 t ha^{-1}), followed by clone 18, 5, 19, 14 and 1 with the least (18.57 t ha^{-1}). In addition, the most nutrient concentration and accumulation in individual clones were Ca > N > K > P > Mg except clone 1 and 14 were N > Ca > K > P > Mg. However, the nutrient concentrations

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[2]สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

in the leaves were the most, followed by branches and stem, respectively. P, K and Ca accumulation of the stem were the most, followed by branches and leaves, respectively. While, N and Mg accumulation of the leaves were the most, followed by stem and branches, respectively.

Keywords: aboveground biomass, nutrient content, acacia hybrid clones, degraded soil, Kanchanaburi

คำนำ

ปัจจุบันพื้นที่เสื่อมโทรม หรือพื้นที่ที่มีศักยภาพทางการเกษตรต่ำ ในประเทศไทยมีเนื้อที่รวมกันถึง 224.90 ล้านไร่ จาก 320.70 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 70.13 ของพื้นที่ทั้งประเทศ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540) ซึ่ง กรมพัฒนาที่ดิน (2540) ได้ให้นิยามพื้นที่เสื่อมโทรมไว้ว่า พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของดิน จนทำให้พื้นที่นั้นมีคุณภาพลดลงจนไม่สามารถใช้เพื่อการเกษตรได้อย่างถาวรและให้ผลผลิตคงที่ตลอดไป จึงส่งผลให้ทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตระหนักถึงปัญหาในการใช้ประโยชน์พื้นที่เหล่านี้ และหันมาให้ความสนใจปลูกพืชที่มีศักยภาพสูงเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน ฟื้นฟูให้พื้นที่นั้นกลับมามีคุณค่าอีกครั้ง ทั้งนี้การปลูกไม้โตเร็วต่างถิ่นวงศ์ถั่ว เช่น ไม้สกุลอะเคเซีย ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้พื้นที่เสื่อมโทรมเหล่านี้กลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้งหนึ่ง

ไม้สกุลอะเคเซีย เป็นไม้เอนกประสงค์โตเร็วชนิดหนึ่งที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศออสเตรเลียและปาปัวนิวกินี สามารถปรับตัวได้กับทุกสภาพท้องที่ (Chittachumnonk and Sirilak, 1991) ได้มีการนำเข้ามาปลูกในประเทศมากกว่า 50 ปีมาแล้ว ซึ่งกรมป่าไม้มีโครงการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อพัฒนาให้เป็นไม้เศรษฐกิจและเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมมาตั้งแต่ปี 2527 เป็นต้นมา สายต้นไม้อะเคเซียลูกผสมที่ได้มีการปรับปรุงพันธุ์แล้ว จะมีการพัฒนาทั้งทางด้านการเติบโตและรูปทรงลำต้นดีขึ้นกว่าสายต้นทั่วไป (วิฑูรย์ และคณะ, 2543) ไม้สกุลนี้จัดอยู่ในกลุ่มพืชวงศ์ถั่ว ซึ่งถือเป็นพืชปรับปรุงดินอันเนื่องมาจากการที่มีแบคทีเรีย (ไรโซเบียม) อาศัยอยู่ในรากที่สร้างปมขึ้นมา โดยไรโซเบียมสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้อยู่ในรูปที่พืชดูดดึงไปใช้ได้จากก๊าซไนโตรเจนในบรรยากาศได้ และมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการปรับปรุงดิน ส่วนหนึ่งก็จะได้จากซากพืชที่ร่วงหล่นจำนวนมาก เมื่อย่อยสลายก็จะกลายเป็นอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นในดิน นอกจากนี้ยังทำให้มีปริมาณไนโตรเจนในดินเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย (Baker, 1990)

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามวลชีวภาพเหนือดิน และปริมาณธาตุอาหารของไม้อะเคเซียลูกผสมสายต้นต่างๆ ที่ปลูกในดินเสื่อมโทรม อันเนื่องจากพื้นที่ป่าไม้ถูกบุกรุกทำลายจากราษฎร เพื่อการขยายพื้นที่ทำกินจนก่อให้เกิดความแห้งแล้ง และเสื่อมโทรม (สำนักงานจังหวัดกาญจนบุรี, 2545) ซึ่งจะทำให้ทราบถึงการเติบโตของแต่ละสายต้น และปริมาณการสะสมธาตุอาหารในส่วนต่างๆ โดยข้อมูลที่ได้สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกสายต้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกเพื่อการฟื้นฟูพื้นที่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ควบคู่กันไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ ขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ตั้งอยู่ที่บ้านสี่กั๊ก หมู่ 13 ตำบลทุ่งกระบ่ำ อำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี จัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2549 โดยครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 6,250 ไร่ มีสภาพภูมิประเทศเป็นที่ลาดชายเขา โดยทิศตะวันตกเฉียงใต้เป็นที่ราบสูง มีภูเขาบริเวณตำบลหนองนกแก้ว ตำบลทุ่งกระบ่ำ ตำบลหนองประดู่ และตำบลเลาขวัญตอนบนลาดลงสู่ทางทิศเหนือ ทิศตะวันออก บริเวณตำบลหนองโสน และตำบลเลาขวัญตอนล่าง สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไป มีสภาพอากาศที่ร้อนและแห้งแล้งในฤดูร้อน มีฝนตกพอประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในฤดูฝน บางช่วงมีฝนตกชุกเกิดน้ำท่วม น้ำป่าไหลหลากท่วมบ้านเรือน ไร่นา หมู่บ้านต่างๆ ถนนถูกตัดขาด และมีน้ำท่วมขังเป็นบางช่วง ส่วนในฤดูหนาวมีอากาศหนาว (สำนักงานเกษตรอำเภอเลาขวัญ, 2550) นอกจากนี้ในพื้นที่ตำบลทุ่งกระบ่ำมีลักษณะเป็นดินทรายแป้งละเอียด (ชุดดินที่ 33) ดินร่วนละเอียดลึกถึงลึกมาก (ชุดดินที่ 33, 36 และ 36gm) ดินร่วนหยาบลึกถึงลึกมาก (ชุดดินที่ 40) ดินทรายหนา (ชุดดินที่ 44) ดินตื้นถึงชั้นหินพื้น (ชุดดินที่ 47) ดินตื้นถึงก้อนหินหรือเศษหิน (ชุดดินที่ 48) ดินตื้นถึงชั้นมาร์ลหรือก้อนปูน (ชุดดินที่ 52) ดินลึกปานกลางถึงชั้นหินพื้น เศษหิน ก้อนหินหรือลูกรัง (ชุดดินที่ 55 และ 56) ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นด่าง การระบายน้ำค่อนข้างเลวถึงดีปานกลาง และส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง (กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2558)

2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) ในแปลงปลูกไม้อะเคเซียลูกผสม อายุ 4 ปี เริ่มปลูกในปี พ.ศ. 2550 และเก็บข้อมูลในปี พ.ศ. 2554 ในพื้นที่สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี (99 องศา 37 ลิปดาตะวันออก และ 14 องศา 36 ลิปดาเหนือ) โดยมีระยะปลูก 3x3 เมตร จำนวน 4 บล็อก บล็อกละ 6 สายต้น ในแต่ละสายต้นปลูก จำนวน 24 ต้น ได้แก่ สายต้น 1, 3, 5, 14, 18 และ 19 โดยไม้อะเคเซียลูกผสมแต่ละสายต้นที่ทำการศึกษาเป็นไม้อะเคเซียลูกผสมระหว่างกระถินณรงค์และกระถินณรงค์ ยกเว้นสายต้น 3 ที่เป็นไม้อะเคเซียลูกผสมระหว่างกระถินณรงค์และกระถินเทพา

3. การเก็บข้อมูลภาคสนาม

การเก็บข้อมูลมวลชีวภาพเหนือดิน โดยทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (D_0) เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดิน (DBH) และความสูงทั้งหมด (H) ของต้นไม้ทุกต้นในแปลง นำค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดินมาแจกแจงความถี่ 5 อันตรภาคชั้น แล้วกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดินเฉลี่ยในแต่ละอันตรภาคชั้น จากนั้นเลือกต้นไม้ตามขนาดที่กำหนด แล้วตัดต้นไม้ที่ระดับชิดดิน บันทึกความสูงทั้งหมดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน (D_0) ที่ระดับความสูง 0.30 เมตร (D_{30}) และทุกๆ 1 เมตรจนถึงปลายยอด จากนั้นตัดไม้ที่ระดับความสูง 0.30 เมตรขึ้นไปทุกๆ 1 เมตร ออกเป็นท่อนๆ จนถึงปลายยอด บันทึกน้ำหนักสดของลำต้น กิ่ง และใบ แยกเป็นรายท่อน สุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละส่วนของต้นไม้แต่ละต้นบันทึกน้ำหนักสด หลังจากนั้นนำตัวอย่างดังกล่าวไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่อเนื่อง 24-48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักคงที่ ที่ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แล้วบันทึกน้ำหนักแห้งเพื่อที่จะนำไปประมาณค่าน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพ และปริมาณธาตุอาหาร ตลอดจนคำนวณอัตราการรอดตายจากจำนวนต้นไม้ที่เหลืออยู่เทียบกับจำนวนต้นไม้ที่เริ่มต้นปลูกในแปลงปลูกแต่ละสายต้นต่อไป

4. การวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์มวลชีวภาพ โดยคำนวณหาร้อยละความชื้น จากนั้นเปลี่ยนน้ำหนักสดให้เป็นน้ำหนักแห้ง แล้วสร้างสมการแอลโลเมตรี (allometric equation) ตาม Satoo and Senda (1958) คือ

$$Y = aX^h$$

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

เมื่อ Y = มวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ของต้นไม้

X = parabolic volume ในรูป D และ D^2H ซึ่ง D และ H คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับต่างๆ และความสูงทั้งหมดของต้นไม้

a, h = ค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้สมการแล้วนำสมการที่หาได้มาคำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินของแต่ละสายต้นที่ทำการศึกษา

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร นำตัวอย่างส่วนลำต้น กิ่ง และใบ ที่ผ่านการอบจนมีน้ำหนักคงที่ แล้วนำไปบด โดยเครื่องบดละเอียด และวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) โดยใช้วิธี dry combustion (Jackson, 1958) ด้วยเครื่อง CHNS Analyzer ส่วนฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ย่อยตัวอย่างโดยวิธี wet oxidation ด้วยกรด HNO_3-$HClO_4$ acid mixture ในอัตราส่วน 5:2 และวิเคราะห์ปริมาณ P ด้วยวิธี vanadomolybdate yellow color ด้วยเครื่อง spectrometer วิเคราะห์ปริมาณ K, Ca และ Mg โดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542) เพื่อหาปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ นำค่าที่ได้ไปคำนวนหาปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดที่สะสมในแต่ละสายต้น

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของมวลชีวภาพ และปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของไม้อะเคเซียลูกผสมแต่ละสายต้น โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเติบโต

จากการศึกษาการเติบโตของไม้สกุลอะเคเซียทั้งหมด 6 สายต้น ที่ปลูกภายในพื้นที่สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ พบว่า การเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินสายต้น 3 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้น 18, 19, 5, 14 และ 1 มีค่าน้อยที่สุด ส่วนการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดิน สายต้น 3 มีการเติบโตดีที่สุดเช่นเดียวกัน รองลงมาเป็นสายต้น 18, 14, 5, 1 และ 19 ตามลำดับ ขณะที่การเติบโตทางความสูงสายต้น 18 มีมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้น 5, 3, 1, 14 และ 19 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย พบว่า การเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ส่วนการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดิน และความสูงทั้งหมดไม่แตกต่างทางสถิติ (Table 1)

Table 1 Growth of 6 acacia hybrid clones.

Clones	D_0 (cm)	DBH (cm)	Height (m)	Survival rate (%)
1	10.45^{b}	8.13	9.63	87.50^{a}
3	16.25^{a}	9.67	9.65	41.67^{b}
5	11.21^{b}	8.80	10.17	75.00^{a}
14	10.83^{b}	8.85	9.03	75.00^{a}
18	12.16^{b}	9.22	10.23	83.33^{a}
19	11.66^{b}	7.95	8.85	87.00^{a}
F-value	5.73**	1.35^{ns}	1.51^{ns}	6.78**

Remarks: Means followed by the same letter within each column were not significant differences by DMRT at $\alpha \leq 0.05$

** = highly significant difference ($p \leq 0.01$), ns = non significant difference ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนอัตราการรอดตายของไม้สกุลอะเคเซียทั้งหมด 6 สายต้น พบว่า สายต้น 1 มีอัตราการรอดตายสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 87.50 ขณะที่สายต้น 3 มีอัตราการรอดตายต่ำสุด เพียงร้อยละ 41.67 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสายต้น 3 เป็นไม้อะเคเซียลูกผสมระหว่างกระถินณรงค์และกระถินเทพาที่มีลักษณะชอบความชื้น (ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน, 2553) แต่ในพื้นที่สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ มีสภาพอากาศที่แห้งแล้งโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูร้อน โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2550-2554 มีค่าระหว่าง 1,067.00-1,329.20 มิลลิเมตร (กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2558) และในปีที่ทำการศึกษา (พ.ศ. 2554) มีปริมาณน้ำฝนเพียง 792.20 มิลลิเมตร (สำนักงานเกษตรอำเภอเลาขวัญ, ม.ป.ป.) ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าสภาพพื้นที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ อาจจะมีสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมกับสายต้น 3 จึงทำให้มีอัตราการรอดตายต่ำสุด และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการรอดตายแต่ละสายต้น พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (Table 1)

นอกจากนี้ มะลิวัลย์ และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาการเติบโตของไม้โตเร็ว 4 ชนิด ได้แก่ กระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินเทพณรงค์ ที่ระยะปลูก 1x1 เมตร ในแปลงทดลองอำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว และอำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี พบว่า แปลงกระถินเทพณรงค์ จังหวัดสระแก้วโตดีที่สุด รองลงมาคือ กระถินเทพา และกระถินยักษ์ โดยมีการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดิน เท่ากับ 7.40, 7.40 และ 5.80 เซนติเมตร ตามลำดับ และการเติบโตทางความสูง เท่ากับ 12.90, 11.90 และ 9.60 เมตร ตามลำดับ การที่ไม้โตเร็วดังกล่าวมีการเติบโตที่ต่างกันเนื่องมาจากศักยภาพของชนิดไม้ในการเติบโตในดินเสื่อมโทรมที่แตกต่างกัน ในขณะที่ Kumar *et al*. (2011) พบว่า การเติบโตของกระถินณรงค์อายุ 2, 3, 4, 5 และ 6 ปี ในรัฐ Karnataka ประเทศอินเดีย มีการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดิน เท่ากับ 2.60, 3.10, 4.50, 5.20 และ 6.30 เซนติเมตร ตามลำดับ และการเติบโตทางความสูง เท่ากับ 2.60, 4.90, 5.40, 7.50 และ 6.80 เมตร ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่ามีค่าน้อยกว่าไม้อะเคเซียลูกผสมทั้ง 6 สายต้นที่ทำการศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากไม้อะเคเซียลูกผสมทั้ง 6 สายต้นได้รับการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ให้เหมาะสมในการปลูกในพื้นที่แห้งแล้งและดินที่เสื่อมโทรม

2. สมการมวลชีวภาพเหนือดิน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดิน (DBH) ยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมดกับมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ได้แก่ มวลชีวภาพลำต้น (Ws) มวลชีวภาพกิ่ง (Wb) และมวลชีวภาพใบ (Wl) ของไม้อะเคเซียลูกผสมทั้ง 6 สายต้น โดยอาศัยรูปแบบสมการ allometric relation ซึ่งได้จากการเลือกสมการที่มีความสัมพันธ์ดีที่สุด ดังแสดงใน Table 2

ผลการศึกษาสมการที่ใช้ในการประมาณมวลชีวภาพของไม้อะเคเซียทั้ง 6 สายต้น ส่วนใหญ่สอดคล้องกับการศึกษาของ Kira and Shidei (1967) ที่พบว่า การนำเอาความสูงทั้งหมด (H) มาเป็นตัวแปรอิสระร่วมกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดินยกกำลังสอง $(DBH)^2$ ในรูปของ $(DBH)^2H$ ซึ่งทำให้สามารถประมาณหามวลชีวภาพได้อย่างถูกต้องที่สุด เนื่องจาก $(DBH)^2H$ เป็นค่าโดยประมาณของปริมาตรไม้ มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับมวลชีวภาพหรือน้ำหนัก ยกเว้น มวลชีวภาพใบสายต้น 3 ที่ต้องใช้ความสูงทั้งหมด (H) เป็นตัวแปรอิสระร่วมกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินยกกำลังสอง $(D_0)^2$ ในรูปของ $(D_0)^2H$ เนื่องจากทำให้สมการดังกล่าวมีความสัมพันธ์มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2 Allometric equations of 6 acacia hybrid clones.

Clones	Equation	R^2
1	$Ws = 0.0511DBH^2H^{0.8405}$	0.9820
	$Wb = 0.0004DBH^2H^{1.4583}$	0.9044
	$Wl = 0.0043DBH^2H^{0.9869}$	0.8891
3	$Ws = 0.0761DBH^2H^{0.7815}$	0.9358
	$Wb = 0.0413DBH^2H^{0.8039}$	0.8166
	$Wl = 0.0051D_0^2H^{0.9654}$	0.7515
5	$Ws = 0.0240DBH^2H^{0.9692}$	0.9525
	$Wb = 0.1881DBH^2H^{0.5049}$	0.9884
	$Wl = 0.0683DBH^2H^{0.6077}$	0.8731
14	$Ws = 0.0282DBH^2H^{0.9495}$	0.9908
	$Wb = 0.0006DBH^2H^{1.3556}$	0.9589
	$Wl = 0.0020DBH^2H^{1.1216}$	0.9664
18	$Ws = 0.0658DBH^2H^{0.8277}$	0.9870
	$Wb = 0.0001DBH^2H^{1.5642}$	0.9011
	$Wl = 0.0039DBH^2H^{0.9952}$	0.9055
19	$Ws = 0.0248DBH^2H^{0.9510}$	0.9864
	$Wb = 0.0107DBH^2H^{0.9124}$	0.8468
	$Wl = 0.0429DBH^2H^{0.6654}$	0.9749

Remarks: W_s = stem biomass (kg), W_b = branch biomass (kg), W_l = leaf biomass (kg), DBH = diameter at breast height (cm), H = total height (m), R^2 = coefficient of determination

3. มวลชีวภาพเหนือดิน

ผลการศึกษามวลชีวภาพเหนือดินของไม้สกุลอะเคเซียทั้ง 6 สายต้น พบว่า สายต้น 18 มีปริมาณมวลชีวภาพลำต้นมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้น 5, 19, 14, 1 และ 3 มีค่าน้อยที่สุด ตามลำดับ ในขณะที่มวลชีวภาพกิ่งและใบสายต้น 3 มีปริมาณมากที่สุด และน้อยที่สุดในสายต้น 19 และสายต้น 1 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณมวลชีวภาพรวมของสายต้น 3 และ 18 มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด เท่ากับ 25.14 และ 25.02 ตันต่อเฮกแตร์ รองลงมาคือ สายต้น 5, 19, 14 และ 1 มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 20.62, 20.34, 19.19 และ 18.57 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ (Table 3)เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของมวลชีวภาพเหนือดินระหว่างสายต้น พบว่า ไม่แตกต่างทางสถิติ ยกเว้น มวลชีวภาพใบที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า แตกต่างจากการศึกษาของ จิรนิติ (2558) ที่พบว่า มวลชีวภาพเหนือดินของไม้อะเคเซียลูกผสม สายต้น 1 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้น 14, 5, 3, 19 และ 18 มีค่าเท่ากับ 76.22, 56.61, 50.30, 41.90, 35.36 และ 18.88 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่มีค่ามากกว่ามวลชีวภาพของไม้อะเคเซียลูกผสมทั้ง 6 สายต้นที่ทำการศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากในพื้นที่จังหวัดสระแก้วมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงกว่าในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2550-2554 มีค่าระหว่าง 1,158.60-1,911.60 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ (กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2558)

Table 3 Aboveground biomass (t ha^{-1}) of 6 acacia hybrid clones.

clones	Stem	Branch	Leaf	Total
1	11.56	4.49	2.52^{b}	18.57
3	10.82	6.85	7.47^{a}	25.14
5	12.97	4.44	3.21^{b}	20.62
14	12.13	4.33	2.73^{b}	19.19
18	17.47	4.29	3.26^{b}	25.02
19	12.62	4.24	3.48^{b}	20.34
F-value	0.80^{ns}	0.64^{ns}	2.93*	0.38^{ns}

Remarks: Means followed by the same letter within each column were not significant differences by DMRT at $\alpha \leq 0.05$

* = significant difference ($p \leq 0.05$), ^{ns} = non significant difference ($p > 0.05$)

4. ปริมาณธาตุอาหาร

ความเข้มข้นของธาตุอาหารในไม้สกุลอะเคเซียทั้ง 6 สายต้น มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ความเข้มข้นของ Ca มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ N, K, P และ Mg ตามลำดับ ยกเว้น สายต้น 1 และ 14 ในส่วนของใบที่มีความเข้มข้นของ N มากที่สุด รองลงมาคือ Ca, K, P และ Mg ตามลำดับ นอกจากนี้ความเข้มข้นของ P ในส่วนของลำต้น Ca ในส่วนของกิ่ง และ P, Mg ในส่วนของใบ แต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ขณะที่ความเข้มข้นของ Mg ในส่วนของกิ่ง แต่ละสายต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของธาตุอาหารอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวในข้างต้น ทั้งในส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ ของทั้ง 6 สายต้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และเมื่อพิจารณาแต่ละส่วนของไม้อะเคเซียลูกผสมทั้ง 6 สายต้น พบว่า ใบมีความเข้มข้นของธาตุอาหารทั้งหมดมากที่สุด รองลงมาคือ กิ่ง และลำต้น ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Curlin (1970) กล่าวว่า ร้อยละความเข้มข้นของธาตุอาหารในพืช ใบมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ กิ่ง ลำต้น และราก ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของ Ca ในกิ่งส่วนใหญ่มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ใบ และลำต้น ตามลำดับ (Table 4)

จากการศึกษาของ Atipanumpai (1989) พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของ N ในใบกระถินเทพา อายุ 30 เดือน จากหลายๆ ถิ่นกำเนิด อยู่ในช่วงร้อยละ 1.99-2.74 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของ N ในใบอยู่ในช่วงร้อยละ 2.33-3.04 โดยน้ำหนักแห้ง ในขณะที่ปริมาณ N ในใบของกระถินณรงค์ ที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ลำเภาลำทราย จังหวัดกาญจนบุรี มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 1.99-2.32 (ปริชาติ, 2541)

ปริมาณการสะสมของธาตุอาหารแต่ละสายต้นในส่วนของลำต้น และกิ่ง มีแนวโน้มเหมือนกัน คือ ปริมาณการสะสม Ca มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ N, K, P และ Mg ตามลำดับ ในขณะที่ส่วนของใบมีปริมาณการสะสม Ca มีค่ามากที่สุดเช่นกัน รองลงมาคือ N, K, Mg และ P ตามลำดับ ยกเว้น สายต้น 1 และ 14 ที่มีปริมาณการสะสมของ N มากที่สุด รองลงมาคือ Ca, K, P และ Mg ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณการสะสม N, P, K และ Mg ในส่วนของใบทั้ง 6 สายต้น พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้น ปริมาณการสะสม Ca ในแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) อย่างไรก็ตามปริมาณการสะสมธาตุอาหารอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวในข้างต้น ทั้งในส่วนของลำต้น และกิ่ง นั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติ นอกจากนี้ปริมาณการสะสมธาตุอาหารในส่วนลำต้นมีค่ามากที่สุด รองลงมาเป็นกิ่ง และใบ ตามลำดับ เว้นแต่ปริมาณ N และ Mg ที่มีการสะสมในส่วนใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากที่สุด รองลงมาคือ ลำต้น และกิ่ง ตามลำดับ นอกจากนี้สายต้น 3 มีปริมาณการสะสมธาตุอาหารทั้ง 5 ธาตุในส่วนของใบ > ลำต้น > กิ่ง ตามลำดับ (Table 5)

Table 4 Nutrient concentration (% dry weight) of 6 acacia hybrid clones.

Parts	Clones	N	P	K	Ca	Mg
Stem	1	0.39	0.17^{ab}	0.23	1.56	0.04
	3	0.63	0.22^{a}	0.32	2.73	0.09
	5	0.44	0.17^{ab}	0.22	2.34	0.06
	14	0.42	0.21^{a}	0.23	1.60	0.05
	18	0.37	0.09^{c}	0.22	2.25	0.07
	19	0.39	0.12^{bc}	0.27	2.32	0.07
	F-value	1.56^{ns}	5.15^{**}	1.60^{ns}	0.83^{ns}	1.51^{ns}
Branch	1	1.02	0.21	0.46	3.44^{b}	0.07^{c}
	3	1.26	0.22	0.46	3.38^{b}	0.17^{a}
	5	1.08	0.24	0.44	5.41^{b}	0.11^{abc}
	14	1.11	0.26	0.53	4.19^{b}	0.10^{bc}
	18	0.98	0.16	0.46	5.44^{b}	0.13^{abc}
	19	0.84	0.16	0.49	7.71^{a}	0.14^{ab}
	F-value	0.65^{ns}	2.28^{ns}	0.37^{ns}	5.28^{**}	2.70^{*}
Leaf	1	3.04	0.29^{a}	0.69	2.10	0.20^{c}
	3	2.33	0.22^{a}	0.61	5.21	0.22^{c}
	5	2.75	0.25^{a}	0.55	4.95	0.26^{abc}
	14	2.77	0.25^{a}	0.66	2.25	0.23^{bc}
	18	2.74	0.23^{a}	0.57	3.88	0.29^{ab}
	19	2.67	0.15^{b}	0.63	3.71	0.31^{a}
	F-value	1.09^{ns}	4.81^{**}	0.85^{ns}	0.62^{ns}	4.21^{**}

Remarks: Means followed by the same letter within each column were not significant differences by DMRT at $\alpha \leq 0.05$ ** = highly significant difference ($p \leq 0.01$), * = significant difference ($p \leq 0.05$), ^{ns} = non significant difference ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 5 Nutrient contents (kg/ha) of 6 acacia hybrid clones.

Parts	Clones	N	P	K	Ca	Mg
Stem	1	45.10	20.81	25.44	180.41	4.62
	3	71.22	26.00	36.18	308.65	10.17
	5	57.09	23.35	28.55	303.62	7.78
	14	50.96	25.48	27.90	194.15	6.06
	18	64.65	17.47	36.69	393.12	10.48
	19	49.21	15.14	34.07	292.78	8.83
	F-value	0.57^{ns}	0.79^{ns}	0.48^{ns}	1.57^{ns}	1.50^{ns}
Branch	1	45.84	8.99	20.67	154.60	3.15
	3	55.07	14.30	26.46	226.00	8.58
	5	47.94	10.65	19.53	240.15	4.88
	14	48.04	11.25	23.37	181.35	4.32
	18	42.04	6.86	19.73	233.82	6.00
	19	35.66	6.79	20.80	327.31	6.36
	F-value	0.34^{ns}	1.21^{ns}	0.25^{ns}	1.26^{ns}	1.43^{ns}
Leaf	1	76.82^{b}	7.33^{b}	17.43^{b}	53.07^{b}	5.05^{b}
	3	216.90^{a}	18.39^{a}	54.41^{a}	416.93^{a}	21.46^{a}
	5	88.26^{b}	8.02^{b}	17.65^{b}	158.88^{b}	8.34^{b}
	14	75.75^{b}	7.11^{b}	18.05^{b}	61.53^{b}	6.29^{b}
	18	89.79^{b}	7.83^{b}	18.61^{b}	126.68^{b}	9.79^{b}
	19	92.99^{b}	5.22^{b}	21.94^{b}	129.21^{b}	11.14^{b}
	F-value	2.93^{*}	3.01^{*}	3.48^{*}	4.90^{**}	3.47^{*}

Remarks: Means followed by the same letter within each column were not significant differences by DMRT at $\alpha \leq 0.05$
** = highly significant difference ($p \leq 0.01$), * = significant difference ($p \leq 0.05$), ^{ns} = non significant difference ($p > 0.05$)

สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จากผลการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกไม้อะเคเซียลูกผสม สายต้นที่เหมาะสมที่ควรปลูกในพื้นที่อำเภอดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรีได้ ซึ่งสายต้น 18 เหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากมีความสูงและมีมวลชีวภาพส่วนลำต้นมากที่สุด นอกจากนี้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน และเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดิน ยังมีค่ามากที่สุด รองจากสายต้น 3 แต่สายต้น 3 มีอัตรารอดตายและมวลชีวภาพส่วนลำต้นน้อยที่สุด จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาปลูกในพื้นที่ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาปริมาณการสะสมธาตุอาหารในไม้อะเคเซียลูกผสมแต่ละสายต้น พบว่า ธาตุอาหารในลำต้น และกิ่ง นั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ธาตุอาหารในใบ สายต้น 18 ถือว่าอยู่ในกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยรองลงมาจากสายต้น 3 จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ดังนั้นจึงสามารถแนะนำได้ว่าสายต้น 18 มีความเหมาะสมมากที่สุด ที่จะปลูกในพื้นที่ดังกล่าว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ และห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำการวิจัย และวิเคราะห์ข้อมูลจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2540. การคุ้มครองพื้นที่เกษตรกรรม. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2558. สถิติปริมาณฝน ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา พ.ศ. 2545-2557. สำนักสถิติพยากรณ์ สำนักงานสถิติแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. ตำบลทุ่งกระบ่ำ อำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี. แหล่งที่มา: http://oss101.ldd.go.th/web_thaisoilinf/central/Kanchanaburi/kbr_map/kbr_map62/7110/711006_home.html#, 8 มิถุนายน 2558.

จิรนิติ เชิงสะอาด. 2558. การเติบโต มวลชีวภาพ และปริมาณสารอาหารของสายต้นอะเคเซียลูกผสมในจังหวัดสระแก้ว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช. พิมพ์ครั้งที่ 7. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 108 น.

ปริชาติ โรจนเมธากุล. 2541. ความผันแปรของการเจริญเติบโต ปริมาณไนโตรเจนในใบ และ Stomatal Conductance ของไม้กระถินณรงค์จากต่างถิ่นกำเนิด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันติ์ เกษม หฤทัยธนาสันติ์ เอกพงษ์ ธนะวัติ ศักดา พรมเลิศ และ เอกชัย บ่ายแสงจันทร์. 2553. ศักยภาพของกระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินเทพณรงค์ในการปลูกเป็นสวนป่าพืชพลังงาน. รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: สาขาพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 579-586.

วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง สุรชัย ปราณศิลป์ พรศักดิ์ มีแก้ว และ คงศักดิ์ ภิญโญภูษาฤกษ์. 2543. ลักษณะสายพันธุ์รุ่นที่สองของการปรับปรุงพันธุ์ไม้กระถินณรงค์. วารสารวิชาการป่าไม้ 2(1): 1-15.

ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน. 2553. กระถินเทพา. สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 16 น.

สำนักงานเกษตรอำเภอเลาขวัญ. 2550. บรรยายสรุปอำเภอ. แหล่งที่มา: http://laokhwan.kanchanaburi.doae.go.th/pages/banyay.html, 7 ตุลาคม 2557.

____. ม.ป.ป. ปริมาณน้ำฝนรายวัน ปี 2553-2556. แหล่งที่มา: http://laokhwan.kanchanaburi.doae.go.th/pdf%2057/fonray%2056.pdf, 12 สิงหาคม 2558.

สำนักงานจังหวัดกาญจนบุรี. 2545. บรรยายสรุปอำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี. จังหวัดกาญจนบุรี.

Atipanumpai, L. 1989. *Acacia mangium*: Studies on the genetic variation in ecological and physiological characteristics of a fast-growing plantation tree species. Acta Forestalia Fennica 206: 1-92.

Baker, D.D. 1990. Actinomycorrhizal plants: trees and shrubs for forestry and agroforestry, pp. 328-334. *In* J. Burley, ed. Proceedings of the XIX World Congress of IUFRO, Division 2. August 5-11, 1990. Montreal.

Chittachumnonk, P. and S. Sirilak. 1991. Performance of Acacia species in Thailand, pp. 153-158. *In* J.W. Turnbull, ed. Advances in Tropical Acacia Research. Proceedings of an International workshop held in Bangkok, Thailand. 11-15 February 1991. ACIAR Proceedings No. 35. 234p.

Curlin, J.W. 1970. Nutrient as a factor in site productivity and forest fertilization, pp. 313-326. *In* C.T. Youngberg, and C.B. Davey, eds. Tree Growth and Forest Soils. Proc. of the Third North Amer. For. Soil Conference. Oregon State University Press, Oregon.

Jackson, M.L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 521p.

Kira, T. and T. Shidei. 1967. Primary production and turnover of organic matter in difference forest ecosystems of the Western Pacific. Jap. J. Ecol. 17: 70-87.

Kumar, R., K.K. Pandey, N. Chandrashekar and S. Mohan. 2011. Study of age and height wise variability on calorific value and other fuel properties of *Eucalyptus Hybrid*, *Acacia auriculiformis* and *Casuarina equisetifolia*. Biomass and Bioenergy 35: 1339-1344.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้