นิพนธ์ต้นฉบับ

DOI: 10.14456/tjf.2022.11

การแปรผันการเติบโตและสภาวะถ่ายทอดพันธุกรรมของไม้กระถินณรงค์ ในแปลงทดสอบลูกหลาน รุ่นที่ 2 ที่สถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร

Growth Variation and Heritability of *Acacia auriculiformis* in a Second-generation Progeny Trial at the Kamphaeng Phet Silvicultural Research Station, Kamphaeng Phet Province

กิตติภรณ์ สุวรรณพงษ์[1,2]
สมพร แม่ลิ่ม[1*]
ชาคริต ณ ตะกั่วทุ่ง[1]
ประพาย แก่นนาค[2]

Kittiporn Suwannapong[1,2]
Somporn Maelim[1*]
Chakrit Na Takuathung[1]
Prapai Kaennak[2]

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

รับต้นฉบับ 31 สิงหาคม 2565 **รับแก้ไข** 11 พฤศจิกายน 2565 **รับลงพิมพ์** 21 พฤศจิกายน 2565

ABSTRACT

The aims of this study were to investigate the variations in growth, shape, survival, and heritability (h^2) of *Acacia auriculiformis* in a second - generation progeny trial at the Kamphaeng Phet Silvicultural Research Station, Kamphaeng Phet province in trees between the ages of 1-6 years old, by using a randomized complete block design (RCBD) trial with 20 replications. The diameter at breast height (DBH) and height (H) of all trees in the families belonging to three provenances (Papua New Guinea (PNG) Northern Territory (NT), Australia Queensland (QLD), Australia) were measured each year until the age of 6 years. Additionally, the axis persistence and stem straightness at age of 6 years was also evaluated. The 10 best families were selected using the growth and shape as indicators. All the characteristics were analyzed using analysis of variance (ANOVA) method in the R program.

The results of the study indicated that *Acacia auriculiformis* of age 6 years had an average survival rate of 61.32±7.29 %, with a DBH of 12.65±0.86 cm, and an average height of 12.83±0.65 m. Most acacia trees had stems that was slightly bent and there a slight branching was seen at the bottom of the tree. The results showed that there were highly significant differences in DBH and H of trees between the ages of 1-3 years and significant differences were obtained at the age of 6 years ($p<0.01$). The heritability (h^2) for age 6-year-old trees was found to be in the moderate to high range (0.2 - 0.4). This shows that all the characteristics of such acacia trees are influenced by genetics. The family that had the highest ranking was family 10 followed by family 20 (QLD), family 15 (PNG),

family 36 (NT)), family 18 (PNG), and family 23 (QLD), respectively. As such, these species can be promoted for use to the farmers.

Keywords: Growth; *Acacia auriculiformis* A.Cunn. ex Benth; Progeny test; Heritability

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการแปรผันทางการเติบโต อัตราการรอดตาย ลักษณะรูปทรง และประเมินค่าสภาวะการถ่ายทอดพันธุกรรมของไม้กระถินณรงค์ที่ปลูกในแปลงทดสอบลูกหลาน รุ่นที่ 2 ที่สถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร ที่อายุ 1-6 ปี โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 20 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วย ไม้กระถินณรงค์จำนวน 47 แฟมิลี่ (family) จาก 3 ถิ่นกำเนิด (provenance) ได้แก่ ถิ่นกำเนิดในรัฐควีนสแลนด์ (QLD) ถิ่นกำเนิดในรัฐนอร์ทเทิร์นเทอริเทอรี่ (NT) ประเทศออสเตรเลีย และถิ่นกำเนิดปาปัวนิวกินี (PNG) ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความสูง (H) ปีละ 1 ครั้ง จนมีอายุ 6 ปี และประเมินลักษณะรูปทรงของไม้กระถินณรงค์ทุกต้นเมื่ออายุ 6 ปี จัดอันดับแฟมิลี่ที่อยู่ในเกณฑ์ดี 10 แฟมิลี่แรก ที่มีการเติบโต และรูปทรงดี วิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยโปรแกรม R

ผลการศึกษาพบว่าไม้กระถินณรงค์ทั้ง 47 แฟมิลี่ ที่มีอายุ 6 ปี มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยร้อยละ 61.32±7.29 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยเท่ากับ 12.65±0.86 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 12.83±0.65 เมตร ส่วนใหญ่ไม้กระถินณรงค์มีลำต้นมีความโค้งงอเล็กน้อยและมีการแตกง่ามเล็กน้อยในช่วงปลายไม้ เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าที่อายุ 1, 2, 3 และ 6 ปี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงของไม้กระถินณรงค์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p<0.01) ส่วนสภาวะถ่ายทอดพันธุกรรม (h^2) ของไม้กระถินณรงค์อายุ 6 ปีพบว่า มีค่าปานกลางถึงระดับสูง (0.2 - < 0.4) แสดงให้เห็นว่าทุกลักษณะที่ไม้กระถินณรงค์แปลงนี้ได้รับอิทธิพลจากพันธุกรรม เมื่อจัดลำดับพบว่า แฟมิลี่ที่ 20 (QLD), แฟมิลี่ที่ 15 (PNG), แฟมิลี่ที่ 36 (NT), แฟมิลี่ที่ 18 (PNG) และ แฟมิลี่ที่ 23 (QLD) เหมาะสมที่จะนำไปส่งเสริมให้กับเกษตรกรต่อไป

คำสำคัญ: การเติบโต ไม้กระถินณรงค์ การทดสอบลูกหลาน สภาวะถ่ายทอดพันธุกรรม

คำนำ

กระถินณรงค์เป็นไม้วงศ์ถั่วที่ระบบรากสามารถตรึงไนโตรเจนและช่วยปรับปรุงดิน สามารถปลูกและเจริญเติบโตได้ในหลายสภาพท้องที่เนื่องจากเป็นไม้โตเร็ว และสามารถปรับตัวได้ดีกับสภาพท้องที่ต่าง ๆ ทั้งนี้ในปี พ.ศ. 2527 กรมป่าไม้ได้เล็งเห็นศักยภาพของไม้กระถินณรงค์ (Pinyopusarerk,1987) ที่มีบทบาทสำคัญในการนำไปปลูกสวนป่า และเริ่มโครงการปรับปรุงพันธุ์โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาไม้กระถินณรงค์ให้นำมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น เช่น เพื่อการสกัดสารแทนนินที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง ใช้เป็นไม้ฟืน ใช้ใบเป็นอาหารสัตว์ ใช้เป็นไม้ฟืน ใช้เป็นไม้ใช้สอยทดแทนไม้จากป่าธรรมชาติที่ลดลง ใช้ปลูกเพื่อฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมโทรม และใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นเยื่อกระดาษ และอุตสาหกรรม (medium density fiberboard, MDF) โดยจะเน้นส่งเสริมการปลูกไม้กระถินณรงค์ให้กับเกษตรกรนำไปใช้ในการปลูกป่าเพื่อการใช้สอยและป่าเศรษฐกิจเพื่อการผลิตเป็นเยื่อกระดาษต่อไป

อย่างไรก็ตามไม้กระถินณรงค์ก็ยังไม่เป็นที่สนใจของเกษตรกรที่นำไปใช้ในการปลูกป่าเพื่อการใช้สอยมากนัก เนื่องจากรูปทรงลำต้นมีลักษณะลำต้นคดงอ มีเรือนยอดแผ่กว้าง แตกกิ่งก้านมาก และมักแตกกิ่งที่ระดับล่างของลำต้น ทำให้คุณภาพเนื้อไม้ด้อยไป ทั้งที่มีความแข็ง ตลอดจนมีการยืดหดตัวน้อยมาก แต่ไม่สามารถใช้ประโยชน์เพื่อการก่อสร้าง และทำเฟอร์นิเจอร์ได้ จึงนำไปใช้ประโยชน์เพียงเพื่อปลูกเป็นไม้ประดับ ให้ร่มเงา ปลูกฟื้นฟูสภาพพื้นที่และ

ปรับปรุงดิน ใช้เป็นไม้เชื้อเพลิงทำฟืนและถ่านที่ให้พลังงานความร้อนสูง จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นของไม้กระถินณรงค์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ให้ได้มากขึ้น โดยมีการพัฒนาพันธุ์ให้มีรูปทรงที่เปลาตรง และมีการลิดกิ่งตามธรรมชาติได้ดีขึ้น

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบและตรวจสอบการแปรผันทางพันธุกรรมของการเติบโตและลักษณะรูปทรง ของไม้กระถินณรงค์ในแปลงทดสอบลูกหลานรุ่นที่ 2 และประเมินค่าสภาวะการถ่ายทอดพันธุกรรม (heritability) ของการเติบโตและรูปทรง เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้ในการส่งเสริมการปลูกไม้กระถินณรงค์สายพันธุ์คัดเลือกให้กับเกษตรกรนำไปใช้ในการปลูกป่าเพื่อการใช้สอยและป่าเศรษฐกิจต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

แม่พันธุ์ไม้กระถินณรงค์

กระถินณรงค์ที่ใช้ในการศึกษามีจำนวนทั้งหมด 47 แฟมิลี่ (family) จาก 3 ถิ่นกำเนิด (provenance) ได้แก่ ถิ่นกำเนิดในรัฐควีนสแลนด์ (QLD) ถิ่นกำเนิดในรัฐนอร์ทเทิร์นเทอริเทอรี่ (NT) ประเทศออสเตรเลีย และถิ่นกำเนิดปาปัวนิวกินี (PNG) ซึ่งได้มีการนำมาปลูกในแปลงทดสอบลูกหลานไม้กระถินณรงค์ รุ่นที่ 2 ในปี พ.ศ. 2552 ที่สถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชรจังหวัดกำแพงเพชร (Table 1)

Table 1 Details of the family and provenance of *Acacia auriculiformis* in a second - generation progeny trial at the Kamphaeng Phet silvicultural research station, Kamphaeng Phet province.

Provenance	Family code
Papua New Guinea (PNG)	1-4, 6, 9, 11-12, 14-15, 17-18, 21-22, 24-25, 32, 34, 41-44, 46
Northern Territory (NT), Australia	5, 8, 29, 36-38, 40, 47
Queensland (QLD), Australia	7, 10, 13, 16, 19-20, 23, 26-28, 30-31, 33, 35, 39, 45

การวางแผนการทดลอง

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design: RCBD) ใช้ไม้กระถินณรงค์ จำนวน 47 แฟมิลี่ (family) จาก 3 ถิ่นกำเนิด เป็นสิ่งทดลอง (treatments) แบ่งแปลงทดลองออกเป็น 20 ซ้ำ แต่ละซ้ำ จะประกอบด้วยไม้กระถินณรงค์จำนวน 47 แฟมิลี่ ในแต่ละแฟมิลี่ประกอบด้วยต้นกระถินณรงค์จำนวน 3 ต้น โดยกำหนดระยะปลูก 3x3 เมตร มีต้นไม้แนวเขตป้องกันรอบนอก (buffer tree) 2 แถว โดยรอบแปลง ใช้พื้นที่ทั้งหมด รวม 20 ไร่

การศึกษาการเติบโตของและอัตราการรอดตายไม้กระถินณรงค์

วัดความสูงของต้นไม้ด้วยไม้วัดความสูง (measuring pole) และวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ด้วยเทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter tape) และหาอัตราการรอดตายของไม้กระถินณรงค์ในแต่ละแฟมิลี่ โดยเก็บข้อมูลปีละ 1 ครั้ง จนไม้กระถินณรงค์มีอายุ 6 ปี

การประเมินลักษณะรูปทรงของไม้กระถินณรงค์

เริ่มทำการประเมินลักษณะรูปทรงของไม้กระถินณรงค์ทุกต้นในแปลง ด้วยการประยุกต์เกณฑ์การประเมินของ Pinyopusarerk (1990) โดยศึกษาใน 2 ลักษณะ และให้คะแนนสูงสุดในลักษณะที่ดีที่สุด ได้แก่

1. ความยาวของช่วงแกนลำต้น (axis persistence) มีระดับคะแนนตั้งแต่ 1-6 คะแนน ดังนี้

1.1 มีลำต้นคู่ หรือหลายลำต้นจากพื้นดินให้ 1 คะแนน

1.2 มีการแตกกิ่งแรกที่ความยาวไม่เกิน ¼ ของความยาวลำต้น ให้ 2 คะแนน

1.3 มีการแตกกิ่งแรกที่ความยาวไม่เกิน ½ ของความยาวลำต้น ให้ 3 คะแนน

1.4 มีการแตกกิ่งแรกที่ความยาวไม่เกิน ¾ ของความยาวลำต้น ให้ 4 คะแนน

1.5 มีการแตกกิ่งแรกที่ความยาวมากกว่า ¾ ของความยาวลำต้น ให้ 5 คะแนน

1.6 มีลำต้นเดี่ยวตลอดลำต้น ให้ 6 คะแนน

2. ความตรงของลำต้น (stem straightness) มีระดับคะแนนตั้งแต่ 1-4 คะแนน ดังนี้

2.1 ลำต้นมีความโค้งงอมาก และมีจำนวนมากกว่า 2 ช่วง ให้ 1 คะแนน

2.2 ลำต้นมีความโค้งงอเล็กน้อย 2 ช่วง และรุนแรงมาก 2 ช่วง ให้ 2 คะแนน

2.3 ลำต้นเกือบตรง แต่มีความโค้งงอเล็กน้อย 1-2 ช่วง ให้ 3 คะแนน

2.4 ลำต้นตรงอย่างสมบูรณ์ ให้ 4 คะแนน

การจัดลำดับคะแนน (ranking)

การคัดเลือกพันธุ์แบบ Index selection เนื่องจากในการปรับปรุงพันธุ์ไม้โดยเฉพาะไม้โตเร็วของกรมป่าไม้ ใช้โปรแกรม DataPlus (Williams *et al*., 2000) โดยทำการจัดลำดับคะแนนโดยใช้ 4 ลักษณะที่ได้จากการเติบโต (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก, และความสูง) และรูปทรงของลำต้น (ความยาวของแกนลำต้นและความตรงของลำต้น) ของไม้กระถินณรงค์ ที่อายุ 6 ปี ใช้ในการคำนวณ โดยกำหนดให้ค่าที่มากที่สุดในแต่ละลักษณะมีค่าเท่ากับ 1 ค่าสูงสุดที่ได้จากการวัดในลักษณะนั้น นำค่าที่ได้ทั้ง 4 ลักษณะรวมกันและนำไปจัดลำดับคะแนน

การประเมินค่าสภาวะถ่ายทอดพันธุกรรม (heritability, h^2)

ค่าสภาวะถ่ายทอดพันธุกรรมของไม้กระถินณรงค์ อายุ 6 ปี ในแปลงทดสอบแม่ไม้เป็นสัดส่วนระหว่างการแปรผันของพันธุกรรมต่อการแปรผันของลักษณะที่ปรากฏ ซึ่งใช้สัญลักษณ์ h^2 โดยคำนวณได้จาก (William *et al*., 2021)

$$h_I^2 = \frac{4\sigma_{F(P)}^2}{\sigma_w^2 + \sigma_{F(P)R}^2 + \sigma_{F(P)}^2}$$

เมื่อ h_I^2 = ค่าการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของแต่ละต้น

σ_w^2= การแปรผันของข้อผิดพลาดจากการสุ่ม

$\sigma_{F(P)R}^2$ = การแปรผันภายใน family

$\sigma_{F(P)}^2$ = การแปรผันระหว่าง family

โดย Duangjinda (2005) ได้จำแนกค่าการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. ค่าการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสูง มีค่าอยู่ในช่วง > 0.4 - 1.0

2. ค่าการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมปานกลาง มีค่าอยู่ในช่วง > 0.2 - < 0.4

3. ค่าการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมต่ำ มีค่าอยู่ในช่วง 0.0 - < 0.2

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลการเติบโต และรูปทรง โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม R

Table 2 Analysis of variance (ANOVA) table in a second - generation progeny trial at the Kamphaeng Phet silvicultural research station, Kamphaeng Phet province.

Source	df	Expected Mean Squares
Replication	$r-1$	$\sigma_w^2 + s\sigma_{F(P)R}^2 + fs\sigma_{PR}^2 + fps\sigma_R^2$
Provenances	$p-1$	$\sigma_w^2 + s\sigma_{F(P)R}^2 + fs\sigma_{PR}^2 + bfs\sigma_P^2$
Provenances × Rep	$(p-1)(r-1)$	$\sigma_w^2 + s\sigma_{F(P)R}^2 + fs\sigma_{PR}^2$
Family/ Provenances	$\sum_{i=1}^{p}(f_i - 1)$	$\sigma_w^2 + s\sigma_{F(P)R}^2 + sb\sigma_{F(P)}^2$
Family/ Provenances × Rep	$(\sum_{i=1}^{p}(f_i - 1))(r-1)$	$\sigma_w^2 + s\sigma_{F(P)R}^2$
Within plot	$\sum_{i}^{r}\sum_{k}^{f}(s_{ik} - 1)$	σ_w^2

F = the number of family, p = no. of provenances, r = no. of Replication, s = plot size, f_i =no. of family at the i^{th} provenances

ผลและวิจารณ์

การเติบโตของไม้กระถินณรงค์

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p<0.01) เมื่อไม้มีอายุ 1, 2, 3 ปี ส่วนที่อายุ 4 และ 5 ปี แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เมื่อไม้อายุ 6 ปี ไม้กระถินณรงค์ทั้ง 47 แฟมิลี่ ที่อายุ 1-6 ปี มีค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) เท่ากับ 2.11, 5.12, 7.49, 10.36, 11.23 และ 12.65 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อจัด 5 อันดับแรกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมากที่สุด และต่ำที่สุด พบว่า แฟมิลี่ที่ 10 จากถิ่นกำเนิดในรัฐควีนสแลนด์ (QLD) มีค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) มากที่สุดเท่ากับ 14.62 เซนติเมตร และแฟมิลี่ที่ 40 จากถิ่นกำเนิดในรัฐนอร์ทเทิร์นเทอริเทอร์รี่ (NT) มีค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ต่ำที่สุดเท่ากับ 11.19 เซนติเมตร (Table 3) ซึ่งพบว่าเติบโตดีกว่าการศึกษาของ Kumar *et al*. (2011) โดยกระถินณรงค์อายุ 2, 3, 4, 5 และ 6 ปี ในรัฐ Karnataka ประเทศอินเดีย มีการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) 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 และมีการเติบโตมากกว่าการศึกษาของ Tedsorn *et al*. (2017) โดยไม้กระถินณรงค์ลูกผสมอายุ 4 ปี ที่ปลูกร่วมกับสายต้นอะเคเชียลูกผสมที่สถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) เฉลี่ยเท่ากับ 7.77 เซนติเมตร แต่ยังน้อยกว่าสายต้นอะเคเชียลูกผสมที่ปลูกสถานีวนวัฒนวิจัยภาคกลาง จังหวัดกาญจนบุรี ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) เฉลี่ยเท่ากับ 11.46 เซนติเมตร

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูง (H) พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p<0.01) เมื่อไม้มีอายุ 1-6 ปี ไม้กระถินณรงค์ทั้ง 47 แฟมิลี่ ที่อายุ 1-6 ปี มีค่าเฉลี่ยความสูง เท่ากับ 1.49 , 4.70 , 6.15 , 9.54 , 10.91 และ 12.83 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อจัด 5 อันดับแรกที่มีความสูงมากที่สุดและต่ำที่สุด พบว่า แฟมิลี่ที่ 36 จากถิ่นกำเนิดในรัฐนอร์ทเทิร์นเทอริเทอร์รี่ (NT) มีค่าเฉลี่ยความสูงมากที่สุดเท่ากับ 14.32 เซนติเมตร และแฟมิลี่ที่ 25 จากถิ่นกำเนิดปาปัวนิวกินี (PNG) มีค่าเฉลี่ยความสูงต่ำที่สุดเท่ากับ 11.34 เซนติเมตร (Table 4) ซึ่งยังมีค่าความสูงน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการศึกษาของ Haruthaithanasan *et al.,* (2010) ที่ทำการศึกษาการเติบโตของไม้โตเร็ว 4 ชนิด (ปลูกช่วงมีนาคม พ.ศ. 2550) อายุ 1 ปี ได้แก่ กระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินเทพณรงค์ ที่ระยะปลูก 1x1 เมตร ในแปลงทดลองแปลงปลูกของบริษัทสหโคเจนกรีน จำกัด อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี พบว่าไม้กระถินเทพาโตดีที่สุด รองลงมาคือ ยูคาลิปตัส กระถินเทพณรงค์ และกระถินยักษ์ โดยมีการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก เท่ากับ 4.66, 4.57, 4.41 และ 3.56 เซนติเมตร ตามลำดับ และการเติบโตทางความสูง พบว่าไม้ยูคาลิปตัสมีความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ กระถินเทพณรงค์ กระถินยักษ์ และกระถินเทพา ซึ่งมีความสูงเท่ากับ 8.19, 7.30, 6.59, และ 5.74 เมตรตามลำดับ การที่ไม้โตเร็วดังกล่าวมีการเติบโตที่ต่างกันอาจเนื่องมาจากศักยภาพของชนิดไม้ที่แตกต่างกันในการเติบโตในสภาพดินที่แตกต่างกัน ซึ่งมีความสูงมากกว่าไม้กระถินณรงค์ลูกผสมอายุ 4 ปี ที่ปลูกร่วมกับสายต้นอะเคเชียลูกผสมที่สถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชรที่มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 7.82 เซนติเมตร แต่ยังน้อยกว่าที่สถานีวนวัฒนวิจัยภาคกลาง จังหวัดกาญจนบุรี ที่มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 15.97 เซนติเมตร ซึ่งสายพันธุ์จากเมล็ดที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับสายต้นมีค่าเฉลี่ยความสูงต่ำที่สุดทั้งกระถินเทพาและกระถินณรงค์ (Tedsorn *et al.,* 2017)

Table 3 Average diameter at breast height (DBH±standard deviation) of the *Acacia auriculiformis* trees for the top 5 and bottom 5 ranked families (F-Value based on the overall ranking of 47 families) based on trees at different ages in a second - generation progeny trial at the Kamphaeng Phet silvicultural research station, Kamphaeng Phet province.

Family code	Diameter at breast height (cm)						Rank
	1-years-old	2-years-old	3-years-old	4-years-old	5-years-old	6-years-old	
10	2.08±0.92	5.28±1.99	8.10±2.83	11.08±3.58	12.02±3.88	14.62±4.57	1
27	2.40±1.23	5.63±2.50	8.11±2.92	11.55±3.35	12.87±3.58	14.59±4.17	2
36	2.41±1.27	6.10±2.29	8.72±2.41	11.98±2.98	12.90±3.36	14.38±3.23	3
46	2.13±0.96	5.40±2.65	8.46±2.82	11.55±3.84	12.64±4.18	13.95±4.75	4
31	2.06±0.99	5.17±2.30	7.40±2.84	10.29±3.75	11.47±3.88	13.90±4.17	5
25	1.99±1.22	4.63±2.33	6.78±2.74	9.69±3.25	10.35±3.35	11.53±3.92	43
11	1.99±0.85	4.44±1.60	6.51±1.92	9.39±2.89	9.80±2.81	11.31±3.07	44
32	1.96±1.23	4.83±2.32	7.164±2.71	9.52±3.26	10.49±3.81	11.26±4.30	45
20	1.86±0.78	4.71±1.84	6.52±2.29	8.93±3.13	9.86±3.59	11.21±3.89	46
40	1.89±0.84	4.54±2.40	6.92±2.84	9.24±3.64	10.00±4.07	11.19±4.22	47
Average	**2.11**	**5.12**	**7.49**	**10.36**	**11.23**	**12.65**	
F-Value	**1.63****	**1.36****	**1.27****	**0.88**^{ns}	**0.89**^{ns}	**1.15***	

Remarks: ** highly significant at $p<0.01$, * significant at $p<0.05$, ^{ns} not significant

Table 4 Average height (H±standard deviation) of the *Acacia auriculiformis* trees for the top 5 and bottom 5 ranked families (F-Value based on the overall ranking of 47 families) based on trees at different ages in a second-generation progeny trial at the Kamphaeng Phet silvicultural research station, Kamphaeng Phet province.

Family code	Height (m.)						Rank
	1-years-old	2-years-old	3-years-old	4-years-old	5-years-old	6-years-old	
36	1.78±0.77	5.35±1.54	6.48±1.02	10.84±2.43	12.39±2.72	14.32±1.89	1
7	1.61±0.69	5.33±1.61	6.70±1.50	10.59±2.83	12.08±3.18	14.25±2.67	2
24	1.48±0.63	5.10±1.59	6.67±1.09	10.69±2.28	11.79±2.37	13.90±1.74	3
41	1.188±0.59	4.51±1.03	5.38±1.60	10.00±3.29	11.70±3.74	13.80±3.45	4
27	1.75±0.78	5.08±1.76	6.49±1.45	10.30±2.65	11.98±2.52	13.76±2.74	5
26	1.596±0.56	4.40±1.89	5.90±1.66	9.07±3.23	10.27±3.54	12.08±3.25	43
20	1.51±0.72	4.59±1.54	5.72±1.60	8.37±2.50	9.97±2.93	11.72±2.76	44
40	1.44±0.73	4.21±1.68	5.72±1.53	8.46±2.25	9.92±2.90	11.62±2.92	45
33	1.31±0.51	4.08±1.45	5.66±1.63	8.37±2.38	9.65±2.90	11.51±2.72	46
25	1.32±0.67	4.15±1.58	5.81±1.72	8.51±2.44	9.62±2.56	11.34±2.77	47
Average	**1.49**	**4.70**	**6.15**	**9.54**	**10.91**	**12.83**	
F-Value	**1.41****	**1.67****	**1.68****	**1.58****	**1.58****	**1.54****	

Remarks: ** highly significant at $p<0.01$

อัตราการรอดตายของไม้กระถินณรงค์

จากการทดสอบลูกหลานไม้กระถินณรงค์ ณ สถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร พบว่า อัตราการรอดตายของไม้กระถินณรงค์มีการลดลง เมื่อไม้กระถินณรงค์มีอายุเพิ่มขึ้น ไม้กระถินณรงค์ที่มีอายุระหว่าง 1-6 ปี ทั้ง 47 แฟมิลี่ มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 74.96-61.32 เมื่อจัด 5 อันดับแรกที่มีอัตราการรอดตายที่ดีที่สุด และต่ำที่สุด ที่อายุ 6 ปี พบว่า แฟมิลี่ที่ 47 จากถิ่นกำเนิดในรัฐนอร์ทเทิร์นเทอริเทอร์รี่ (NT) มีอัตราการรอดตายมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 83.28 และแฟมิลี่ที่ 45 จากถิ่นกำเนิดในรัฐควีนสแลนด์ (QLD) มีอัตราการรอดตายต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 41.94 (Table 5) โดยทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ปัจจัยสภาพแวดล้อมทางกายภาพของพื้นที่นั้น หรือการแก่งแย่งอาหาร โดยหมู่ไม้อาจมีลักษณะดีหรือไม่ดีก็ได้ ขึ้นอยู่กับความสามารถในการปรับตัวและแหล่งที่มาของเมล็ดที่ใช้ปลูกตอนเริ่มแรก (Eldridge *et al.,* 1997) ฉะนั้นการบำรุงดูแลรักษาให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและระบบการจัดการทางวนวัฒน์ที่ดีจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับไม้กระถินณรงค์และไม้เศรษฐกิจชนิดอื่นด้วย

Table 5 Average of survival rate of *Acacia auriculiformis* trees for the top 5 and bottom 5 ranked families (F-Value based on the overall ranking of 47 families) based on trees at different ages in a second - generation progeny trial at the Kamphaeng Phet silvicultural research station, Kamphaeng Phet province.

Family code	Survival rate (%)						Rank
	1-year-old	2-years-old	3-years-old	4-years-old	5-years-old	6-years-old	
47	92.85	92.85	90.42	90.42	90.42	83.28	1
24	77.45	78.66	75.88	75.88	75.88	75.88	2
8	83.31	73.63	76.26	76.26	75.36	72.73	3
28	88.30	76.60	76.60	76.60	76.60	71.60	4
6	80.68	73.63	73.11	73.11	73.11	71.22	5
41	70.75	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	43
10	77.15	60.11	56.38	56.76	56.76	52.82	44
22	67.58	64.21	57.07	55.07	49.92	49.92	45
46	60.15	52.46	49.84	48.53	48.53	48.53	46
45	68.25	52.42	44.22	44.22	44.22	41.94	47
Average	**74.96**	**66.86**	**64.89**	**64.01**	**63.40**	**61.32**	

ลักษณะรูปทรงของไม้กระถินณรงค์

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวของช่วงแกนลำต้น (axis persistence) และความตรงของลำต้น (stem straightness) ของทั้ง 47 แฟมิลี่ พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p<0.01) เมื่ออายุไม้ 6 ปี มีระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.17 (มีการแตกกิ่งแรกที่ความยาวไม่เกิน ½ ของความยาวลำต้น) และ 2.53 คะแนน (ลำต้นมีความโค้งงอเล็กน้อย 2 ช่วง และรุนแรงมาก 2 ช่วง) ตามลำดับ โดยที่อายุ 6 ปี เมื่อจัด 5 อันดับแรกที่มีคะแนนมากที่สุด และต่ำที่สุด พบว่า แฟมิลี่ที่ 7 จากถิ่นกำเนิดในรัฐควีนสแลนด์ (QLD) มีระดับคะแนนความยาวของช่วงแกนลำต้น และความตรงของลำต้นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 3.60 และ 2.88 คะแนน ตามลำดับ ขณะที่แฟมิลี่ที่ 25 จากถิ่นกำเนิดปาปัวนิวกินี (PNG) มีระดับคะแนนความยาวของช่วงแกนลำต้นเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ

2.78 คะแนน และแฟมิลี่ที่ 2 จากถิ่นกำเนิดปาปัวนิวกินี (PNG) มีระดับคะแนนความตรงของลำต้นเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 2.26 คะแนน (Table 6)

ซึ่งเหมือนกับการศึกษาของ Royampaeng (2001) ที่ศึกษาการแปรผันของลักษณะทางสรีรวิทยาของลูกผสมของไม้กระถินณรงคและไม้กระถินเทพาจากการผสมเกสร (controlled pollination) และศึกษาและคัดเลือกสายพันธุลูกผสมที่มีความสามารถในการปรับตัวทางสรีรวิทยาให้เข้ากับสภาพแวดลอมที่มีความแห้งแล้งได้ดี พบว่า ลูกผสมที่แม่ไม้มีสายพันธุ์จากกำเนิดในรัฐควีนสแลนด์ (QLD) มีการเจริญเติบโตและลักษณะรูปทรงต้นไม้ดีกว่าลูกผสมที่แม่ไม้มีสายพันธุ์จากกำเนิดในรัฐนอร์ทเทิร์นเทอริเทอร์รี่ (NT) เช่นเดียวกับไม้กระถินณรงค์ที่มีถิ่นกำเนิดในรัฐควีนสแลนด์ (QLD) เมื่อเปรียบเทียบกับที่มีถิ่นกำเนิดในรัฐนอร์ทเทิร์นเทอริเทอร์รี่ (NT) นอกจากนี้ยังพบว่าไม้ลูกผสมนี้มีความสามารถในการปรับตัวในภาวะแห้งแล้งได้ใกล้เคียงกับไม้กระถินณรงค์ อย่างไรก็ตาม ไม้ลูกผสมทั้งสอง Genotype มีกลไกในการปรับตัวทางสรีรวิทยาในสภาวะแห้งแล้งที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของแม่ไม้ ดังนั้นระบบการผสมเกสรตามธรรมชาติ (open pollination) น่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการพัฒนาการปรับปรุงพันธุ์ลูกผสมระหว่างไม้กระถินณรงค์และไม้กระถินเทพา

Table 6 Average axis persistence and stem straightness (±standard deviation) of *Acacia auriculiformis* trees for the top 5 and bottom 5 ranked families (F-Value based on the overall ranking of 47 families) based on trees at different ages in a second - generation progeny trial at the Kamphaeng Phet silvicultural research station, Kamphaeng Phet province.

Rank	Family code	Axis persistence (score)	Family code	Stem straightness (score)
1	7	3.60±1.00	7	2.88±0.83
2	1	3.58±1.02	24	2.85±0.73
3	24	3.57±0.90	10	2.84±0.83
4	41	3.50±1.29	32	2.80±0.78
5	22	3.47±1.37	28	2.78±0.68
43	40	2.88±1.07	44	2.33±0.75
44	23	2.87±0.71	12	2.29±0.75
45	2	2.84±0.88	33	2.29±0.86
46	8	2.80±0.89	46	2.27±0.75
47	25	2.78±0.96	2	2.26±0.77
Average		3.17		2.53
F-Value		1.20**		1.12**

Remarks: ** highly significant at $p<0.01$

การจัดลำดับคะแนน (ranking) โดยใช้วิธี Index selection ของไม้กระถินณรงค์ที่อายุ 6 ปี โดยจัดอันดับ 10 แฟมิลี่แรก ซึ่งเป็นแฟมิลี่ที่มีการเติบโตและลักษณะรูปทรงที่ดีจากการใช้ระบบการให้คะแนนของลักษณะต่าง ๆ พบว่าส่วนใหญ่เป็นแฟมิลี่ที่มาจากถิ่นกำเนิดปาปัวนิวกินี (PNG) และถิ่นกำเนิดในรัฐควีนสแลนด์ (QLD) โดยแฟมิลี่ที่ 20 จากถิ่นกำเนิดในรัฐควีนสแลนด์ (QLD) มีระดับคะแนนสูงสุดเท่ากับ 3.94 คะแนน และ แฟมิลี่ที่ 26 จากถิ่นกำเนิดในรัฐควีนสแลนด์ (QLD) มีระดับคะแนนต่ำสุดเท่ากับ 3.63 คะแนน (Table 7)

Table 7 Average DBH, H, axis persistence and stem straightness of the top 10 families of *Acacia auriculiformis* in a second - generation progeny trial at the Kamphaeng Phet silvicultural research station, Kamphaeng Phet province.

Family	DBH (cm)	H (m)	Axis Persistence	Stem straightness	Total Score (Max = 4)	Ranking
20	13.86±3.97	14.25±2.67	3.6±1.00	2.88±0.83	3.94	1
15	12.95±2.97	13.90±1.74	3.57±0.90	2.85±0.73	3.83	2
36	14.62±4.57	13.52±2.72	3.19±1.05	2.84±0.83	3.81	3
18	14.59±4.17	13.76±2.74	3.39±1.05	2.54±0.86	3.78	4
23	12.68±3.76	13.80±3.45	3.50±1.29	2.75±1.25	3.75	5
47	14.38±3.23	14.32±1.89	3.17±0.90	2.53±0.96	3.74	6
45	13.90±4.17	13.71±2.36	3.34±0.93	2.55±0.78	3.72	7
34	12.59±4.07	12.32±3.34	3.45±1.10	2.78±0.68	3.64	8
9	12.85±3.34	13.13±2.16	3.47±1.37	2.52±0.73	3.63	9
26	12.57±3.09	13.56±1.86	3.38±0.77	2.55±0.66	3.63	10

ค่าสภาวะถ่ายทอดพันธุกรรม (heritability) ของไม้กระถินณรงค์

จากการศึกษาพบว่า ค่าสภาวะถ่ายทอดพันธุกรรมของไม้กระถินณรงค์ที่อายุ 6 ปี มีการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูง ความยาวของช่วงแกนลำต้น และความตรงของลำต้น เท่ากับ 0.21, 0.51, 0.31 และ 0.20 ตามลำดับ ค่าสภาวะถ่ายทอดพันธุกรรมที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้มีอยู่ที่ระดับปานกลางถึงระดับสูง (0.2 - < 0.4) เมื่อเทียบกับไม้กระถินณรงค์ลูกผสม อายุ 3 ปี ที่มีค่าสภาวะถ่ายทอดพันธุกรรมของ การเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูง ความยาวของช่วงแกนลำต้น และความตรงของลำต้น ที่มีค่าเท่ากับ 0.45, 0.66, 0.59 และ 0.65 ตามลำดับ (Kliangsaard, 2013) ซึ่งมีผลการศึกษาเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และเช่นเดียวกับ Maelim *et al.,* (2017) ที่พบว่ากระถินเทพาอายุ 1 ปี ในแปลงทดสอบถิ่นกำเนิดของไม้กระถินเทพาอายุ 1 ปี ที่สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา มีความโตที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูง มีค่าสภาวะถ่ายทอดพันธุกรรมมากกว่า 50% หมายความว่าขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางทั้งสองลักษณะจะมีความผันแปรตามสิ่งแวดล้อมมากกว่าความสูง และสอดคล้องกับ Na Takuathung *et al*.(2005) พบว่าค่าสภาวะถ่ายทอดพันธุกรรมของลักษณะการเติบโตของขี้เหล็กบ้านเมื่อไม้มีอายุ 2 และ 6 เดือนมีค่ามากกว่า 60% ขึ้นไป จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ทุกลักษณะที่ไม้กระถินณรงค์แปลงนี้แสดงออกมาได้รับอิทธิพลจากพันธุกรรม ฉะนั้นหากต้องการปลูกสร้างสวนป่าไม้กระถินณรงค์ โดยใช้ไม้กระถินณรงค์แปลงนี้เป็นแหล่งพันธุกรรม ก็สามารถพัฒนาและใช้ไม้กระถินณรงค์แปลงนี้เป็นแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ (seed orchard:SO) ได้ (Table 8)

Table 8 Heritability for the DBH, H, axis persistence and stem straightness of the s*Acacia auriculiformis* in a second - generation progeny trials at the Kamphaeng Phet silvicultural research station, Kamphaeng Phet province.

Age (years)	Heritability			
	DBH (cm)	H (m)	AS	SS
1	0.56	0.32		
2	0.54	0.40		
3	0.37	0.76		
4	0.20	0.53		
5	0.19	0.53		
6	0.21	0.51	0.31	0.20

Remarks: AS = Axis persistence , SS = Stem straightness

สรุป

ในแปลงทดสอบลูกหลานไม้กระถินณรงค์รุ่นที่ 2 ที่สถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร ที่อายุ 6 ปี ด้านการเติบโตแฟมิลี่ที่ 10 จากถิ่นกำเนิดในรัฐควีนสแลนด์ (QLD) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมากที่สุด และแฟมิลี่ที่ 36 จากถิ่นกำเนิดในรัฐนอร์ทเทิร์นเทอริเทอร์รี่ (NT) มีความสูงสูงที่สุด แฟมิลี่ที่ 47 จากถิ่นกำเนิดในรัฐนอร์ทเทิร์นเทอริเทอร์รี่ (NT)มีอัตราการรอดตายมากที่สุด แฟมิลี่ที่ 7 จากถิ่นกำเนิดในรัฐควีนสแลนด์ (QLD) มีลักษณะรูปทรงลำต้นดีที่สุด (ลำต้นมีความโค้งงอเล็กน้อย และมีการแตกง่ามเล็กน้อยในช่วงปลายไม้) ในการจัดลำดับคะแนน (ranking) ที่ดีที่สุดคือ แฟมิลี่ที่ 20 จากถิ่นกำเนิดในรัฐควีนสแลนด์ (QLD) และค่าสภาวะถ่ายทอดพันธุกรรม (heritability) มีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับสูง (0.2 - < 0.4) แสดงให้เห็นว่าทุกลักษณะที่ไม้กระถินณรงค์แปลงนี้ได้รับอิทธิพลจากพันธุกรรม ซึ่งสามารถนำไปส่งเสริมการปลูกไม้กระถินณรงค์สายพันธุ์คัดเลือกให้กับเกษตรกรนำไปใช้ในการปลูกป่าเพื่อการใช้สอยและป่าเศรษฐกิจในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชรต่อไป

ข้อเสนอแนะ

การเติบโตของไม้กระถินณรงค์ ควรศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของคุณภาพของเนื้อไม้ที่สามารถนำมาเป็นผลิตภัณฑ์ทางไม้ และในเรื่องสิ่งแวดล้อม หรือพื้นที่ปลูกที่แตกต่างกัน เพื่อจะได้ทราบว่าแฟมิลี่ หรือถิ่นกำเนิดใดที่เหมาะสมกับพื้นที่จังหวัดหรือภาคใดในประเทศไทย โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาการเติบโต ลักษณะรูปทรง ของไม้กระถินณรงค์รุ่นที่ 2 ที่สถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงสายพันธุ์เพื่อการปลูกสร้างสวนป่าเศรษฐกิจ โดยการคัดเลือกแฟมิลี่ที่มีการเติบโตดีทั้งด้านความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก มีลักษณะรูปทรงที่ดี สำหรับใช้เป็นสวนเมล็ดพันธุ์ เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ในการปลูกสร้างสวนป่าเศรษฐกิจไม้กระถินณรงค์ต่อไป

คำนิยม

การศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่าย ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพร แม่ลิ่ม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาคริต ณ ตะกั่วทุ่ง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม นายประพาย แก่นนาค หัวหน้าสถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตรวจสอบ และแก้ไขงานวิจัยฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

REFERENCES

Duangjinda, M. 2005. **Genetic Animal Evaluation.** Animal science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University. (in thai)

Eldridge, K., Davidson, J., Hardwood, C., Wyk, G.V. 1997. **Eucalypt Domestication**

and Breeding. Oxford University Press, Oxford.

Haruthaithanasan, M., Kasem, H., Aekpong, T., Sakda, P., Aekachai, B. 2010. Potential of *Leucaena leucocephala*, *Eucalyptus camaldulensis, Acacia mangium* and Acacia hybrid (*Mangium X Auriculaeformis*) for energy plantation. *In*: **Proceedings of 4 8 th Kasetsart University Annual Conference: Plants**. 3-5 February 2010, Bangkok. pp. 579-586. (in Thai)

Kliangsaard, T. 2013**. Growth and tree of 3-year-old Acacia hybrid *(Acacia mangium x A. auriculiformis)* in Mine–spoiled Land at Phang – nga Forest Research Station, Takua Pa District, Phang–Nga Province.** Faculty of Forestry, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)

Kumar, R., Pandey, K.K., Chandrashekar, N., Mohan, S. 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(3): 1339-1344.

Maelim, S., Khlangsap, K., Thaiutsa, B. 2017. Provenance trials of 1-year old *Acacia mangium* Wild. at Wang Nam Khiew Forestry Research and Training Station, Nakhon Ratchasima province. **Thai Journal of Forestry,** 36(2): 35-45. (in Thai).

Na Takuathung, C. 2005. **Provenance Variation on Wood Quality of *Acacia mangium* Willd**. M.Sc. Thesis, Faculty of Forestry, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)

Pinyopusarerk, K 1987. Improving *Acacia auriculiformisthrough* selection and breeding in Thailand. In: Turnbulll, W., (Ed). **Australian *Acacias* in Developing Countries**. ACIAR Proceedings No. 16. Australian Centre for Inter-national Agricultural Research, Canberra, pp. 147-148.

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

Royampaeng, S. 2001. Growth and physiological performance of controlled *Acacia auriculiformis* x *A. mangium* hybrids. *In*: **Proceedings of the 7th Silviccultural Seminar**. 12-14 December 2001, Bangkok. (in Thai)

Tedsorn, N., Kaennak, P., Hongthong, B., Nimpira, S., Laosakun, S., Luangviriyasaeng, V. 2017. Clonal trials of intra-specific hybrids and inter-specific hybrids of Acacia Species. *In*: **Forestry Conference 2017(2).** 5-7 September 2017, Bangkok. pp. 46-54. (in Thai)

Williams, E.R., Forde C.G., Imaki J., Oelkers, K. 2021. Experimental design in practice: The importance of blocking and treatment structures**. Australian & New Zealand Journal of Statistics,** 63(3): 455-467.

Williams, E.R., Heng, S., Aken, K.M., Nguyen, A., Harwood, C.E. 2000. Data Plus 3: **Productivity Software for Experiments**. CSIRO, Canberra.