

นิพนธ์ต้นฉบับ

แบบจำลองการเติบโต และผลผลิต ของยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 และ K62 อายุ 4 ปี
ณ สวนป่าสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว

Growth and Yield Models of Four Year Old Eucalyptus Clones K7 and
K62 at the Sa Kaeo Plantation, Sa Kaeo Province

บุลกิจ แสงวงผล^{1,2}Boonkit Sawiangphon^{1,2}พิชิต ลำไย^{1*}Pichit Lumyai^{1*}สมพร แม่ลิ้ม¹Somporn Maelim¹ชลเทพ บัวแก้ว³Chonlathep Boukaew³¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

²สำนักฟื้นฟูและพัฒนาพื้นที่อนุรักษ์ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Protected Area Rehabilitation and Development Office, Department of National Parks Wildlife and Plant conservation, Bangkok 10900, Thailand

³สวนป่าสระแก้ว องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ เขตศรีราชา ชลบุรี 20110

Sa Kaeo Plantation, Si Racha, Sub-division Forest Industry Organization, Chon Buri, 20110, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: fforpcl@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 29 กันยายน 2564

รับแก้ไข 1 พฤศจิกายน 2564

รับลงพิมพ์ 4 พฤศจิกายน 2564

ABSTRACT

The objective of this study was to estimate the survival rate and construct a growth-yield model of Eucalyptus clones K7 and K62 at the Sa Kaeo plantation located in the Sa Kaeo province. The sampling fraction of the forest resource inventory, as estimated by the systematic sampling rows method, was 1.125%. The mean survival rate of eucalyptus clones K7 was found to be $97.15 \pm 1.37\%$, the mean height was 12.61 ± 0.06 m., and the average diameter at breast height (DBH) was 8.63 ± 0.08 cm. The eucalyptus clones K62 had a mean survival rate of $93.53 \pm 5.28\%$, an average height of 12.91 ± 0.07 m., and DBH of 8.77 ± 0.10 cm. Best fit equations from the statistical analysis were used to assess the fresh weight (Mt), biomass (Wt), and volume (V) of eucalyptus. The optimal equations for estimating the growth and yield of K7 were: fresh weight (Mt) = $0.0993(D^2Ht)^{0.8661}$ ($R^2 = 0.991$), biomass (Wt) = $0.0527(D^2Ht)^{0.8661}$ ($R^2 = 0.991$), and volume (V) = $0.0001(D^2Ht)^{0.852}$ ($R^2 = 0.989$). The best fit equations for eucalyptus clone K62 were: fresh weight (Mt) = $0.0854(D^2Ht)^{0.9127}$ ($R^2 = 0.998$), biomass (Wt) = $0.0542(D^2Ht)^{0.9127}$ ($R^2 = 0.984$), and volume (V) =

$0.00009(D^2Ht)^{0.871}$ ($R^2 = 0.995$). The mean weights of K7 and K62 clones were 10.662 ± 0.383 tons/rai and 13.367 ± 0.481 tons/rai, respectively. The mean volumes of K7 and K62 clones were 0.033 and 0.048 cubic meters/tree, respectively. The average volume of the sample plots were 10.340 ± 0.035 and 12.3850 ± 0.043 m³/rai, respectively. The t-test was used to compare the weight and volume of the K7 and K62 clones and we found a significant difference ($P < 0.05$). We conclude that the eucalyptus clone K62 can be recommended to farmers as their fresh weight, biomass, and volume was higher than the K7 clone.

Keywords: Growth models, Yield models, Eucalyptus clones K7 and K62

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาอัตราการรอดตาย แบบจำลองการเติบโตและผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 และ K62 อายุ 4 ปี สวนป่าสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว ใช้วิธีการสำรวจแบบ Systematic Sampling Rows ซึ่งกำหนดเปอร์เซ็นต์สำรวจ 1.125 % ผลการศึกษาพบว่ายูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 97.15 ± 1.37 มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 12.61 ± 0.06 เมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 8.63 ± 0.08 เซนติเมตร ส่วนสายพันธุ์ K62 มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 93.53 ± 5.28 เปอร์เซ็นต์ ความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 12.91 ± 0.07 เมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยเท่ากับ 8.77 ± 0.10 เซนติเมตร โดยมีแบบจำลองการเติบโตและผลผลิตดังนี้ ยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 น้ำหนักสด (Mt) = $0.0993(D^2Ht)^{0.8661}$ ($R^2 = 0.991$) มวลชีวภาพ (Wt) = $0.0527(D^2Ht)^{0.8661}$ ($R^2 = 0.991$) และปริมาตร (V) = $0.0001(D^2Ht)^{0.852}$ ($R^2 = 0.989$) ส่วนยูคาลิปตัสสายพันธุ์ K62 น้ำหนักสด (Mt) = $0.0854(D^2Ht)^{0.9127}$ ($R^2 = 0.998$) มวลชีวภาพ (Wt) = $0.0542(D^2Ht)^{0.9127}$ ($R^2 = 0.984$) และปริมาตร (V) = $0.00009(D^2Ht)^{0.871}$ ($R^2 = 0.995$) โดยพบว่าน้ำหนักสดเฉลี่ยของยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 เท่ากับ 10.662 ± 0.383 ตัน/ไร่ และ น้ำหนักสดเฉลี่ยของยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K62 เท่ากับ 13.367 ± 0.481 ตัน/ไร่ ปริมาตรไม้เฉลี่ยยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 และ K62 เท่ากับ 0.033 และ 0.048 ลูกบาศก์เมตร/ต้น ปริมาตรไม้เฉลี่ยในแปลงตัวอย่างเท่ากับ 10.340 ± 0.035 และ 12.3850 ± 0.043 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ โดยค่าน้ำหนักสด มวลชีวภาพ และ ปริมาตร มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยสายพันธุ์ K62 ควรส่งเสริมการปลูกกับเกษตรกร เนื่องจากมีผลผลิตที่มากกว่าสายพันธุ์ K7

คำสำคัญ การเติบโต ผลผลิต ยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 และ K62

คำนำ

ยูคาลิปตัส อยู่ในวงศ์ Myrtaceae มีถิ่นกำเนิดในทวีปออสเตรเลียเป็นส่วนใหญ่ มีชนิดพันธุ์มากกว่า 700 ชนิด (Royal Forest Department, 2013) ประเทศไทยได้เริ่มนำไม้ยูคาลิปตัสมาปลูก

ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2493 โดยไม้ยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 เป็นสายพันธุ์ที่พัฒนามาจากยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส *Eucalyptus camaldulensis* กับยูคาลิปตัสสายพันธุ์ ดิกลูปต้า *Eucalyptus deglupta* สามารถนำไปปลูกด้วยระยะปลูกที่แคบ และภายใต้ร่มเงาได้ดี

(Srilert and Diloksumpun, 2011) ส่วนยูคาลิปตัสสายพันธุ์ K62 เป็นยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า พัฒนาโดยบริษัทสวนกิตติ จำกัด (Klangprapan, 2019) สามารถเติบโตได้ดีในแทบทุกสภาพพื้นที่ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่น้ำฝนน้อยจนถึงปานกลาง จึงนิยมปลูกกันมากอย่างแพร่หลาย โดยยูคาลิปตัสที่ได้รับความนิยมปลูกได้แก่สายพันธุ์ K7 และ สายพันธุ์ K62 เป็นสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตและสามารถเติบโตได้ดีในพื้นที่ภาคตะวันออก ซึ่งพื้นที่ราบ และที่ราบต่ำ ที่อุ้มน้ำดีหรือดินร่วนปนลูกรัง ผลผลิตของสายพันธุ์ K7 และ K62 ที่ระยะปลูก 2x3 เมตร มีน้ำหนักเฉลี่ย 17 ตันต่อไร่ และ 15 – 20 ตันต่อไร่ตามลำดับ (Department of Agriculture, 2012)

ป่าเศรษฐกิจถือเป็นพื้นที่ป่าที่กำหนดไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 ของพื้นที่ประเทศ เพื่อการผลิตไม้และของป่าเพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจ ตามนโยบายป่าไม้แห่งชาติ (Royal Forest Department, 2013) ยูคาลิปตัสเป็นไม้โตเร็วชนิดหนึ่งที่มีการส่งเสริมให้ปลูกในสวนป่ามากขึ้น เนื่องจากเนื้อไม้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง (Srilert and Diloksumpun, 2011) การเติบโตของไม้ชนิดต่างๆ คือการเพิ่มขึ้นของขนาดปริมาตร หรือมวลชีวภาพต้นไม้ด้วยกระบวนการแบ่งเซลล์และการขยายขนาดของเซลล์ สามารถวัดได้จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูง น้ำหนักแห้ง เป็นต้นผลผลิตมีความหมาย 2 ด้าน ผลผลิตทางการค้า เช่น ไม้ท่อน ไม้แปรรูป วัดจากน้ำหนักและผลิตทางชีวภาพซึ่งเป็นผลจากกระบวนการสังเคราะห์แสงและการดูดซับธาตุอาหารมักบอกเป็นมวลชีวภาพ นับว่าเป็นตัวชี้วัดถึงศักยภาพของป่าในประเทศไทยในเรื่องของขนาด ปริมาณ คุณภาพการผลิต รวมทั้งความเหมาะสมของพื้นที่ป่านั้นๆ ด้วยนอกจากนั้นยังใช้เกณฑ์ในการเปรียบเทียบเพื่อหาทางเลือกในการจัดการและวางแผนวิธีต่างๆ ดังนั้นข้อมูล

การเติบโต และผลผลิตของต้นไม้มีความสำคัญยิ่งในการจัดการทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืน (Siritachchayetch, 2008) การศึกษาเกี่ยวกับตัวแบบการเติบโตและผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักสด มวลชีวภาพ และปริมาตรไม้ โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตไม้และตัวแปรอิสระ และสร้างตัวแบบจากการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อให้ได้ตัวแบบที่มีความถูกต้องและเหมาะสมกับพื้นที่นั้นๆ เพื่อใช้คำนวณผลผลิตที่ถูกต้องน่าเชื่อถืออย่างยั่งยืน ทั้งในสวนป่าและป่าธรรมชาติ (Ounban *et al.*, 2016; Khunsathien *et al.*, 2021; Wongnam and Prasomsin, 2020; Pornleesangsuan *et al.*, 2014)

การศึกษาค้นคว้านี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการรอดตาย การเติบโตของไม้ยูคาลิปตัสสายพันธุ์ K7 และ K62 ผลผลิตในรูปน้ำหนักสดและมวลชีวภาพและปริมาตรของลำต้น กิ่ง และใบ โดยการคัดเลือกสมการที่เหมาะสมเพื่อประมาณหาผลผลิตของไม้ดังกล่าว เพื่อประเมินสายพันธุ์ที่เหมาะสมในการปลูก สำหรับส่งเสริมการปลูกไม้เศรษฐกิจที่มีรอบตัดฟันเร็ว และสร้างมูลค่าในประชาชนในท้องถิ่นได้อย่างเหมาะสมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

สวนป่าสระแก้ว มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 74 เมตร มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปี 858.8 มิลลิเมตร อุณหภูมิระหว่าง 24.66 – 36.93 องศาเซลเซียส ตั้งอยู่ริมทางหลวงหมายเลข 317 (จันทบุรี - สระแก้ว) อยู่ระหว่างหลักกิโลเมตรที่ 117 – 118 ตำบลวังน้ำเย็น อำเภอวังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว สวนป่าสระแก้วตั้งอยู่ทางทิศใต้ของจังหวัดสระแก้ว ห่างจากอำเภอเมืองสระแก้วประมาณ 37 กิโลเมตร ห่างจากกรุงเทพ ประมาณ 240 กิโลเมตร

(Klangprapan, 2019) ตั้งแผนที่ตั้งของสวนป่า
สระแก้ว ในกรณีศึกษาที่มีพื้นที่จำนวน 94 ไร่ โดยแบ่ง
สายพันธุ์ K7 จำนวน 102 แถวและสายพันธุ์ K62

จำนวน 114 แถว มีการปลูกแบบแถวเดี่ยว ระยะการ
ปลูก 2x3 เมตร ดัง Figure 1



Figure 1 Planting area under the eucalyptus clones K7 and K62 at Sa Kaeo plantation, Sa Kaeo province.

การรวบรวมข้อมูล

โดยใช้วิธีวางแผนสำรวจแบบ Systematic Sampling Rows ซึ่งกำหนดเปอร์เซ็นต์สำรวจ เท่ากับ 1.125 % โดยการการวางเส้นฐาน (base line) ซึ่งเป็น

ถนนเพื่อใช้เป็นฐานในการสำรวจ (Duangsathaporn and Lumyai, 2016) ดังแสดงใน Figure 2

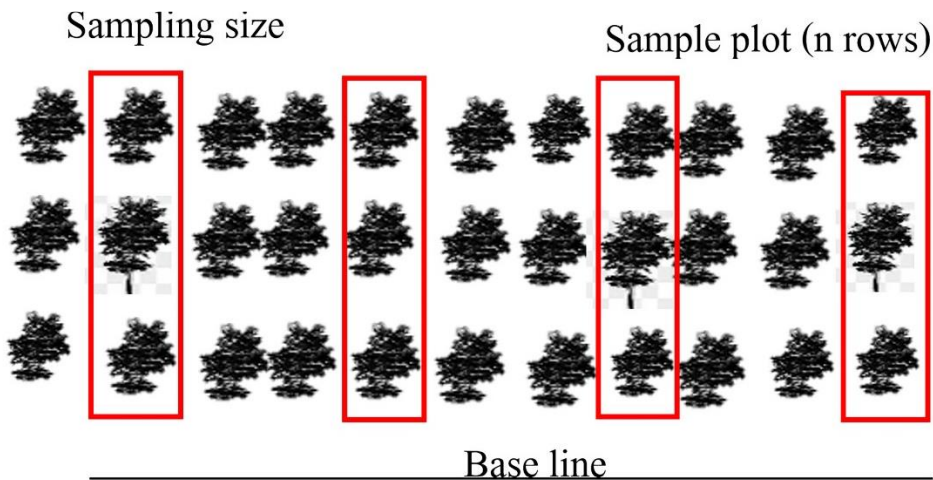


Figure 2 Systematic sampling rows in the sample plot.

การหาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสม (n) โดยใช้สูตรของ (Niyamangkoon, 2000) ดังสมการที่ 1

$$n = \frac{t^2(CV^2)}{(AE)^2} \quad (1)$$

กำหนดให้ n คือจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสม (ต้น)

t คือ ค่าคะแนนมาตรฐานที่ความเชื่อมั่น 95% มีค่าเท่ากับ 1.96

CV คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของหน่วยตัวอย่าง (coefficient of variation)

AE คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดในการประมาณค่าประชากร (10%) (allowable error)

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

เก็บข้อมูลโดยวัดความสูงทั้งหมด (H) ของไม้ยูคาลิปตัสในแปลงตัวอย่างทุกต้นโดยใช้ Haga Altimeter วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height; DBH) ของไม้ยูคาลิปตัสโดยใช้ Diameter Tape และนับจำนวนต้นที่รอดตาย

ในแต่ละแถวเพื่อหาอัตราการรอดตาย ดังสมการ (2) จากข้อมูลการเติบโตที่วัดได้ นำค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ทุกต้นมาจัดแบ่งอันตรายภาคชั้น 5 อันตรภาคชั้น แล้วกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในแต่ละอันตรภาคชั้นนั้น จากนั้นเลือกต้นไม้ตามขนาดที่กำหนดแล้วตัดที่ระดับขีดดิน จำนวนสายพันธุ์ละ 30 ต้น

$$\text{อัตราการรอดตาย} = \left(\frac{\text{จำนวนต้นที่เหลืออยู่}}{\text{จำนวนต้นทั้งหมด}} \right) \times 100 \quad (2)$$

การเก็บข้อมูลเพื่อประเมินผลผลิต

บันทึกความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดิน (D_0) ที่ระดับ 0.30 เมตร (D_{30}) ที่ระดับ 1.30 เมตร และทุกๆ 1 เมตรจนถึงปลายยอด จากนั้นบันทึกน้ำหนักสดลำต้น กิ่ง ใบ แยกเป็นรายท่อน นำส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง ใบ ไปชั่งน้ำหนักสดแต่ละท่อน จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างลำต้น กิ่ง ใบ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างแต่ละส่วนลำต้นขนาด 2-5 เซนติเมตร ของกิ่ง

และใบ ไม่น้อยกว่า 500 กรัม โดยสุ่มเก็บตัวอย่างใน
ทุกๆ ส่วนของลำต้นนำไปชั่งน้ำหนักสดแล้ว แล้วนำไป
อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง หรือ
จนกว่าน้ำหนักของตัวอย่างอยู่ในระดับคงที่ แล้วนำมา
ชั่งเป็นน้ำหนักแห้งเพื่อคำนวณหาผลผลิตต่อไป
(Hnukaew *et al.*, 2015)

คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ของตัวอย่าง
ลำต้น กิ่ง ใบ ดังสมการที่ 3

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด}-\text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100 \quad (3)$$

นำเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ได้ในแต่ละส่วนไป
หาน้ำหนักสดของส่วนต่างๆ ให้เป็นผลผลิต
ดังสมการที่ 4

$$\text{ผลผลิต} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสด}}{100 + \text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น}} \quad (4)$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

การคำนวณปริมาตรไม้ การวิเคราะห์ข้อมูล
ในรูปปริมาตรไม้ที่ได้ค่าต่างๆ แล้ว ได้แก่ ความโตที่
ระดับความสูงเพียงอก ความสูงทั้งหมด นำความโตที่
ได้ไปคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของแต่ละส่วน แล้วนำไป
คำนวณหาปริมาตรไม้จากสูตร Smalian's Formula
(Duangsathaporn, 2005) ดังสมการที่ 5 - 6

$$v = \left(\frac{B+b}{2} \right) L \quad (5)$$

ส่วนท่อนสุดท้ายของลำต้นสามารถ
คำนวณได้จากสูตรรูปทรงกรวย (Duangsathaporn,
2005) ดังสมการที่ 6

$$V_{\text{top}} = 1/3(Ba \times L_{\text{top}}) \quad (6)$$

กำหนดให้ V คือปริมาตรไม้ (m^3)

V_{top} คือ ปริมาตรของลำต้นช่วงสุดท้าย (m^3)

B คือ พื้นที่หน้าตัดโคนท่อน (m^2)

b คือ พื้นที่หน้าตัดปลายท่อน (m^2)

V_{top} คือ ปริมาตรของลำต้นช่วงสุดท้าย

L คือ ความยาวท่อนไม้ (m)

Ba คือ พื้นที่หน้าตัดของส่วนโคนต้นที่
เหลือเมื่อแบ่งเป็นท่อน ท่อนละ 1 เมตร สามารถ
วิเคราะห์ ดังสมการ (7)

$$\text{พื้นที่หน้าตัด} = \frac{(\text{เส้นรอบวง})^2}{4\pi} \quad (7)$$

เลือกสมการที่ได้จากความสัมพันธ์ของตัว
แปร 2 ตัว คือ ตัวแปรตาม (Y) ได้แก่ ปริมาตรไม้
น้ำหนักสด และผลผลิตไม้ส่วนต่างๆ ของต้นไม้
และ X คือ ค่าตัวแปรอิสระ DBH, Ht และ Hm เลือก
สมการสมการที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด
(Coefficient of determination: R^2) สูงที่สุด แสดง
ว่าเป็นสมการที่ดีและเหมาะสม เนื่องจาก R^2 คือค่า
สัมประสิทธิ์การกำหนดใช้ในการอธิบายระหว่างตัว
แปรอิสระ คือขนาดความเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก
และความสูงและตัวแปรตามคือผลผลิต คือผล
ผลิต และปริมาตร หากมีค่าสูงที่สุดแสดงว่าสามารถ
อธิบายสัมพันธ์ตัวแปรดังกล่าวข้างต้นได้ดีที่สุด และค่า
F-test สูงกว่าจะเหมาะสมกว่า และตัวแปรอิสระมีค่า
คลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (Standard error:
SE) ต่ำกว่าจะมีความเหมาะสมมากกว่า สมการ
ที่ประมาณน้ำหนักสด ผลผลิต และปริมาตร
(Prowmasorn., 2019 Suksamran, 2005;
Sukwong, 2009) ดัง Table 1

นำสมการความสัมพันธ์ที่ได้ ไปคำนวณหา
น้ำหนักสด ผลผลิต และปริมาตรไม้ของยูคาลิปตัส
สายพันธุ์ K7 และ K62 จำนวน 30 ต้น และทำการ
เปรียบเทียบความโต ความสูง น้ำหนักสด ผลผลิต
และปริมาตรของแต่ละสายพันธุ์โดยใช้การทดสอบ
t-test โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

Table 1 Weight, biomass, and volume equations determined using multiple regression analysis of the eucalyptus clones.

No.	equation
1	$Y = a + b \text{ DBH}^2 \text{Ht}$
2	$Y = a + b \text{ DBH} + c \text{D}^2$
3	$\text{Log } Y = \log a + b \log \text{DBH} + c \log \text{Hm}$ หรือ $Y = a \text{D}^b \text{Hm}^c$
4	$\text{Log } Y = \log a + b \log \text{DBH} + c \log \text{Ht}$ หรือ $Y = a \text{D}^b \text{Ht}^c$
5	$\text{Log } Y = \log a + b \log \text{DBH}^2 \text{Hm}$ หรือ $Y = a \text{Hm}^b$
6	$Y = a + b \text{ DBH} + c \text{Hm}$
7	$Y = a + b \text{ DBH} + c \text{Ht}$
8	$Y = \log a + b \log \text{DBH}^2 \text{Ht}$ หรือ $Y = a \text{DBH}^2 \text{Ht}^b$

Remark Y =Yield (Weight, Biomass Volume), Ht = Total Height, in metres, a – c = constant of equations, D= Dimeter at breast height, in centimetres, Hm = merchantable height, in metres

Reference: (Spurr,1952; Wongnam and Prasomsin, 2020; Kira and Shidei, 1967)

ผลและวิจารณ์

การเติบโต

จากการศึกษาพบว่า ยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 จำนวน 415 ต้น และยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K62 จำนวน 383 ต้น มีความสูงเฉลี่ยน้อยกว่า สายพันธุ์ K62 โดยยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 มีความสูงระหว่าง 7.1 - 18.75 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกระหว่าง 2.86 - 12.72 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 12.61 ± 0.06 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 8.63 ± 0.08 เซนติเมตร ส่วนยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K62 มีความสูงระหว่าง 7.90 – 18.60 เมตร มีระดับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกระหว่าง 2.51 - 13.14 เมตร ความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 12.91 ± 0.07 เมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยเท่ากับ 8.77 ± 0.10 เซนติเมตร และอัตราการรอดตาย

ยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 และ K62 เฉลี่ย 97.15 ± 1.37 และ 93.53 ± 5.28 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งมีค่า P-value ของความสูงเท่ากับ 0.04^* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ P-value ของความโตเท่ากับ 0.31^{ns} แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติตามลำดับ สอดคล้องกับ Klangprapan (2019) ที่ศึกษาการเติบโตของยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K58 และ K62 อายุ 4 ปี ณ สวนป่าสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว พบว่า ความสูงและความโตมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติตามลำดับ และ Pantawong (2004) ได้ศึกษาการเติบโตของต้นไม้ที่อยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ซึ่งในการศึกษา ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 1 - 6 ปี โดยในอายุ 4 ปี มีอัตราการรอดตายสูงที่สุด เท่ากับ 98.13 ± 0.99 เปอร์เซ็นต์ (Table 2)

Table 2 Comparison between height and diameter at breast height of the eucalyptus clones.

Clone	Height (H) (metres)			Diameter at breast height (DBH) (centimetres)		
	Mean	SD	P-value	Mean	SD	P-value
K7	12.61	0.06	0.04*	8.63	0.08	0.31 ^{ns}
K62	12.91	0.07		8.77	0.10	

Remark * = Significance difference at ($P < 0.05$),

ns = nonsignificant (at a level of 95%).

ผลผลิต

น้ำหนักสด

จากการศึกษาแบบจำลองทั้ง 8 รูปแบบ ในความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสดของลำต้น กิ่ง ใบ กับตัวแปรอิสระ คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความสูงทั้งหมด (Ht) ทั้ง 2 สายพันธุ์ การศึกษา แสดงค่าสถิติดัง Table 1 ยกตัวอย่างสมการที่ 1, 7 และ 8 ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด R^2 สูงกว่า 0.9 มีค่า $P < 0.001$ มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนด ($P < 0.05$) พิจารณาสมการที่ 8 จะพบ R^2 ของยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 ส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนที่เหนือพื้นดิน เท่ากับ 0.990, 0.968, 0.963 และ 0.991 หมายความว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงสามารถอธิบายการแปรผันของน้ำหนักสด มีค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนที่เหนือพื้นดินเท่ากับ 0.047, 0.094, 0.082 และ 0.052 ตามลำดับ ค่า F มีค่าเท่ากับ 1282.23, 396.82, 342.60, 1431.310 ตามลำดับ ซึ่งสมการที่ 8 มีค่าสถิติเหมาะสมสุดเมื่อเทียบกับสมการอื่น ดัง Table 3 ส่วนยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K62 ยกตัวอย่างสมการที่

1, 7 และ 8 ที่มีค่า R^2 สูงกว่า 0.9 มีค่า $P < 0.001$ มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนด ($P < 0.05$) โดยพิจารณาสมการที่ 8 จะพบ R^2 ของลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนที่เหนือพื้นดิน เท่ากับ 0.978, 0.952, 0.900 และ 0.988 หมายความว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงสามารถอธิบายการแปรผันของน้ำหนักสด ของยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K62 ส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนที่เหนือพื้นดินได้ มีค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนที่เหนือพื้นดินเท่ากับ 0.046, 0.152, 0.195 และ 0.053 ตามลำดับ ค่า F มีค่าเท่ากับ 370.14, 241.86, 100.500, 106.000 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสถิติเหมาะสมสุดเมื่อเทียบกับสมการอื่น ดัง Table 3 ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับ Klangprapan (2019) ในการเลือกสมการน้ำหนักสดของยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K58 และ K62 อายุ 4 ปี ณ สวนป่าสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว ที่พิจารณาเลือกสมการความสัมพันธ์เชิงแอลโลเมตรีของน้ำหนักสด โดยรูปแบบที่เลือกตัวแปรอิสระ คือ DBH^2Ht เช่นกัน

Table 3 Weight equations from regression analysis of the eucalyptus clones K7 and K62.

Clone	Equations	R ²	R ² -adj	SE	F	P-value
K7	1.Ms = -0.16 + 0.033070DBH ² Ht	0.991	0.990	2.620	1246.040	<0.001*
	7.Ms = -0.67 + 17.87DBH-8.83Ht	0.940	0.939	7.05	94.850	<0.001*
	8.Ms = 0.0670(DBH²Ht)^{0.8952}	0.990	0.989	0.047	1282.23	<0.001*
	1.Mb = -0.085 + 0.001888DBH ² Ht	0.971	0.970	0.088	463.470	<0.001*
	7.Mb = 0.39 + 2.223DBH - 1.262Ht	0.918	0.917	0.867	66.740	<0.001*
	8.Mb = 0.0104(DBH²Ht)^{0.8383}	0.968	0.967	0.094	396.82	<0.001*
	1.Ml = 0.1824 + 0.001317DBH ² Ht	0.970	0.968	0.968	291.630	<0.001*
	7.Ml = 0.431 + 1.730DBH - 0.950Ht	0.943	0.941	0.580	99.750	<0.001*
	8.Ml = 0.0322(DBH²Ht)^{0.6710}	0.963	0.960	0.082	342.60	<0.001*
	1.Mt = 0.28 + 0.03920DBH ² Ht	0.981	0.980	3.357	1239.35	<0.001*
	7.Mt = -5.9 + 21.82DBH - 11.04Ht	0.942	0.941	8.280	96.950	<0.001*
	8.Mt = 0.0993(DBH²Ht)^{0.8661}	0.991	0.990	0.052	1431.310	<0.001*
K62	1.Ms = 0.70 + 0.039704DBH ² Ht	0.992	0.991	3.955	1371.770	<0.001*
	7.Ms = -28.6 + 21.26DBH - 7.70Ht	0.949	0.948	10.464	117.370	<0.001*
	8.Ms = 0.0636(D²Ht)^{0.9367}	0.978	0.976	0.046	370.14	<0.001*
	1.Mb = 0.040 + 0.003378DBH ² Ht	0.948	0.946	0.665	239.100	<0.001*
	7.Mb = -1.20 + 2.255DBH - 1.082Ht	0.918	0.917	0.867	66.740	<0.001*
	8.Mb = 0.0027(DBH²Ht)^{0.998}	0.952	0.948	0.152	241.86	<0.001*
	1.Ml = 0.402 + 0.00754DBH ² Ht	0.807	0.806	0.261	291.920	<0.001*
	7.Ml = -1.69 - 0.657Ht + 1.664DBH	0.919	0.917	0.976	64.480	<0.001*
	8.Ml = 0.0322(DBH²Ht)^{0.9135}	0.900	0.884	0.195	100.50	<0.001*
	1.Mt = 0.57 + 0.04584DBH ² Ht	0.990	0.989	4.633	153.590	<0.001*
	7.Mt = -31.5 - 9.43Ht + 25.18DBH	0.948	0.946	12.190	109.370	<0.001*
	8.Mt = 0.0854(DBH²Ht)^{0.9127}	0.988	0.987	0.053	106.000	<0.001*

Remarks: Ms = stem fresh weight (kilograms), Mb = branch fresh weight (kilograms), Ml = leaf fresh weight (kilograms), Mt = weight above ground (kilograms), Ht = Total height (metres), D = Diameter at breast height (centimetres).

* = Significant difference at P<0.05.

มวลชีวภาพ

ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของตัวอย่างลำต้น กิ่ง ใบ สายพันธุ์ K7 เฉลี่ยเท่ากับ 89.45, 65.83 และ 109.66 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของตัวอย่างลำต้น กิ่ง ใบ สายพันธุ์ K62 เฉลี่ยเท่ากับ 78.37, 59.66 และ 106.21 เปอร์เซ็นต์จากการศึกษาแบบจำลองทั้ง 8 รูปแบบ ในความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ กับตัวแปรอิสระ คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความสูงทั้งหมด (Ht) ทั้ง 2 สายพันธุ์ ผลการศึกษาแสดงค่าสถิติ Table 1 ยกตัวอย่างสมการที่ 1, 7 และ 8 ที่มีค่า R^2 สูงกว่า 0.9 มีค่า $P < 0.001$ มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนด ($P < 0.05$) พิจารณาสมการที่ 8 จะพบ R^2 ยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 ส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนที่เหนือพื้นดินเท่ากับ 0.992, 0.969, 0.960 และ 0.991 หมายความว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงสามารถอธิบายการแปรผันของมวลชีวภาพยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 ส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนที่เหนือพื้นดินได้ มีค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนที่เหนือพื้นดินเท่ากับ 0.052, 0.087, 0.084 และ 0.052 ตามลำดับ ค่า F มีค่าเท่ากับ 1550.95, 414.87, 306.41, 1429.95 ตามลำดับซึ่งสมการที่ 8 มีค่าสถิติเหมาะสมที่สุดเมื่อเทียบกับสมการอื่น ดัง Table 4 ส่วนสายพันธุ์ K62 ยกตัวอย่างสมการที่ 1, 7 และ 8 ที่มีค่า R^2 สูงกว่า 0.9 มีค่า $P < 0.001$ มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนด ($P < 0.05$) พิจารณาสมการที่ 8 จะพบ R^2 ยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K62 ส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนที่เหนือพื้นดินเท่ากับ 0.986, 0.920, 0.901 และ 0.984 หมายความว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงสามารถอธิบายการแปรผันของมวลชีวภาพของ

ยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K62 ได้ มีค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนที่เหนือพื้นดินเท่ากับ 0.069, 0.203, 0.190 และ 0.062 ตามลำดับ ค่า F มีค่าเท่ากับ 684.01, 55.95, 98.76, 750.29 ตามลำดับ ซึ่งสมการที่ 8 มีค่าสถิติเหมาะสมที่สุดเมื่อเทียบกับสมการอื่น ดัง Table 4 Jamroenprucksa (1987) ศึกษาสมการประมาณผลผลิตไม้ยูคาลิปตัสสมการที่เลือกมี D^2Ht เป็นตัวแปรอิสระ โดยการใช้ D^2Ht ย่อมลดข้อผิดพลาดในการประมาณอันเนื่องจากการแปรผัน ระหว่างขนาดความโตกับความสูงด้วย สอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ เช่นเดียวกับ การศึกษาของ Jundang (2010) ได้ศึกษาสมการมวลชีวภาพของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ได้วิเคราะห์สมการแอลโลเมตรีของความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ (ลำต้น กิ่ง ใบ) และตัวแปรอิสระ parabolic volume คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (D^2Ht) โดยเลือกใช้สมการแอลโลเมตรีที่ใช้ตัวแปรอิสระที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงทั้งหมด คือ (DBH^2Ht) เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) สูงกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางส่วนอื่นๆ ของลำต้น รวมถึง Petmark *et al.* (1987) ทำการศึกษามวลชีวภาพของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 2 - 7 ปี กล่าวว่าในการศึกษาการเติบโตของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์มีอัตราการเติบโตที่ไม่คงที่เปลี่ยนแปลงตามอายุ โดยจะมีอัตราการเติบโตสูงในช่วงแรก และจะค่อยๆ ลดลงจนถึงจุดสูงสุดของการเติบโต ดังนั้นรูปแบบที่เหมาะสมในการประมาณหามวลชีวภาพนั้นอยู่ในรูป $\log Y = \log a + b \log(X)$ หรือ $Y = a(X)^b$ แต่ความโตและความสูงคือตัวกำหนดซึ่งมวลชีวภาพ หรือ ปริมาตร ดังนั้นในการประมาณมวลชีวภาพ หรือ

ปริมาตรที่เป็นตัวแปรตามจะเกิดความถูกต้องมากที่สุด
นั้นต้องนำความโตและความสูงมาเป็นตัวแปรอิสระใน
การประมาณ และครั้งนี้เป็นการประมาณผลผลิตไม้

เฉพาะถิ่น ไม่แนะนำให้ใช้นอกพื้นที่ศึกษา เพราะอาจ
ทำให้มวลชีวภาพคลาดเคลื่อนได้ (Khunsathien *et al.*, 2021)

Table 4 Biomass equations from the regression analysis of eucalyptus clones K7 and K62.

Clone	Equations	R ²	R ² -adj	SE	F	P-value
K7	1.Ws = 0.266 + 0.017071DBH ² Ht	0.994	0.992	1.107	1465.880	<0.001*
	7.Ws = -4.16 + 8.95DBH-8.83Ht	0.957	0.956	3.095	133.130	<0.001*
	8.Ws = 0.0338(DBH²Ht)^{0.9029}	0.992	0.991	0.052	1550.95	<0.001*
	1.Wb = 0.085 + 0.00188DBH ² Ht	0.960	0.959	0.321	313.960	<0.001*
	7.Wb = 0.203 + 21.225DBH - 0.687Ht	0.939	0.938	0.414	92.390	<0.001*
	8.Wb = 0.0086(DBH²Ht)^{0.7889}	0.969	0.967	0.087	414.870	<0.001*
	1.Wl = 0.1824+ 0.001317DBH ² Ht	0.969	0.968	0.196	211.500	<0.001*
	7.Wl = 0.174 + 0.813DBH - 0.443Ht	0.935	0.941	0.580	99.750	<0.001*
	8.Wl = 0.0175(DBH²Ht)^{0.6496}	0.960	0.959	0.084	306.41	<0.001*
	1.Wt = 0.533 + 0.020277DBH ² Ht	0.991	0.990	1.324	1133.320	<0.001*
	7.Wt = 3.79 + 10.99DBH - 5.41Ht	0.958	0.956	3.648	135.250	<0.001*
	8.Wt = 0.0527(DBH²Ht)^{0.8661}	0.991	0.990	0.052	1429.95	<0.001*
K62	1.Ws = -0.051 + 0.0023123DBH ² Ht	0.987	0.985	2.134	798.230	<0.001*
	7.Ws = -16.51 + 12.51DBH - 4.61Ht	0.951	0.948	0.011	115.090	<0.001*
	8.Ws = 0.0344(DBH²Ht)^{0.8952}	0.986	0.984	0.069	684.010	<0.001*
	1.Wb = -0.018 + 0.001946DBH ² Ht	0.948	0.946	0.510	234.890	<0.001*
	7.Wb = -0.207 + 0.75DBH - 1.467Ht	0.911	0.909	0.693	61.290	<0.001*
	8.Wb = 0.0086(DBH²Ht)^{0.7839}	0.920	0.918	0.203	55.950	<0.001*
	1.Wl = 0.199 + 0.001293DBH ² Ht	0.875	0.873	0.319	106.590	<0.001*
	7.Wl = -0.584 - 0.762Ht - 0.309DBH	0.902	0.900	0.430	64.480	<0.001*
	8.Wl = 0.0322(DBH²Ht)^{0.6710}	0.901	0.892	0.190	98.760	<0.001*
	1.Wt = 0.13 + 0.026361DBH ² Ht	0.982	0.980	2.766	852.800	<0.001*
	7.Wt = -17.30 - 12.39Ht + 2.96DBH	0.942	0.940	7.406	97.390	<0.001*
	8.Wt = 0.0542(D²Ht)^{0.9127}	0.984	0.982	0.062	750.29	<0.001*

Remark Ws =stem biomass (kg), Wb =branch biomass (kg), Ht = total height (metres), Wl =leaf biomass (kg), Wt = aboveground (kg), D=diameter at breast height (centimetres).

* = Significance difference at (P<0.05).

ปริมาตร

จากการศึกษาแบบจำลองทั้ง 8 รูปแบบ ในความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของลำต้น กิ่ง ใบ กับ ตัวแปรอิสระ คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความสูงทั้งหมด (Ht) ทั้ง 2 สายพันธุ์ ผลการศึกษาแสดงค่าสถิติ Table 1 ยกตัวอย่างสมการที่ 1, 7 และ 8 ที่มีค่า R^2 สูงกว่า 0.9 มีค่า $p < 0.001$ มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนด ($P < 0.05$) พิจารณาสมการที่ 8 จะพบ R^2 ยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 และ K62 เท่ากับ 0.991 และ 0.996 ตามลำดับ หมายความว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงสามารถอธิบายการแปรผันของปริมาตรยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 และ K62 ได้ มีค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) เท่ากับ 0.055 และ 0.029 ตามลำดับ พิจารณาค่า F มีค่าเท่ากับ 1178.080 และ 1257.230

ตามลำดับ ซึ่งสมการที่ 8 มีค่าสถิติเหมาะสมสุดเมื่อเทียบกับสมการอื่น ดัง Table 5 ส่วน Petmark *et al.* (1987) ได้ทำการศึกษามวลปริมาตรของไม้ยูคาลิปตัสอายุ 2 - 7 ปี โดยมี R^2 ของยูคาลิปตัสอายุ 4 ปี เท่ากับ 0.97 และ Vacharangkura and Himmapan (2018) ได้ศึกษาสมการ 4 แบบจำลอง ในการประมาณปริมาตรไม้ ซึ่งแบบจำลอง (1) Allometric Relation ที่จัดอยู่ในรูปของ Power Model พบว่าแบบจำลองแบบยกกำลังให้ค่าทางสถิติมากที่สุดค่า (R^2) สูงกว่ารูปแบบอื่น เช่น Simple Linear Regression หรือ Multiple Linear Regression เช่นเดียวกับผลการศึกษาครั้งนี้ดัง Table 5 จะเห็นได้ว่าสมการที่ 8 เป็นแบบยกกำลังซึ่งจะมีค่า R^2 สูงกว่าสมการในรูปแบบอื่น

Table 5 Volume equations for eucalyptus clones K7 and K62.

Clone	Equations	R^2	R^2 -adj	SE	F	P-value
K7	$1.V = 0.002316 + 0.00036DBH^2Ht$	0.990	0.989	1.107	1286.690	<0.001*
	$7.V = -0.01149 - 0.00741DBH + 0.01708Ht$	0.948	0.937	0.007	110.13	<0.001*
	$8.V = 0.0001(DBH^2Ht)^{0.852}$	0.991	0.989	0.055	1178.080	<0.001*
K62	$1.V = 0.002180 + 0.00041DBH^2Ht$	0.994	0.989	1.107	1286.690	<0.001*
	$7.V = -0.0263 - 0.00883DBH + 0.02310Ht$	0.967	0.962	0.008	178.13	<0.001*
	$8.V = 0.000090(DBH^2Ht)^{0.871}$	0.996	0.996	0.029	1257.230	<0.001*

Remark V = volume (cubic meter), Ht = Total height (metres).

* = Significance difference at ($P < 0.05$).

การประยุกต์แบบจำลองการเติบโตและผลผลิต

เมื่อนำสมการที่ 8 จาก Table 3 มาใช้ประมาณน้ำหนักสดลำต้น กิ่ง ใบ ของยูคาลิปตัสสายพันธุ์ K7 พบว่าค่าน้ำหนักสดของลำต้น กิ่ง ใบ ของสายพันธุ์ K7 เท่ากับ 8.645 ± 0.644 , 0.901 ± 0.022

และ 0.633 ± 0.023 ตัน/ไร่ ตามลำดับ โดยน้ำหนักเฉลี่ยสดเท่ากับ 10.662 ± 0.383 ตัน/ไร่ และน้ำหนักสดลำต้น กิ่ง ใบ สายพันธุ์ K62 เท่ากับ 11.632 ± 0.966 , 0.795 ± 0.006 และ 0.793 ± 0.034 ตัน/ไร่ ตามลำดับ น้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 13.367 ± 0.481 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ค่า t-test น้ำหนักสดส่วนลำต้น กิ่ง ใบของ

ยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 และ K62 เท่ากับ 0.00 ทั้งหมด ดัง Table 6 และ Kietvuttinon (2009) พบว่าแนวโน้มของผลผลิตในรูปน้ำหนักสดต่อต้นจะมีทิศทางเช่นเดียวกับผลผลิตมวลชีวภาพต่อต้น

สอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่ยูคาลิปตัสมีผลผลิตในรูปน้ำหนักสดสูง ส่งผลให้มีมวลชีวภาพต่อต้นที่สูงเช่นเดียวกัน

Table 6 Fresh Weight and aboveground biomass of eucalyptus clones K7 and K62.

Clone	Sample plot.	Fresh Weight (ton/rai)				Aboveground biomass (ton/rai)			
		Stem	Branch	Leaf	Total	Stem	Branch	Leaf	Total
K7	1	8.910	0.891	0.661	11.013	4.834	0.496	0.414	5.800
	2	7.846	0.784	0.558	9.544	4.195	0.423	0.365	5.040
	3	8.700	0.870	0.635	10.647	4.675	0.477	0.402	5.611
	4	9.115	1.058	0.680	11.289	4.955	0.509	0.423	5.943
mean		8.645	0.901	0.633	10.662	4.664	0.476	0.401	5.598
SD		0.644	0.022	0.023	0.383	0.166	0.018	0.012	0.198
K62	1	11.206	0.755	0.762	12.874	6.403	0.440	0.414	7.319
	2	12.456	0.777	0.854	14.317	7.132	0.571	0.455	8.150
	3	10.675	0.900	0.724	12.262	6.095	0.410	0.396	6.968
	4	12.193	0.757	0.835	14.015	6.980	0.504	0.446	7.976
mean		11.623	0.795	0.793	13.367	6.652	0.481	0.428	7.603
SD		0.966	0.006	0.034	0.481	0.243	0.020	0.014	0.277
p-value		0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.03*	0.02*	0.00*

Remarks * Significant difference at $P < 0.05$.

เมื่อนำสมการที่ 8 จาก Table 4 มาประมาณหามวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ ของยูคาลิปตัสสายพันธุ์ K7 มีค่า 4.664 ± 0.166 , 0.476 ± 0.018 และ 0.401 ± 0.012 ต้น/ไร่ ตามลำดับ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 5.598 ± 0.198 ต้น/ไร่ ตามลำดับ และสายพันธุ์ K62 เท่ากับ 6.652 ± 0.243 , 0.481 ± 0.020 และ 0.428 ± 0.014 ต้น/ไร่ ตามลำดับ มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน มีค่าเท่ากับ 7.603 ± 0.277 ต้น/ไร่ ตามลำดับ ดัง Table 6 ค่า t-test มวลชีวภาพส่วนลำต้น กิ่ง ใบของยูคาลิปตัสสายพันธุ์ K7 และ

K62 เท่ากับ 0.00, 0.03, 0.02 และ 0.00 ตามลำดับ จากการศึกษาของ Chernkunthod (2007) พบว่า มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 4 ปี ระยะปลูก 3x3 เมตร เท่ากับ 12.42 ต้น/ไร่ โดยแบ่งเป็นมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ เท่ากับ 10.45, 1.21 และ 0.76 ต้น/ไร่ ตามลำดับ จากการศึกษาของ Jundang (2010) พบว่า ไม้ยูคาลิปตัส อายุ 4 ปี ระยะปลูก 2x3 เมตร บริเวณสวนป่า มัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น มีมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ เท่ากับ 4.98, 0.52 และ 0.64 ต้น/ไร่ ตามลำดับ

และมวลชีวภาพรวมเหนือพื้นดินเท่ากับ 7.45 ตัน/ไร่ จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างของมวลชีวภาพส่วนใบจะมากกว่ากิ่ง แต่ในการศึกษาครั้งนี้พบว่ามวลชีวภาพส่วนกิ่งมากกว่าใบ ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับ Klangprapan (2019) คือ มวลชีวภาพในส่วนกิ่ง และ ใบ เท่ากับ 0.59 และ 0.41 ตัน/ไร่ ตามลำดับ สายพันธุ์ K58 เท่ากับ 0.75 และ 0.47 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ความแตกต่างดังกล่าวเป็นผลมาจากความแตกต่างของพันธุกรรม สภาพพื้นที่ สภาพภูมิอากาศ ซึ่งสอดคล้องกับ Viriyabuncha *et al.* (2002) กล่าวว่ามวลชีวภาพของไม้มีความแตกต่างกันตามสภาพของพื้นที่ปลูก ปริมาณน้ำฝนรายปีมีผลโดยตรงต่อมวลชีวภาพ กล่าวคือ พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนมาก ไม้จะมีมวลชีวภาพมากขึ้น และไม้ยูคาลิปตัสที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์อย่างต่อเนื่องจะให้ผลผลิตที่สูงกว่าไม้ชนิดอื่นเมื่อเปรียบเทียบในระยะเวลาเท่ากัน

เมื่อนำผลการที่ 8 จาก Table 5 มาคำนวณหาปริมาตรไม้ยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 และ K62 ปริมาตรไม้เฉลี่ยในแปลงตัวอย่างเท่ากับ 10.340 ± 0.035 และ 12.385 ± 0.043 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ตามลำดับ ค่า t-test ของปริมาตรยูคาลิปตัสสายพันธุ์ K7 และ K62 $p < 0.001$ พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดัง Table 7 ส่วน Petmak *et al* (1987) ได้สร้างตารางปริมาตรไม้และผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น พบว่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของปริมาตรลำต้น ± 1.3 กิโลกรัม ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนสูงกว่าในการศึกษาครั้งนี้ และ Pantawong (2004) กล่าวว่าในการศึกษาผลผลิตไม้ในรูปของปริมาตรของยูคาลิปตัสอายุ 4 ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.26 ลบ.ม./ไร่ ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ ที่มีค่าเฉลี่ยปริมาตรไม้ของแต่ละสายพันธุ์ของสายพันธุ์ K7 และ K62 เท่ากับ 10.304 และ 11.590 ลบ.ม./ไร่

Table 7 Volume of eucalyptus clones K7 and K62.

Clone	Volume (cubic meter)				mean	SD	p-value
	1	2	3	4			
K7	10.674	9.328	10.327	10.916	10.340	0.035	<0.001***
K62	11.949	13.235	11.397	12.959	12.385	0.043	

Remark ** Significant difference at $P < 0.01$.

สรุป

1. การศึกษาการเติบโตของยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 น้อยกว่า K62 โดยมีอัตราการรอดตายเฉลี่ย เท่ากับ 97.15 ± 1.37 และ 93.53 ± 5.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สายพันธุ์ K7 ความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 12.61 ± 0.06 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 8.63 ± 0.08

เซนติเมตร สายพันธุ์ K62 ความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 12.91 ± 0.07 เมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยเท่ากับ 8.77 ± 0.10 เซนติเมตร ผลผลิตน้ำหนัสด ยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 เท่ากับ 8.645 ± 0.644 , 0.863 ± 0.022 และ 0.693 ± 0.023 ตัน/ไร่ ตามลำดับ โดย น้ำหนักเฉลี่ยสด เท่ากับ

- 10.662±0.383 ต้น/ไร่ และน้ำหนักสด ลำต้น กิ่ง ใบ สายพันธุ์ K62 เท่ากับ 11.632± 0.966, 1.007± 0.036 และ 0.793± 0.034 ต้น/ไร่ ตามลำดับ น้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 13.367±0.481 ต้น/ไร่ ตามลำดับ มวลชีวภาพของ ลำต้น กิ่ง ใบ ของยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 มีค่า 4.664± 0.166, 0.476± 0.018 และ 0.401±0.012 ต้น/ไร่ มวลชีวภาพ เนื้อพื้นดินเท่ากับ 5.598±0.198 ต้น/ไร่ และ สายพันธุ์ K62 เท่ากับ 6.652± 0.243, 0.481± 0.020 และ 0.428±0.014 ต้น/ไร่ ตามลำดับ มวลชีวภาพเนื้อพื้นดิน มีค่าเท่ากับ 7.603±0.277 ต้น/ไร่ ตามลำดับ ปริมาตรไม้เฉลี่ย ยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 และ K62 เท่ากับ 0.033 และ 0.048 ลูกบาศก์เมตร/ต้น ตามลำดับ ปริมาตรไม้เฉลี่ยในแปลง ตัวอย่างเท่ากับ 10.340±0.035 และ 12.3850±0.043 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ตามลำดับ เมื่อนำปริมาตรของยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 และ K62 เมื่อนำค่าน้ำหนักสด มวลชีวภาพ และ ปริมาตรไปเปรียบเทียบ
2. แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้ สมการดังกล่าวสามารถประมาณ น้ำหนักสด มวลชีวภาพ และปริมาตร ยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 และ K62 ของสวนป่าได้อย่างไรก็ตามควรหลีกเลี่ยง การใช้สมการดังกล่าวในการประมาณ ผลผลิตไม้ นอกพื้นที่สวนป่าซึ่งอาจจะ

ทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนได้ จากการศึกษาสรุปได้ว่ายูคาลิปตัสสายพันธุ์ K62 ควรส่งเสริมการปลูกให้กับเกษตรกร เนื่องจากมีผลผลิตในรูปแบบ น้ำหนัก มวลชีวภาพ และปริมาตรที่สูงกว่ายูคาลิปตัสสายพันธุ์ K7

2. สมการที่เหมาะสมที่ประเมินผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 และ K62 เป็นสมการของ Allometric Relation ที่จัดอยู่ในรูปของ Power Model สำหรับการประเมินน้ำหนักสด มวลชีวภาพ และปริมาตรของแต่ละสายพันธุ์ ดังนี้ ยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 น้ำหนักสด (Mt) = $0.0993(D^2Ht)^{0.8661}$ ค่า $R^2 = 0.991$ มวลชีวภาพ (Wt) = $0.0527(D^2Ht)^{0.8661}$ ค่า $R^2 = 0.991$ และปริมาตร (V) = $0.0001(D^2Ht)^{0.852}$ ค่า $R^2 = 0.989$ ส่วนยูคาลิปตัสสายพันธุ์ K62 น้ำหนักสด (Mt) = $0.0854(D^2Ht)^{0.9127}$ ค่า $R^2 = 0.998$ มวลชีวภาพ (Wt) = $0.0542(D^2Ht)^{0.9127}$ ค่า ($R^2 = 0.984$) และปริมาตร (V) = $0.00009(D^2Ht)^{0.871}$ ค่า $R^2 = 0.995$ พบว่าสมการดังกล่าวให้ค่าทางสถิติมากที่สุด ค่า (R^2) สูงกว่ารูปแบบอื่น

คำนิยาม

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ งานสวนป่าสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ภาคกลาง องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ และผู้มีส่วนร่วมทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล จนงานวิจัยลุล่วงสำเร็จไปได้ด้วยดี

REFERENCES

- Chernkunthod, C. 2007. Aboveground Carbon Storage in *Eucalyptus urophylla* Plantation at Sakaerat Sivicultural Rechearch Station, Nakhon Rachasima

- Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- Department of Agriculture, 2012. **Plant Database.** Available source: http://www.doa.go.th/pvp/wp_content/uploads/2019/08/1euca.pdf, November 25, 2020.
- Duansathaporn, K. and P. Lumyai, 2016. **Sustainable Forest Plantation Management.** Department of Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Duansathaporn, 2005. **Forest Mensuration I.** Department of Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)
- Hnukaew, M., R. Poolsiri and P. Chompoowiset. 2015. Yield and nutrients of various 5-year-old *Eucalyptus* clones in the Upper Northeast. **Thai J. For.** 34(2): 11-22. (in Thai)
- Jundang, W. 2010. **Evaluation of Carbon Sequestration in Dry Dipterocarp Forest and Eucalyptus Plantation at Mancha Khiri Plantation, Khon kaen Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- Jamroenprucksas, M. 1987. The Production of *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh. established under the agroforestry scheme. **Thai J. For.** 6: 268-278. (in Thai)
- Kira, T. and T. Shidei, 1967. Primary production and Turnover of organic matter in difference forest ecosystems of the Western Pacific. **Jpn. J. Ecol.** 17(2): 70-87.
- Khunsathien, C., P. Prasomsin and K. Palakit. 2021. Timber volume assessment of rubber Tree: a case study of the Kanchanadit Plantation, Surat Thani Province. **Thai J. For.** 40(1): 95-107. (in Thai)
- Kietvuttinon, B. 2009. Effect of different spacing on growth and yield of *Eucalyptus Camaldulensis* planted on paddy bunds. **Thai J. For.** 28: 13-23. (in Thai)
- Klangprapan, A. 2019. **Growth and Yields of 4 Year-Old Eucalyptus clone K58 and K62 Plantation in Sa Kaeo Plantation, Sa Kaeo Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- Niyamangkoon, S. 2000. **Sampling Techniques.** Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Ounban, W., L. Puangchit. And S. Diloksumpun. 2016. Development of general biomass allometric equation for *Tectona grandis* Linn.f. and *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Plantations in Thailand. **Agric. Nat. Resour.** 50: 48-53.
- Pantawong, A. 2004. **Growth and Yields of Eucalyptus camaldulensis Dehnh. Plantation of Lao-ADB Forestry Project** M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)

- Pornleesangsuwan, A., S. Nongnuang and W. Khambai. 2014. Estimate of the stem volume in dry dipterocarp forest. **Journal of Forest Manangement.** 8(15): 1-22.
- Prowmasorn, P. 2019. **Yield Assesment and Financial Analysis of *Chukrasia tabularis* A.Juss. at Prachuap Khiri Khan Sivicultural Research Station, Prachuap Khiri Khan Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- Petmak, P., B. Boontawee, S. Kiratiprayoon and S. Boonyuen. 1987. Stem biomass and volume table of *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh. **Thai J. For.** 6: 399-416. (in Thai)
- Royal Forest Department, 2013. ***Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh.** Reforestation Promotion Office, Royal Forest Department. Bangkok. (in Thai)
- Siritachchayetch, J. 2008. **Growth and Yield Models for Teak in Mae Mo Plantation, Lampang Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- Srilert, N. and S. Diloksumpun. 2011. Growth performance and physiological characteristics of four clones of eucalyptus seedings under different light intensities. **Thai J. For.** 30(2): 12-26. (in Thai)
- Spurr, S.H. 1952. **Forest Inventory.** The Ronald Press Co., New York.
- Suksamran, R. 2005. **Estimate of Volume and Biomass Mangrove Forest.** Department of Marine and Coastal Resource, Bangkok. (in Thai)
- Sukwong, S. 2009. Method of regression for research of forestry. **Journal of Forest Management** 3(5) :89-98. (in Thai)
- Vacharangkura, T. and W. Himmaphan. 2018. Variable-top Merchanable volume equations for Teak (*Tectona grandis* Linn.F) in Thailand. **Journal of Forest Management.** 12(24): 1-13. (in Thai)
- Viriyabuncha, C., P. Chittachummonk, C. Sutthisrisin and S. Samrarn 2002. Peawsa-ad adjust equation to estimate the above-ground biomass teak plantation in Thailand. **Proceeding of the 7 Technical Seminar on Siviculture.** December 12-14, 2001. Bangkok. Kasetsart University. (in Thai)
- Wongnam, P. and P. Prasomsin. 2020. Local merchanable volume table of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre: a case study at the Kum Noboru Umeda Plantation, Trat Province. **Thai J. For.** 39(2): 164-175 (in Thai)
-