ผลผลิตและการกักเก็บคาร์บอนของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้

นางวรพรรณ หิมพานต์

ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านการส่งเสริมการปลูกป่า

สำนักส่งเสริมการปลูกป่า

กรมป่าไม้

2568

ฉบับปรับปรุง

เอกสารผลงานวิชาการ

ผลผลิตและการกักเก็บคาร์บอนของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้

Yield and carbon storage of *Acacia auriculiformis* and A. hybrid of the Royal Forest Department

นางวรพรรณ หิมพานต์
ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านการส่งเสริมการปลูกป่า (นักวิชาการป่าไม้เชี่ยวชาญ)
สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
2568

บทคัดย่อ

การศึกษาผลผลิตและการกักเก็บคาร์บอนของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้ ทำการศึกษาโดยใช้ไม้โตเร็วเศรษฐกิจที่ปรับปรุงพันธุ์แล้วและเป็นพันธุ์สำหรับการส่งเสริมของกรมป่าไม้ ได้แก่ กระถินณรงค์ 5 สายพันธุ์ ได้แก่ ปม.3-1 ถึง ปม.3-5 และกระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์โดยกรมป่าไม้จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ CP และ SR ทำการปลูกทดสอบกับกระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไปหรือยังไม่ได้ปรับปรุงพันธุ์ ปลูกทดสอบ 8 สายพันธุ์ สายพันธุ์ละ 3 แถว ด้วยระยะปลูก 2 x 4 เมตร จำนวน 3 ซ้ำ ในพื้นที่ของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย เมื่อกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมอายุ 3 ปี ทำการวัดการเติบโตและตัดต้นตัวอย่างจำนวน 4 ต้นแต่ละสายพันธุ์ เพื่อศึกษาผลผลิตและการกักเก็บคาร์บอน

ผลการศึกษาพบว่า กระถินลูกผสม (SR) มีการเติบโตทั้งด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงสูงที่สุด ในขณะที่กระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไปมีการเติบโตน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกระถินลูกผสมและกระถินณรงค์ที่ปรับปรุงพันธุ์แล้วของกรมป่าไม้ การศึกษาครั้งนี้ได้สร้างสมการความสัมพันธุ์ระหว่างผลผลิต (น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง) ของส่วนต่าง ๆ กับขนาดของต้นไม้ (เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูง) โดยสมการแอลโลเมตริกที่ได้สามารถใช้กับการประมาณผลผลิตของกระถินทั้ง 8 สายพันธุ์ ทั้งนี้ได้สร้างสมการที่ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเป็นตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวในการประมาณผลผลิต เพื่อความสะดวกต่อผู้นำไปใช้ที่ไม่ต้องทำการวัดความสูง ส่วนผลผลิตในด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง รวมไปถึงการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พบว่ากระถินลูกผสมมีค่าสูงกว่ากระถินณรงค์ปรับปรุงพันธุ์และกระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป ในขณะที่กระถินณรงค์ของกรมป่าไม้พบว่า ปม.3-1 มีค่าต่าง ๆ สูงกว่ากระถินณรงค์สายพันธุ์อื่น นอกจากนี้ยังได้สร้างตารางสำหรับการประมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง การกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามขนาดความโต (เส้นรอบวงที่ระดับ 1.30 เมตรจากพื้นดิน) สำหรับประชาชนทั่วไปนำไปใช้ประมาณค่าต่าง ๆ ได้ด้วยตัวเอง

คำสำคัญ : กระถินณรงค์, กระถินลูกผสม, กรมป่าไม้, น้ำหนักสด, น้ำหนักแห้ง, การกักเก็บคาร์บอน

ABSTRACT

Study on the yield and carbon storage of *Acacia auriculiformis* and *A.* hybrid of the Royal Forest Department (RFD). The study was conducted using improved clones and fast-growing economic trees promoted by RFD, including five varieties of *A. auriculiformis*, namely RFD 3-1 to RFD 3-5, and two varieties of *A.* hybrid between *A. mangium* and *A. auriculiformis* of RFD, namely CP and SR, planted together with *A. auriculiformis* from general seed or one that has not yet been improved. The 8 clones, with each clone planted three lines with 2x4 meter spacing in 3 replications in farmers' areas in Phan District, Chieng Rai Province. Three years after planting, growth measurements were made, and 4 sample plants of each clone were cut to study yield and carbon storage.

The results showed that hybrid acacia (SR) had the highest growth in both diameter at breast height (DBH) and height. While *A. auriculiformis* from general seed had statistically significantly lower growth than the improved *A. auriculiformis* and *A.* hybrid. This study created an equation for the relationship between yield. (fresh weight and dry weight) of different parts and the size of the tree (DBH and height). The obtained allometric equation can be used to estimate the yield of all 8 Acacia species. In addition, equations that use only the DBH as the independent variable were also created for the convenience of users who do not need to measure height. As for the yield in terms of fresh weight and dry weight, including carbon storage and carbon dioxide absorption, it was found that *A.* hybrid has higher values than other improved Acacia and Acacia from general seeds. Meanwhile, 5 clones of RFD *A. auriculiformis*, found that RFD 3-1 was the highest growth and yield. Tables of the fresh weight, dry weight, carbon storage, and carbon dioxide absorption according to size. (Circumference at 1.30 meters from the ground) were also created for the general public to easily and quickly use to estimate various values by themselves.

Key words : *Acacia auriculiformis*, *Acacia hybrid*, The Royal Forest Department, fresh weight, biomass, carbon storage

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณอุทิศ นรรัตน์ ปลัดเทศบาลตำบลป่าแฝก จังหวัดเชียงราย ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้เจ้าหน้าที่ของสถานีวนวัฒนวิจัยแม่กา จังหวัดพะเยา ให้นำกล้ากระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้ไปทดลองปลูก และดูแลรักษาแปลงทดลอง รวมทั้งให้ความอนุเคราะห์เข้าไปวางแปลงและเก็บข้อมูล ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณสมพร คำชมภู และเจ้าหน้าที่ของสถานีวนวัฒนวิจัยแม่กา จังหวัดพะเยา ซึ่งเป็นผู้วางแผนการปลูกและปลูกต้นกระถินณรงค์และกระถินลูกผสม จนเป็นแปลงทดลองที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ตามรายงานฉบับนี้

เอกสารฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยได้รับความช่วยเหลือและให้การสนับสนุนจากเจ้าหน้าที่ของฝ่ายวิจัยการปลูกสร้างสวนป่า ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ และได้รับการจัดสรรงบประมาณจากกรมป่าไม้ โดยสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

วรพรรณ หิมพานต์
ผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ช
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ตรวจเอกสาร	4
วิธีการ	20
ผลการศึกษา	25
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	55
เอกสารอ้างอิง	57
ภาคผนวก	64
ภาคผนวกที่ 1 ตารางน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้ ตามขนาดความโต	65
ภาคผนวกที่ 2 ผลงานที่เป็นผลการปฏิบัติงานหรือผลสำเร็จของงาน	75

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 สมการแอลโลเมตริกในการประมาณมวลชีวภาพของกระถินลูกผสม 6 สายต้น ปลูกในดินเสื่อมโทรม จังหวัดกาญจนบุรี 16
ตารางที่ 2 สมการแอลโลเมตริกในการประมาณมวลชีวภาพของกระถินลูกผสม 6 สายต้น ในจังหวัดสระแก้ว 17
ตารางที่ 3 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝน ปี พ.ศ. 2566 ของจังหวัดเชียงราย 21
ตารางที่ 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความสูง และการรอดตาย ของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป 27
ตารางที่ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความสูง และอัตราการเติบโตของ กระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป 28
ตารางที่ 6 ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH, และความสูงของ กระถินณรงค์และกระถินลูกผสมจากงานวิจัยที่ผ่านมา 29
ตารางที่ 7 ความชื้นของส่วนต่าง ๆ ของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และ กระถินจากเมล็ดทั่วไป 31
ตารางที่ 8 สมการสำหรับประมาณน้ำหนักสดของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป 33
ตารางที่ 9 สมการสำหรับประมาณน้ำหนักแห้งของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป 36
ตารางที่ 10 สมการประมาณน้ำหนักสดรวมของเหนือพื้นดินของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป 40
ตารางที่ 11 สมการประมาณน้ำหนักแห้งรวมของส่วนเหนือพื้นดินของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป 41
ตารางที่ 12 น้ำหนักสดของส่วนต่าง ๆ ของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจาก เมล็ดทั่วไป 42
ตารางที่ 13 น้ำหนักแห้งของส่วนต่าง ๆ ของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจาก เมล็ดทั่วไป 45

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 14 น้ำหนักสดของส่วนต่าง ๆ ของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป 47
ตารางที่ 15 น้ำหนักแห้งของส่วนต่าง ๆ ของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป 48
ตารางที่ 16 ปริมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินรวมในการศึกษาครั้งนี้กับการศึกษาที่ผ่านมาในประเทศไทย 49
ตารางที่ 17 การกักเก็บคาร์บอนของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป 51
ตารางที่ 18 การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป 52

ตารางผนวกที่ 1 น้ำหนักสดของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้ตามขนาดความโต 66
ตารางผนวกที่ 2 น้ำหนักแห้งของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้ตามขนาดความโต 69
ตารางผนวกที่ 3 การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้ ตามขนาดความโต 72

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แผนที่การกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติของ *A. auriculiformis, A. mangium* และ *A.mangium x A.auriculaformis.* 5
ภาพที่ 2 การกระจายพันธุ์ของกระถินณรงค์ 6
ภาพที่ 3 ผังการปลูกกระถินณรงค์และกระถินลูกผสม 8 สายพันธุ์ อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 22
ภาพที่ 4 เปรียบเทียบมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากสมการประมาณมวลชีวภาพที่ใช้ตัวแปร DBH^2H และ DBH 43
ภาพที่ 5 เปรียบเทียบมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากสมการประมาณมวลชีวภาพจากการศึกษานี้กับสมการจากงานวิจัยอื่น 44

คำนำ

จากสถานการณ์ของสิ่งแวดล้อมที่เป็นปัญหาระดับโลก โดยในช่วงเวลาที่ผ่านส่งผลกระทบต่อชีวิตและความเป็นอยู่ของมนุษยชาติด้วยความรุนแรงมากขึ้นทุกปี ทำให้เกิดความตระหนักถึงแนวทางการแก้ไขปัญหา โดยหนึ่งในแนวทางคือการเพิ่มพื้นที่สีเขียวหรือการปลูกต้นไม้ เนื่องจากต้นไม้เป็นสิ่งมีชีวิตเดียวที่สามารถนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากชั้นบรรยากาศมาใช้และกักเก็บไว้ในรูปของคาร์บอนในเนื้อไม้ รวมไปถึงการปลดล๊อคของระเบียบและกฎหมายที่เป็นปัญหาหรืออุปสรรคต่อการส่งเสริมการปลูกต้นไม้ ทำให้ความนิยมในการปลูกต้นไม้เพิ่มมากขึ้น นอกจากไม้พื้นเมืองที่มีค่า เช่น สัก พะยูง ประดู่ หรือมะค่าโมงแล้ว ไม้ต่างถิ่น ได้แก่ ยูคาลิปตัสและไม้สกุลอะเคเซีย ก็เป็นที่นิยมปลูกกันมากในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นไม้โตเร็ว สามารถตัดและจำหน่ายให้ผลตอบแทนได้ภายในระยะเวลา 4-5 ปี นอกจากสามารถเติบโตได้ในสภาพพื้นที่และสภาพอากาศที่หลากหลาย มีการเติบโตที่รวดเร็ว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ที่หลากหลาย ทั้งเยื่อและกระดาษ ไม้เสา ไม้ค้ำยัน จนถึงไม้เพื่อเฟอร์นิเจอร์และการก่อสร้าง ไม้สกุลอะเคเซีย ยังเป็นไม้ที่มีคุณสมบัติในการตรึงไนโตรเจน ซึ่งผลดีต่อสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ในด้านความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งส่งผลต่อการลดก๊าซเรือนกระจก ลดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ยังก่อให้เกิดรายได้จากการขายเครดิตคาร์บอนอีกด้วย ไม้โตเร็วจึงเป็นชนิดไม้ที่มีผู้ให้ความสนใจอย่างมาก

ไม้สกุลอะเคเซียที่มีศักยภาพในการปลูกเป็นสวนป่าไม้โตเร็วทางเศรษฐกิจในประเทศไทย ได้แก่ กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis*) นำเข้ามาปลูกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2478 กระถินเทพา (*A. mangium*) นำเข้ามาปลูกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 นอกจากนี้ยังมีกระถินอีก 2 ชนิด ได้แก่ *A. aulacocarpa* และ *A. crassicarpa* ได้นำเข้ามาทดลองปลูกในประเทศไทย เมื่อปี พ.ศ. 2528 ภายใต้โครงการความร่วมมือกับ Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR) ประเทศออสเตรเลีย

กรมป่าไม้ได้มีแผนการปรับปรุงพันธุ์ไม้อะเคเซียทั้ง 4 ชนิด ซึ่งชนิดที่สามารถปรับปรุงพันธุ์ได้ผลดี เหมาะสำหรับการส่งเสริมการปลูกป่า ได้แก่ กระถินณรงค์ และกระถินลูกผสม โดยกรมป่าไม้ได้ดำเนินการทดสอบสายพันธุ์กระถินณรงค์ จนถึงขบวนการของรุ่นที่ 2 ในปี พ.ศ. 2539 ได้รวม 18 สายพันธุ์ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์จากปาปัวนิวกินีและควีนสแลนด์ มีการเติบโตและรูปทรงดีกว่าสายพันธุ์จากประเทศไทย ส่วนกระถินเทพา ในปี พ.ศ. 2540 กรมป่าไม้ได้สร้างฐานพันธุกรรม สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ โดยนำเมล็ดพันธุ์จากสวนผลิตเมล็ดพันทางตอนเหนือของรัฐควีนสแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย และประเทศฟิจิ จำนวน 90 สายพันธุ์ มาจัดสร้างแปลงทดสอบ

สายพันธุ์ และจะเป็นแหล่งพันธุกรรมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์และเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ดีสำหรับการปลูกป่าเศรษฐกิจต่อไป ส่วนลูกผสมอะเคเซีย (Acacia hybrids) มีอยู่ 2 รูปแบบ คือ ลูกผสมที่ได้จากพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ของไม้อะเคเซียชนิดเดียวกันแต่ต่างถิ่นกำหนด (Intra-specific hybrid) และลูกผสมที่เกิดจากพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ของไม้อะเคเซียต่างชนิดกัน (Inter-specific hybrid) ซึ่งกรมป่าไม้ได้ผลิตลูกผสมแบบพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ชนิดเดียวกันแต่ต่างถิ่นกำเนิดกัน โดยคัดเลือกจาก 3 ถิ่นกำเนิด คือ ถิ่นกำเนิดในรัฐนอร์ทเทิร์นเทอริเทอรี (Nortern Territory – NT) ที่มีประสิทธิภาพในการใช้น้ำสูง (high water use efficiently) ถิ่นกำเนิดในรัฐควีนสแลนด์ (Queensland – QLD) ที่มีลักษณะลำต้นที่เปลาตรง และถิ่นกำเนิดในปาปัวนิกินี (Papua New Guinea – PNG) ที่มีการเติบโตเร็วและให้ผลผลิตเนื้อไม้สูง สำหรับลูกผสมแบบพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ต่างชนิดกันนั้น ที่ได้รับความสนใจมากคือลูกผสมที่เกิดจากกระถินณรงค์และกระถินเทพา เนื่องจากลูกผสมชนิดนี้สามารถเกิดขึ้นตามธรรมชาติได้ง่าย ลักษณะที่เด่นคือ ให้ผลผลิตในรูปของเนื้อไม้สูงกว่ากระถินณรงค์และกระถินเทพา คุณสมบัติเนื้อไม้เหมาะสมสำหรับการผลิตเยื่อและกระดาษ ไม้สกุลอะเคเซียที่กรมป่าไม้ได้ทำการปรับปรุงพันธุ์และขึ้นทะเบียนพันธุ์พืชใหม่ ประกอบด้วย กระถินณรงค์ลูกผสม 5 พันธุ์ (วิฑูรย์, 2556) นอกจากนี้ยังมีกระถินลูกผสมในชื่อกระถินเทพณรงค์อีกด้วย

จากความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์ไม้สกุลอะเคเซียของกรมป่าไม้ ซึ่งทำให้มีไม้โตเร็วที่เติบโตได้ดี มีผลผลิตสูง และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งควรส่งเสริมให้ปลูกเป็นสวนป่าไม้เศรษฐกิจ ดังนั้นข้อมูลเกี่ยวกับการเติบโต ผลผลิต รวมไปถึงการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับการเลือกพันธุ์นำไปปลูกของเกษตรกร เพื่อสามารถประมาณผลผลิตทั้งในรูปของน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาตรไม้ สำหรับประกอบการตัดสินใจซื้อขายเนื้อไม้ นอกจากนี้ยังเป็นข้อมูลสำหรับประกอบการซื้อขายเครดิตคาร์บอนอีกด้วย จึงได้มีการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลการเติบโต ผลผลิต รวมไปถึงการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของไม้กระถินลูกผสมที่ปรับปรุงพันธุ์แล้วโดยกรมป่าไม้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาข้อมูลการเติบโต ผลผลิต มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ของขนาดของต้นไม้และน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ในรูปแบบของสมการแอลโลเมตริก สำหรับประมาณผลผลิตของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้

ตรวจเอกสาร

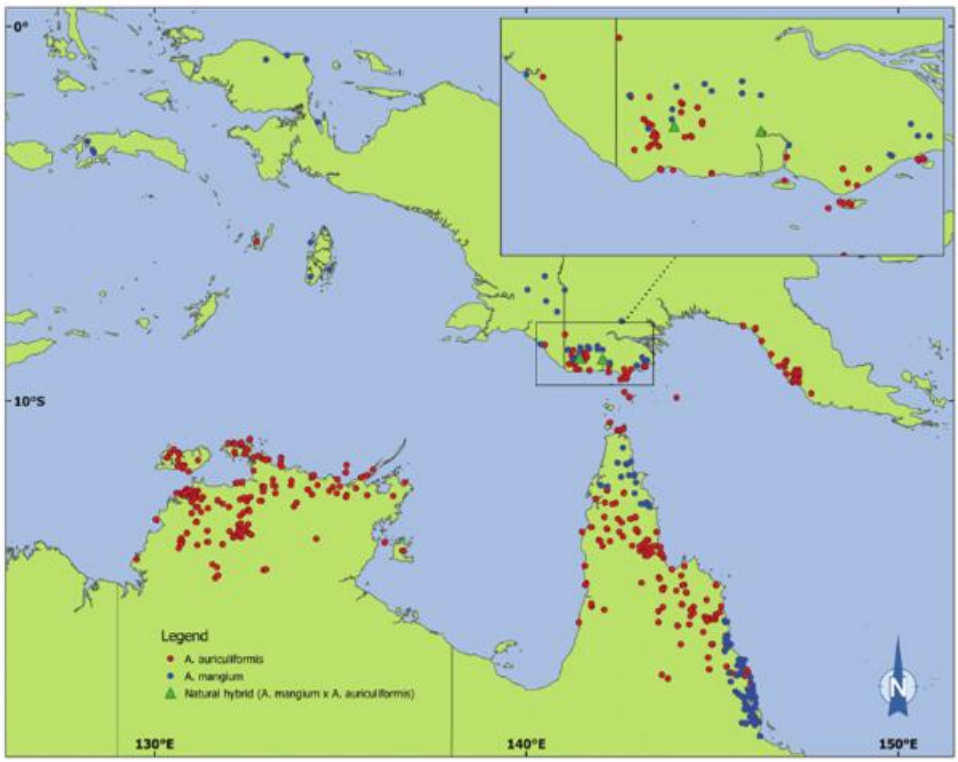
ไม้สกุลอะเคเซีย

ไม้ในสกุลอะเคเซียมีอยู่ประมาณ 1,300 ชนิดทั่วโลก มีการกระจายพันธุ์ตั้งแต่ทวีปออสเตรเลีย เอเชีย ไปยังอัฟริกาจนถึงทวีปอเมริกา โดยเป็นพันธุ์ไม้ที่มีคุณสมบัติในการตรึงไนโตรเจน (nitrogen-fixing) ทำให้สามารถเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ และยังมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาของระบบนิเวศวิทยาตามธรรมชาติอีกด้วย ในประเทศต่าง ๆ มากกว่า 70 ประเทศ ได้มีการนำไม้อะเคเซียจากต่างถิ่น (exotic) เข้าไปปลูกเพื่อการฟื้นฟูสภาพป่าและนำไปใช้ประโยชน์เป็นไม้ใช้สอย เช่น ไม้ฟืน ถ่าน ก่อสร้าง เฟอร์นิเจอร์ และการผลิตสารแทนนิน และต่อมาได้มีการปลูกป่าอะเคเซียเพื่อผลิตเยื่อกระดาษโดยเฉพาะในประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซีย จีน อินเดีย และเวียดนาม (Tumbull *et.al.*, 1998)

ไม้ในสกุลอะเคเซียมีบทบาทสำคัญในการนำไปปลูกสวนป่า ส่วนใหญ่นำมาจากทวีปออสเตรเลีย มีการประมาณพื้นที่ปลูกไม้อะเคเซียทั่วโลก 12.5 ล้านไร่ โดยเป็นการปลูก *Acacia mearnsii* ประมาณ 3.1 ล้านไร่ *A. saligna* ประมาณ 3.1 ล้านไร่ และกระถินเทพา (*A. mangium*) ประมาณ 3.75 ล้านไร่ *Acacia mearnsii* มีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติในเขตอบอุ่น มีการนำไปปลูกในประเทศอัฟริกาใต้ จีน และบราซิล เป็นส่วนใหญ่ เพื่อการสกัดสารแทนนินที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ และใช้เป็นไม้ฟืน *A. saligna* ใช้ปลูกเพื่อเป็นแนวกันลมที่ราบตามชายฝั่ง เป็นไม้ฟืน ใบใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยปลูกในประเทศแถบอัฟริกาตอนเหนือ อเมริกากลางและใต้ ส่วนกระถินเทพา มีการนำไปปลูกป่าเพื่อเป็นไม้ใช้สอยทดแทนไม้จากป่าธรรมชาติที่ลดลง และปลูกฟื้นฟูในพื้นที่เสื่อมโทรม เพื่อพัฒนาสภาพพื้นที่ให้เกิดประโยชน์และเทคโนโลยีที่ทันสมัยขึ้นทำให้กระถินเทพาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นเยื่อกระดาษ และอุตสาหกรรม Medium Density Fiberboard (MDF) (วิฑูรย์, 2556)

ไม้สกุลอะเคเซียที่มีศักยภาพในการปลูกเป็นสวนป่าไม้โตเร็วทางเศรษฐกิจในประเทศไทย ได้แก่ กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis*) นำเข้ามาปลูกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2478 สามารถปลูกได้ทั่วไป คุณสมบัติเนื้อไม้เหมาะแก่การทำเฟอร์นิเจอร์ และไม้ใช้สอยได้เป็นอย่างดี กระถินเทพา (*A. mangium*) นำเข้ามาปลูกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 ซึ่งได้รับความสนใจเนื่องจากเป็นไม้ที่โตเร็ว และเป็นชนิดที่ปลูกกันมากในต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศอินโดนีเซียและมาเลเซีย นอกจากนี้ยังมีกระถินอีก 2 ชนิด ได้แก่ *A. aulacocarpa* และ *A. crassicarpa* ได้นำเข้ามาทดลองปลูกในประเทศไทย เมื่อปี พ.ศ. 2528 ภายใต้โครงการความร่วมมือกับ Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR) ประเทศออสเตรเลีย (วิฑูรย์, 2556) ซึ่งต่อมากรมป่าไม้ได้มีแผนการปรับปรุงพันธุ์

ไม้อะเคเซียทั้ง 4 ชนิด ซึ่งชนิดที่สามารถปรับปรุงพันธุ์ได้ผลดี เหมาะสำหรับการส่งเสริมการปลูกป่า ได้แก่ กระถินณรงค์ และกระถินลูกผสม การกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติของ *A. auriculiformis, A. mangium* และ *A. mangium x A. auriculaformis.* แสดงในภาพที่ 1



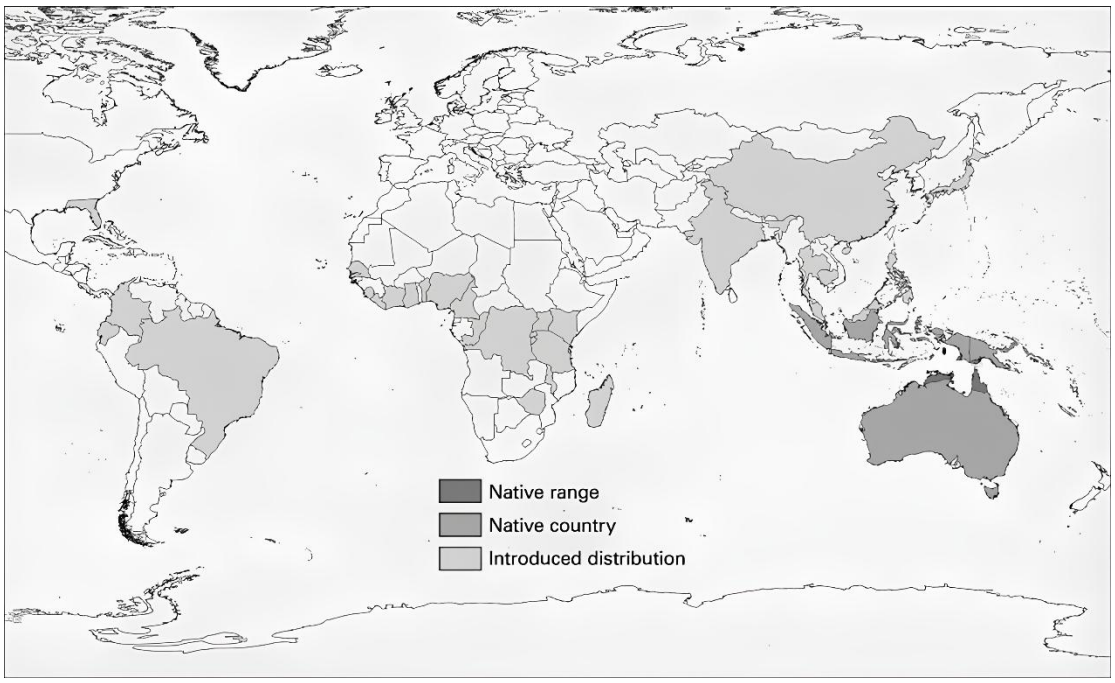
ที่มา: Maslin *et.al.* (2019)

ภาพที่ 1 แผนที่การกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติของ *A. auriculiformis, A. mangium* และ *A. mangium x A. auriculaformis.*

กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis*)

ข้อมูลจากกรมป่าไม้ (2567) พบว่า ลักษณะทั่วไป: เป็นไม้ไม่ผลัดใบ ที่มีขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ขึ้นกับสภาพท้องที่และสภาพภูมิอากาศ มีกิ่งก้านสาขามาก เมื่ออายุยังน้อยจะมีเปลือกเรียบสีเทา แต่จะขรุขระและแตกเป็นร่องสีน้ำตาลเข้มเมื่อแก่ ใบเดี่ยว มีลักษณะเป็นพุ่มหนา เรือนยอดแผ่กว้าง และแตกกิ่งที่ส่วนล่างของลำต้น ออกดอกเกือบตลอดทั้งปี ดอกเป็นช่อสีเหลือง มีกลิ่นหอม เมล็ดมีลักษณะกลมแบน ขนาดเล็กประมาณ 2.4-4.45 มิลลิเมตร แต่ละฝักจะมีเมล็ดอยู่ภายในประมาณ 10-15 เมล็ด เมล็ดอ่อนมีสีเขียว ส่วนเมล็ดแก่มีสีน้ำตาลเข้มหรือสีดำ

การกระจายพันธุ์: มีถิ่นกำเนิดที่พบเห็นได้อยู่หลายประเทศ ได้แก่ ออสเตรเลีย ปาปัวนิวกินี และอินโดนีเซีย Naudiyal and Schmerbeck (2014) กล่าวว่าสายพันธุ์นี้พบได้ไกลถึง 150 กิโลเมตรในเขตปกครองนอร์เทิร์นเทร์ริทอรี และไกลถึง 430 กิโลเมตรในรัฐควีนส์แลนด์ และครอบคลุมช่วงความสูงถึง 150 และ 400 เมตรจากระดับน้ำทะเล ในเขตปกครองนอร์เทิร์นเทร์ริทอรีและควีนส์แลนด์ตามลำดับ ในปาปัวนิวกินี สายพันธุ์นี้พบได้ในเขตจังหวัดทางตะวันตก โดยส่วนใหญ่อยู่ในแนวชายฝั่งที่มีความสูงถึง 20 เมตร และไม่เกิน 35 เมตรจากระดับน้ำทะเล สายพันธุ์นี้อยู่ในพื้นที่ที่มีสภาพพื้นที่คล้ายคลึงกับในออสเตรเลีย อย่างไรก็ตาม ในปาปัวนิวกินีพบในพื้นที่ที่ถูกรบกวนเช่นกัน การกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติในอินโดนีเซียเป็นที่ทราบกันน้อยที่สุด ดูเหมือนว่าการเกิดขึ้นตามธรรมชาติของสายพันธุ์นี้จะเกิดขึ้นเป็นครั้งคราวเท่านั้น การกระจายพันธุ์ของกระถินณรงค์แสดงตามภาพที่ 2



ที่มา: Schmerbeck and Naudiyal (2014)

ภาพที่ 2 การกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติของกระถินณรงค์

ปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสม: จะเติบโตได้ตามธรรมชาติที่ระดับความสูง 0-400 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ต้องการแสงแดดเต็มที่ เติบโตได้ในพื้นที่แห้งแล้งซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 26-30 องศาเซลเซียส ขึ้นได้ดีในที่ชื้นที่มีปริมาณน้ำฝน 1,500-1,800 มิลลิเมตรต่อปี กระถินณรงค์เป็นไม้

ต่างประเทศ ในประเทศไทยสามารถปลูกได้ในทุกพื้นที่ ขึ้นได้ในที่ราบและสภาพดินหลายชนิด เช่น ดินเหนียว ดินลูกรัง หรือดินที่ไม่ค่อยอุดมสมบูรณ์ แต่สภาพดินที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเติบโตคือ ดินร่วนปนทราย ที่มีความเป็นกรดเล็กน้อย

การปลูกและการดูแลรักษา: ควรปลูกในช่วงฤดูฝน ควรใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยวิทยาศาสตร์รองก้นหลุมก่อนปลูกถ้าสภาพดินในแปลงปลูกเป็นดินเลว เมื่อปลูกไปได้ 1-2 เดือน ให้ทำการตรวจสอบอัตราการรอดตาย และรีบทำการปลูกซ่อมแทนต้นที่ตาย ในขณะที่ยังมีฝนตกอยู่ ในปีแรกต้องคอยดูแลไม่ให้กล้าไม้ถูกวัชพืชปกคลุม โดยให้ดายวัชพืชเมื่อเริ่มปกคลุมกล้าไม้ และเมื่อสิ้นฤดูฝนควรดายวัชพืชอีกครั้ง เพื่อป้องกันการเกิดไฟไหม้สวนป่า

ข้อจำกัด: กระถินณรงค์มีศัตรูพืชที่เป็นอันตราย คือ ด้วงเจาะกิ่งกระถินณรงค์ ดังนั้นจึงต้องคอยดูแล ตรวจตรา และทำลายก่อนที่จะลุกลามทำความเสียหายให้แก่สวนป่า

กระถินณรงค์ เป็นไม้โตเร็วในตระกูลถั่ว (Leguminoceae) ซึ่งมีความสามารถพิเศษในการตรึงไนโตรเจนได้ (nitrogen fixing tree) มีถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติในประเทศออสเตรเลีย (รัฐ Queensland และรัฐ Northern Territory) ปาปัวนิวกินี และอินโดนีเซีย (Kai Island) จากการศึกษาสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ รวมทั้งการศึกษาทางสัณฐานวิทยา (morphology) พบว่ากระถินณรงค์ที่เกิดตามธรรมชาติสามารถแบ่งแยกออกเป็น 3 ภูมิภาค (region) คือ กระถินณรงค์ที่เกิดขึ้นในรัฐ Northern Territory และ Queensland ในประเทศออสเตรเลีย กระถินณรงค์ที่เกิดในประเทศปาปัวนิวกินี และกระถินณรงค์ที่เกิดในประเทศอินโดนีเซีย (Boland *et.al*., 1990 และ Pinyopusarerk *et.al.*, 1991 อ้างใน วิฑูรย์ และคณะ, 2538)

กระถินณรงค์ ได้มีการนำเข้ามาปลูกเป็นไม้ประดับ แต่จากการที่กระถินณรงค์สามารถปรับตัวได้ในเกือบทุกสภาพท้องที่ จากการที่ได้มีการทดลองนำกระถินณรงค์จากต่างประเทศตามแหล่งธรรมชาติมาปลูก พบว่ากระถินณรงค์เติบโตได้ในหลายท้องที่ของประเทศไทย และคุณภาพเนื้อไม้มีคุณภาพดี เป็นไม้เนื้อแข็ง การปรับปรุงพันธุ์กระถินณรงค์ในประเทศไทย เริ่มมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 มีการคัดเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะดีในท้องที่ต่าง ๆ ของประเทศ แล้วนำเมล็ดจากต้นที่ได้คัดเลือกไว้มาทดสอบสายพันธุ์ เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีไว้ผสมพันธุ์และผลิตเมล็ดพันธุ์ไว้เพื่อการปลูกสร้างสวนป่า ในปี พ.ศ. 2532 ได้มีการนำเมล็ดจากต้นที่มีลักษณะดีจากแหล่งตามธรรมชาติในประเทศออสเตรเลียและปาปัวนิวกินีมาทดสอบสายพันธุ์ร่วมกับเมล็ดที่ได้จากการคัดเลือกพันธุ์ในท้องที่ต่าง ๆ ของประเทศไทย ทำให้สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีทั้งจากต่างประเทศและในประเทศ และให้มีการผสมพันธุ์กันเพื่อช่วยในการปรับปรุงพันธุ์ให้มีสายพันธุ์ที่ดีขึ้น จากการทดลองปลูกแหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทย 12 แหล่ง พบว่ากระถินณรงค์ที่มีแหล่งจากธรรมชาติในต่างประเทศมีการเติบโตดีกว่าที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทย นอกจากนี้จากการศึกษายังพบว่าอิทธิพลทางด้านสิ่งแวดล้อม

(environment) มีผลต่อรูปทรง (stem form) ของไม้กระถินณรงค์ นอกจากอิทธิพลจากสายพันธุ์หรือพันธุกรรม (gene) นอกจากนี้ในสภาพท้องที่ที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการเติบโตของต้นไม้ เช่น มีความแห้งแล้งมาก หรือมีช่วงแล้งเป็นระยะเวลานาน การที่อากาศร้อนจัดหรือหนาวจัดจะมีผลต่อการพัฒนาการเติบโตของต้นไม้ รวมทั้งการขาดธาตุอาหารบางอย่างมีผลต่อรูปทรงต้นไม้เช่นกัน (วิฑูรย์และคณะ, 2538)

กระถินลูกผสม

กระถินลูกผสมมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ ลูกผสมที่ได้จากพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ของอะเคเซียชนิดเดียวกัน แต่ต่างถิ่นกำเนิด (intra-specific hybrid) และลูกผสมที่เกิดจากพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ของไม้อะเคเซียต่างชนิดกัน (inter-specific hybrid) กรมป่าไม้ได้ผลิตลูกผสมแบบพ่อพันธุ์ชนิดเดียวกันต่างถิ่นกำเนิดกัน โดยคัดเลือกพันธุ์ 3 ถิ่นกำเนิด คือ ถิ่นกำเนิดในรัฐนอร์ทเทอริเทอรี่ (Northern Territory: NT) ที่มีประสิทธิภาพในการใช้น้ำสูง (high water use efficiently) ถิ่นกำเนิดในรัฐควีนส์แลนด์ (Queensland: QLD) ที่มีลักษณะลำต้นที่เปลาตรง และถิ่นกำเนิดในปาปัวนิวกินี (Papua New Guinea: PNG) ที่มีการเติบโตเร็วและให้ผลผลิตเนื้อไม้สูง ทำการทดสอบสายพันธุ์ที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา พบว่าลูกผสมบางส่วนมีการเติบโตดี และรูปทรงเปลาตรง และได้นำไปทดสอบในขั้นต่อไป ปัจจุบันกรมป่าไม้ได้ทำการขึ้นทะเบียนพันธุ์พืชใหม่ของสายพันธุ์กระถินณรงค์ลูกผสมพันธ์ใหม่จำนวน 5 สายพันธุ์ คือ ปม. 3-1 ปม. 3-2 ปม. 3-3 ปม. 3-4 และ ปม. 3-5

สำหรับลูกผสมแบบพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ต่างชนิดกันนั้น เป็นที่ได้รับความสนใจกันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งลูกผสมที่เกิดจากพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ระหว่างกระถินณรงค์กับกระถินเทพา เนื่องจากกระถินณรงค์ตามธรรมชาติของไทยมักมีลำต้นคดงอ แตกกิ่งเป็นจำนวนมาก ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการก่อสร้างและทำเฟอร์นิเจอร์ได้ แม้ว่าเนื้อไม้มีสีน้ำตาลอ่อนสวยงาม ส่วนใหญ่นิยมปลูกเพื่อเป็นไม้ให้ร่มเงา และใช้เนื้อไม้ทำฟืนทำถ่าน กรมป่าไม้ได้วิจัยและพัฒนากระถินณรงค์ลูกผสมสายพันธุ์ใหม่จนสำเร็จที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา และจากการที่ลูกผสมชนิดนี้สามารถเกิดขึ้นตามธรรมชาติได้ง่าย เมื่อไม้อะเคเซียทั้งสองชนิดปลูกใกล้ชิดกัน ลักษณะที่เด่นของลูกผสมรูปแบบนี้คือ ให้ผลผลิตในรูปของเนื้อไม้สูงกว่าไม้กระถินณรงค์และกระถินเทพา และคุณสมบัติเนื้อไม้มีความเหมาะสมสำหรับผลิตเป็นเยื่อกระดาษ ซึ่งในประเทศเวียดนามได้มีการคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมที่เกิดตามธรรมชาติมาปลูกป่าเศรษฐกิจเป็นจำนวนมาก (วิฑูรย์, 2556) ในประเทศไทยมีคนเรียกกระถินลูกผสมที่เกิดจากกระถินเทพาและกระถินณรงค์ (คัดเลือกพ่อพันธุ์แม่พันธุ์แล้ว) ว่ากระถินเทพณรงค์ ซึ่งเป็นไม้โตเร็ว มีความทนทานต่อสภาพ

ภูมิอากาศ โรคและแมลง คาดว่าจะสามารถสร้างผลตอบแทนที่คุ้มค่าจากการปลูกป่าไม้เศรษฐกิจในอนาคตเป็นอย่างดี มีการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 3-5 เซนติเมตรต่อปี (หรือมากกว่านั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อม เช่น ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี สมบัติดิน และการบำรุงรักษา) ระยะเวลาการตัดฟัน (Harvest) 5-8 ปี สามารถปลูกได้ทุกภูมิภาคของประเทศไทย มีความสามารถในการแตกหน่อได้ดี เหมาะสำหรับการปลูกสร้างสวนป่าผสมผสาน กระถินลูกผสมสายพันธุ์ใหม่ สามารถปลูกได้เกือบทุกสภาพแวดล้อม โตเร็ว ลำต้นตรงมีความแข็ง ลวดลายและสีของเนื้อไม้สวยงาม เหมาะกับงานก่อสร้าง เฟอร์นิเจอร์ ผลิตภัณฑ์ไม้อื่น ๆ รวมถึงเศษไม้ปลายไม้ยังเป็นที่ต้องการสำหรับป้อนโรงงานไฟฟ้าชีวมวลอีกด้วย (วาโย ฟาร์ม, 2567)

การผสมพันธุ์ระหว่างกระถินณรงค์ลูกผสมและกระถินลูกผสมดังกล่าว ได้จากสายต้นกระถินณรงค์ในสวนผลิตเมล็ดพันธุ์รุ่นที่ 1 และกระถินเทพา โดยเลือกสายต้นกระถินณรงค์ที่มีจากถิ่นกำเนิด Northern Territory (NT) Queensland (QLD) และ Papua New Guinea (PNG) ถิ่นกำเนิดละ 3 สายต้น (clone) คือ NT1, NT2, NT3, QLD1, QLD2, QLD3, PNG1, PNG2, PNG3 และกระถินเทพา (AM) รวมทั้งสิ้น 10 สายต้น มาผสมเกสรแบบ incomplete half-diallel เมล็ดลูกผสมดังกล่าวได้มีการเพาะและปลูกเป็นสวนรวมพันธุ์ และมีการคัดเลือกสายต้นบางส่วนจากสวนรวมพันธุ์ดังกล่าวมาปลูกทดลองสายต้นในพื้นที่ต่าง ๆ เพื่อศึกษาลักษณะการเติบโต รูปทรงของลำต้น และการตอบสนองต่อพื้นที่ต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการปลูกเป็นสวนป่าไม้เศรษฐกิจต่อไป (วิฑูรย์ และคณะ, 2538)

การเติบโตและผลผลิตของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสม

วิฑูรย์ และวิลเลียม (2533) ได้รายงานผลการทดลองปลูกชนิดพันธุ์ไม้โตเร็วจากออสเตรเลียในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทย ได้แก่ สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ราชบุรี จังหวัดราชบุรี สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ทรายทอง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ โครงการฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา สวนผลิตเมล็ดพรรณไม้ป่าเขาสอยดาว จังหวัดจันทบุรี และสถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า เมื่อต้นไม้มีอายุ 3 ปี ในระยะปลูก 5x5 เมตร ต้นที่มีการเติบโตดีในทุกพื้นที่ ได้แก่ *Eucalyptus camaldulensis*, *Acacia auriculiformis* และ *A. crassicarpa* ซึ่ง *A. auriculiformis* มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 5.6-12.4 เมตร และความโตเฉลี่ย (DBH) เท่ากับ 5.4-12.0 เซนติเมตร โดยเติบโตดีที่สุดในพื้นที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ทรายทอง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ นอกจากนี้ วิฑูรย์ (2553) ได้รายงานไว้ในรายงานประจำปีของสถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา เกี่ยวกับการเติบโตของไม้โตเร็วที่ทดลองปลูกและปรับปรุงพันธุ์ โดยเลือกชนิดไม้ที่เหมาะสมที่จะพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์เพื่อการปลูกสร้างสวนป่า

เชิงเศรษฐกิจ คือ *E. urophylla*, *A. aulacocarpa*, *A. auriculiformis*, *A. mangium* และ *A. crassicarpa* ซึ่งจากข้อมูลพบว่า ชนิดไม้ดังกล่าวมีอัตราการเติบโตดีที่อายุ 3 ป ในระยะปลูก 3x3 เมตร มีความสูงเฉลี่ยสูงกว่า 8.2 เมตร และความโต (DBH) เฉลี่ยมากกว่า 7.0 เซนติเมตร

มะลิวัลย และคณะ (2553) รายงานผลการดำเนินงานวิจัยประจำป 2553 ของโครงการวิจัยและพัฒนาการปลูกไม้เร็วเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟา ในสวนของการเติบโตของไม้โตเร็ว 4 ชนิด ได้แก กระถินยักษ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินณรงค ที่ปลูกใน ระยะปลูก 1x1 เมตร ในพื้นที่แปลงทดลอง อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแกว และอำเภอกบินทรบุรี จังหวัดปราจีนบุรี พบวาในแปลงคลองหาด กระถินเทพณรงค โตดีที่สุด รองลงมาได้แก กระถินเทพา และกระถินยักษ โดยมีความสูงและความโต (DBH) เรียงตามลำดับ ดังนี้ ความสูง เทากับ 12.9, 11.9, 9.6 เมตร DBH เทากับ 7.4, 7.4 และ 5.8 เซนติเมตร ตามลำดับ สวนแปลงกบินทรบุรี พบวา ยูคาลิปตัสมีความสูงสูงที่สุด รองลงมา ได้แก กระถินเทพณรงค กระถินเทพา และกระถินยักษ เทากับ 9.3, 9.0, 8.5 และ 7.0 เมตร ตามลำดับ สำหรับขนาด DBH นั้น กระถินเทพา มีขนาดใหญ่ที่สุด รองลงมา ได้แก กระถินเทพณรงค ยูคาลิปตัส และกระถินยักษ เทากับ 5.9, 5.5, 5.0 และ 3.7 เซนติเมตร ตามลำดับ

ผลเบื้องต้นของการทดสอบสายพันธุ์ไม้กระถินณรงค์ อายุ 3 ปี จากแหล่งของประเทศไทย ออสเตรเลีย และปาปัวนิวกินี ทดลองปลูกใน 3 พื้นที่ ได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (ทรายทอง) นครราชสีมา (สะแกราช) และกาญจนบุรี (ลำเภา-ลำทราย) พบว่า กระถินณรงค์จากปาปัวนิกินี มีค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) เฉลี่ยจาก 3 พื้นที่ สูงสุด คือ 7.46 เซนติเมตร (2.49 เซนติเมตรต่อปี) และกระถินณรงค์ที่มาจากรัฐควีนส์แลนด์ให้ค่าความสูงเฉลี่ยจาก 3 พื้นที่ สูงที่สุด คือ 7.05 เมตร (2.35 เมตรต่อปี) ทั้งนี้สายพันธุ์ที่มาจากต่างประเทศจะมีค่าการเติบโตที่ดีกว่าสายพันธุ์ที่มาจากในประเทศไทย (วิฑูรย์ และคณะ, 2538) เช่นเดียวกับกับการศึกษาลักษณะสายพันธุ์รุ่นที่สองของการปรับปรุงพันธุ์ไม้กระถินณรงค์ ที่นำมาทดลองปลูกที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เมื่ออายุ 24 เดือนหลังการปลูก พบว่ากระถินณรงค์ที่มาจากแม่ไม้ที่คัดเลือกภายในประเทศไทยรุ่นที่ 1 มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยของความสูง DBH ปริมาตรต่อต้น เท่ากับ 6.5 เมตร 5.2 เซนติเมตร และ 0.0051 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ในขณะที่ กระถินณรงค์ที่มาจากแม่ไม้รุ่นที่ 1 ที่มาจากควีนส์แลนด์มีค่าสูงที่สุด คือมีค่าเฉลี่ยของความสูง DBH และปริมาตรต่อต้น เท่ากับ 7.4 เมตร 6.9 เซนติเมตร และ 0.01 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ในการปลูกทดสอบได้นำเมล็ดไม้กระถินณรงค์ที่เก็บโดยทั่วไปในท้องที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ หรือไม่ได้ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ มาปลูกเปรียบเทียบด้วยมีค่าเฉลี่ยของความสูง DBH และปริมาตรต่อต้น เท่ากับ 5.3 เมตร 3.9 เซนติเมตร และ 0.0021 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ กล่าวโดยสรุปได้ว่า สายพันธุ์ที่มีแหล่งภูมิภาคเดิมในประเทศไทยมีการเติบโตต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับกระถินณรงค์ที่มาจากแหล่งภูมิภาคเดิมในปาปัวนิวกินี นอร์เทอร์นเทอร์ริทอรี และควีนส์แลนด์ และ

กระถินณรงค์จากควีนส์แลนด์มีการเติบโตและรูปทรงลำต้น และกิ่งก้านดีที่สุดในสายพันธุ์ทั้งหมด รวมทั้งกระถินณรงค์จากสายพันธุ์รุ่นที่ 2 มีการเติบโตดีกว่ากระถินณรงค์ที่ไม่ได้ผ่านการปรับปรุงพันธุ์เลย (วิฑูรย์ และคณะ, 2542) ส่วนการศึกษาการเติบโตและผลผลิตของกระถินณรงค์และกระถินยักษ์ในจังหวัดเชียงใหม่โดยใช้กระถินณรงค์สองพันธุ์ คือ Wenlock, QLD (ACACAU QLD) และ Bensbach, PNG (ACACAU PNG) พบว่าเมื่ออายุ 3 ปี ACACAU QLD มีความสูง และ DBH เท่ากับ 9.29 เมตร 7.51 เซนติเมตร ตามลำดับ และ ACACAU PNG มีความสูง และ DBH เท่ากับ 8.41 เมตร และ 8.33 เซนติเมตร ตามลำดับ (จรูญ และคณะ, 2537)

จากการศึกษาการแปรผันระหว่างสายต้นของการเติบโตและลักษณะเชิงหน้าที่บางประการของใบกระถินลูกผสม ณ อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งใช้กระถินลูกผสม 10 สายต้น โดย 8 สายต้นเป็นลูกผสมข้ามชนิดระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์ *(A. mangium* x *A. auriculiformis*) ซึ่งสายต้น A1-A7 เป็นสายต้นจากประเทศเวียดนาม ส่วนสายต้น A8 เป็นสายต้นจากประเทศไทย อีก 2 สายต้น (A9 และ A10) เป็นลูกผสมภายในชนิดเดียวกันของกระถินณรงค์ที่เกิดจากการผสมเกสรแบบควบคุม พบว่ากลุ่มสายต้นกระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์มีการเติบโตดีกว่ากลุ่มสายต้นลูกผสมกระถินณรงค์ เช่นเดียวกับการศึกษา ที่พบว่ากระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์มีการเติบดีกว่ากระถินณรงค์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สาพิศ, 2545; จิรนิติ และคณะ, 2559; Kha, 1995) จากการศึกษาพบว่าสายต้น A8 ซึ่งเป็นกระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์มีการเติบโตค่อนข้างต่ำและแตกต่างจากสายต้นกระถินณรงค์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างกันระหว่างสายต้นกระถินณรงค์ลูกผสมระหว่างกระถินทเทพาและลูกผสมกระถินณรงค์ (Royampaeng, 2001) ซึ่ง A8 เป็นสายต้นกระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์ที่พัฒนาในประเทศไทย แต่สายต้น A1-A7 เป็นสายต้นที่พัฒนาในประเทศเวียดนาม (ธนาภา และคณะ, 2561) จากข้อมูลการเติบโตของกระถินลูกผสมจากสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ 30 สายต้น และจากกรมป่าไม้ 10 สายต้น ที่ทดลองปลูกที่สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา เมื่ออายุ 3 ปี พบว่าสายต้นที่มาจากกรมป่าไม้มีค่าเฉลี่ยของ DBH และ H เท่ากับ 10.71 เซนติเมตร และ 14.37 เมตร ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าสายต้นที่มาจากองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ที่มีค่าเฉลี่ยของ DBH และ H เท่ากับ 10.06 เซนติเมตร และ 13.23 เมตร ตามลำดับ (องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้, 2565)

กระถินลูกผสม (Acacia hybrid: *A. mangium* x *A. auriculiformis*) จะสืบทอดลักษณะลำต้นที่ตรงจากต้นแม่ (*A. mangium*) และมีการลิดกิ่งตามธรรมชาติและมีลำต้นกลมจากต้นพ่อ (*A. auriculiformis*) ซึ่งรายงานส่วนใหญ่พบว่ามีการเติบโตที่ดีกว่ากระถินณรงค์หรือกระถินเทพา จากการศึกษากระถินลูกผสม อายุ 6 ปี ที่ปลูกเพื่อเป็นพลังงานชีวมวลที่ประเทศอินโดนีเซียพบว่ามี

ค่าเฉลี่ยของความสูง และ DBH เท่ากับ 13.9 เมตร และ 16.5 เซนติเมตร ส่วนค่าเฉลี่ยของปริมาตรของหมู่ไม้ (Stand volume) เท่ากับ 131.7 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ กระถินลูกผสมที่ทดลองปลูกที่ Sabal Forest Reserve ประเทศมาเลเซีย พบว่ามีผลผลิตเฉลี่ยจากปริมาตรส่วนที่เป็นสินค้าได้ (รวมเปลือก) เท่ากับ 87.2 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ โดยที่เมื่ออายุ 5.6 ปี มีค่าเฉลี่ยปริมาตรส่วนที่เป็นสินค้าได้รวมเปลือกและไม่รวมเปลือกเท่ากับ 14.7 และ 13.6 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ต่อปีตามลำดับ (Ambrose, 2017)

มวลชีวภาพและสมการประมาณมวลชีวภาพของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสม

มวลชีวภาพ (biomass) หมายถึงมวลของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในระบบนิเวศต่อหนวยพื้นที่ มวลชีวภาพดังกล่าวประกอบไปด้วยมวลของพืชสีเขียวที่สร้างขึ้นจากกระบวนการสังเคราะหแสงรวมกับมวลของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศนั้น ในรูปของน้ำหนัก น้ำหนักแห้ง น้ำหนักขี้เถา ซึ่งอาจมีหน่วยเป็นกรัมต่อตารางเมตร กิโลกรมต่อเฮกตารหรือในรูปของพลังงาน (energy flow) มีหนวยเปนแคลอรี โดยทั่วไปนิยมที่จะหาออกมาในรูปของน้ำหนักแห่ง มีหน่วยเป็นตันตอเฮกตาร (พงษศักดิ์, 2521)

การศึกษาเกี่ยวกับการประมาณมวลชีวภาพของป่าไม้ สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. Harvest method คือการวัดผลผลิตทางชีวภาพของป่า โดยวิธีการตัดฟันต้นไม้เพื่อชั่งน้ำหนักหาผลผลิตทางชีวภาพของส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ออกมาเป็นน้ำหนักแห้ง โดยการนำต้นไม้หรือส่วนของต้นไม้ที่ตัดฟันไปทำการอบแห้งให้ได้น้ำหนักแห้งคงที่ แล้วคำนวณเป็นน้ำหนักแห้งของต้นไม้ต้อหน่วยพื้นที่ต่อหน่วยเวลา โดยแยกเป็นน้ำหนักของส่วนลำต้น กิ่ง และใบ นอกจากนี้เพื่อประโยชน์ในการศึกษาปริมาณการกระจายของมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ ตามระดับความสูงของต้นไม้ จึงใช้วิธีการตัดทอนและชั่งน้ำหนักของต้นไม้เพื่อศึกษามวลชีวภาพตามแบบ stratified clip technique ซึ่งเป็นเทคนิคอย่างง่ายในการตัดฟันส่วนของต้นไม้ตัวอย่างออกเป็นชั้น ๆ ในแนวราบ โดยใช้ช่วงของชั้นเท่า ๆ กัน ทำให้ทราบถึงคุณสมบัติทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาของใบไม้และเนื้อไม้ที่แตกต่างกันไปตามตำแหน่งที่อยู่ภายในที่ว่างของป่า หรือตามปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ในบริเวณที่พรรณไม้ขึ้นอยู่ แต่การใช้เทคนิคนี้กับสังคมพืชพรรณไม้ป่าต้องใช้แรงงานมาก

2. Allometric method คือ การชั่งน้ำหนักบางส่วนของพืช นำมาหาความสัมพันธ์ทางมิติ (dimension) กับส่วนต่าง ๆ ของพืช โดยสมการแอลโลเมตรี (allometric equation) โดยสมการแอลโลเมตรีได้ถูกนำมาใช้ในการศึกษานิเวศวิทยาของป่าไม้เป็นครั้งแรกโดย Kittredge (1944) cited by Parde and Hitchcock (1980) ในรูปสมการ

$$\log WI = b \log D - a$$

โดยที่ WI = มวลชีวภาพของใบต่อต้น (กิโลกรัม)

D = ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

a, b = ค่าคงที่

ต่อมา Satoo and Senda (1958) อ้างใน ฤกษ์พงษ์ (2559) ได้พัฒนาสมการแอลโลเมตรี เพื่อใช้หาปริมาณมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และราก ของต้นไม้ โดยมีรูปสมการ

$$Y = A X^{b}$$

โดยที่ Y = มวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และราก (กิโลกรัม)

X = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

A, h = ค่าคงที่

ต่อมา Kira and Shidel (1967) พบว่าการนำความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (H) มาเป็นตัวแปรอิสระร่วมกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสอง (DBH^2) ในรูปของ parabolic volume คือ $DBH^2.H$ สามารถใช้ในการประมาณปริมาตรของลำต้น และมวลชีวภาพส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และราก ได้ถูกต้องมากขึ้น และนิยมใช้จนถึงปัจจุบัน โดยมีรูปสมการเช่นเดียวกันกับสมการของ Satoo and Senda (1958) อ้างใน ฤกษ์พงษ์ (2559) แต่ตัวแปรอิสระเป็น parabolic volume

$$Y = a X^{b}$$

โดยที่ Y = มวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และราก (กิโลกรัม)
หรือ ปริมาตรของลำต้น (ลูกบาศก์เมตร)

X = ตัวแปรอิสระ ($DBH^2.H$)

a, b = ค่าคงที่

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

H = ความสูง (เมตร)

เนื่องจากไม้สกุลอะเคเซียมีศักยภาพด้านเป็นพลังงานชีวมวล ดังนั้นการศึกษาส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นไปที่มวลชีวภาพ การศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของกระถินณรงค์ อายุ 1 ปี ที่ปลูกร่วมกับมันสำปะหลัง ข้าวโพด และถั่วลิสง ในระบบวนเกษตร ที่สาธารณรัฐประชาธิปไตยคองโก

(Ndimubenchi *et.al.*, 2023) พบว่าสมการที่เหมาะสมในการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (AGB) มากที่สุด ดังนี้

1) กรณีที่ ใช้ D (หรือ DBH) เพียงปัจจัยเดียวเป็นตัวแปร คือ

$$\ln(AGB) = -2.406+2.225\ln(D)$$

2) กรณีที่ใช้ D (หรือ DBH) และความสูง เป็นตัวแปร คือ

$$\ln(AGB) = -2.614+2.062\ln(D) +0.345\ln(H)$$

และ $\ln(AGB) = -2.929+0.896\ln(D^2H)$

โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามวลชีวภาพเหนือดินของกระถินณรงค์แตกต่างกันระหว่าง 0.49 ถึง 10.54 ตันต่อเฮกตาร์ (0.25 ถึง 5.27 ตันต่อเฮกตาร์ของคาร์บอน) ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นการปลูกต้นไม้และพืชอาหาร

ในประเทศเวียดนาม ทางตอนเหนือของประเทศศึกษาเพื่อหาสมการที่เหมาะสมสำหรับการประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (AGB) ของกระถินเทพาและกระถินณรงค์โดยเชื่อมโยงกับค่าความหลากหลายทางชีวภาพของต้นไม้ โดยพบว่ามีสมการที่เหมาะสม 10 สมการ (Doan *et.al.*, 2025) และสมการที่ดีที่สุด คือ

กระถินเทพา

$$\mathrm{AGB} = \mathrm{e}^{6.0575+0.0010\mathrm{xG}^2-0.1115\mathrm{xSh}^2-1.5179\mathrm{xTH}^2}$$

กระถินณรงค์

$$\mathrm{AGB} = \mathrm{e}^{6.7478-4.2598\mathrm{xTH}^2-0.12839\mathrm{xSh}^2}$$

โดย AGB = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)

G = พื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตรต่อเฮกตาร์)

TH = ค่าดัชนีความแตกต่างของความสูง (height differentiation index)

Sh = ค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon-Wiener index)

ในส่วนของกระถินลูกผสม (Acacia hybrid = A. *auriculiformia* * A. *mangium*) ในมีการพัฒนาโมเดลสำหรับประมาณค่าตัวแปร Biomass Expansion Factor (BEF) ของกระถินลูกผสม ที่ปลูกในภาคใต้ของเวียดนาม พบว่าสมการที่ดีที่สุด 2 แบบคือสมการเชิงเส้น (linear) และสมการลอการิทึม (logarithm) ที่ใช้ประมาณค่า BEF ได้แม่นยำ (Ngoan *et.al.,* 2023) ได้แก่

$$BEF=1.99865-0.15400\times DBH-0.02123\times H+0.18210\times A$$

$$BEF=3.01307-2.44459\times\ln(DBH)-0.10171\times DBH-2.06212\times\ln(H)+1.54556\times\ln(DBH\times H\times A)$$

โดย DBH = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

H = ความสูง (เมตร)

A = อายุ (ปี)

ในขณะที่การศึกษากระถินลูกผสม อายุ 6 ปี ที่ปลูกเพื่อเป็นพลังงานชีวมวลที่ประเทศอินโดนีเซียพบว่ามวลชีวภาพหมู่ไม้ เท่ากับ 37.85 ตันต่อเฮกตาร์ โดยที่มีศักยภาพด้านพลังงานเท่ากับ 14.50 – 21.99 ตันน้ำมันดิบต่อเฮกตาร์ ซึ่งมีศักยภาพสำหรับเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล (Sunarti *et.al.,* 2022) การทดลองปลูกกระถินลูกผสม (A. *auriculiformia* * A. *mangium*) ที่ La Nga Forestry Company Limited in Dong Nai ประเทศเวียดนาม พบว่ามวลชีวภาพทั้งส่วนเหนือพื้นดินและส่วนใต้ดินรายต้นแตกต่างกันในแต่ละขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งเหนือพื้นดินมีสัดส่วนอยู่ที่ร้อยละ 82 และส่วนใต้ดินอยู่ที่ร้อยละ 18 โดยมวลชีวภาพส่วนใหญ่อยู่ที่ส่วนลำต้น (ร้อยละ 69) ตามด้วยราก (ร้อยละ 18) กิ่ง (ร้อยละ 10) และใบ (ร้อยละ 3) ตามลำดับ น้ำหนักแห้งอยู่ที่ 6.7-484 กิโลกรัมตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4-24 เซนติเมตร น้ำหนักแห้งของต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 เซนติเมตร ความสูง 16.9 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 141.7 กิโลกรัมต่อต้น โดยส่วนเหนือพื้นดินและส่วนใต้ดินมีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 118.0 กิโลกรัมต่อต้น และ 23.7 กิโลกรัมต่อต้น ตามลำดับ (Ha *et.al.*, 2021)

ในประเทศไทย การศึกษามวลชีวภาพเหนือดินอะเคเซียลูกผสมสายต้นต่าง ๆ ที่ปลูกในดินเสื่อมโทรม จังหวัดกาญจนบุรี โดยใช้ 6 สายต้น ได้แก่ สายต้น 1, 3, 5, 14, 18 และ 19 โดยอะเคเซียลูกผสมแต่ละสายต้นที่ทำการศึกษาเป็นไม้อะเคเซียลูกผสมระหว่างกระถินณรงค์และกระถินณรงค์ยกเว้นสายต้น 3 ที่เป็นไม้อะเคเซียลูกผสมระหว่างกระถินณรงค์และกระถินเทพา สมการที่ได้จากการศึกษา แยกเป็นแต่ละสายต้น (ฤกษ์พงษ์ และคณะ, 2559) ดังตารางที่ 1 ส่วน ทำการศึกษามวลชีวภาพของสายต้นอะเคเซียลูกผสมอายุ 4 ปี จำนวน 6 สายต้น ได้แก่ สายต้น 1, 3, 5, 14, 18 และ 19 ในจังหวัดสระแก้ว สมการที่ได้จากการศึกษา แยกเป็นแต่ละสายต้น (จิรนิติ และคณะ, 2558) ตารางที่ 2

ผลการศึกษา พบว่าปริมาณมวลชีวภาพของกระถินลูกผสมอายุ 4 ปี ของสายต้น 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 และพบว่ามวลชีวภาพเหนือดินระหว่างสายต้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ฤกษ์พงษ์ และคณะ,

2559) ในขณะที่มีการศึกษาที่พบว่ามวลชีวภาพเหนือดินของไม้อะเคเซียลูกผสม 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 ซึ่งพบว่าในพื้นที่จังหวัดสระแก้วที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงกว่าในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีทำให้มวลชีวภาพมีค่าสูงกว่า (จิรนิติ และคณะ, 2558)

ตารางที่ 1 สมการแอลโลเมตริกในการประมาณมวลชีวภาพของกระถินลูกผสม 6 สายต้น ปลูกในดินเสื่อมโทรม จังหวัดกาญจนบุรี

สายต้น	สมการ	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

ที่มา: ปรับปรุงจาก ฤกษ์พงษ์ และคณะ (2559)

ตารางที่ 2 สมการแอลโลเมตริกในการประมาณมวลชีวภาพของกระถินลูกผสม 6 สายต้น ในจังหวัดสระแก้ว

สายต้น	สมการ	R^2
1	$Ws = 0.0685(DBH^2H)^{0.8197}$	0.9299
	$Wb = 0.0006(D_0^2H)^{1.3621}$	0.8181
	$Wl = 0.0007(DBH^2H)^{1.2106}$	0.8499
3	$Ws = 0.2317(DBH^2H)^{0.6669}$	0.9397
	$Wb = 0.0078(DBH^2H)^{1.0203}$	0.7039
	$Wl = 0.0039(D_0^2H)^{0.9487}$	0.7600
5	$Ws = 0.0022(DBH^2H)^{1.3129}$	0.9292
	$Wb = 0.0032(DBH^2H)^{1.1259}$	0.9084
	$Wl = 0.0239(DBH^2H)^{0.6899}$	0.9824
14	$Ws = 0.0031(DBH^2H)^{1.2544}$	0.9425
	$Wb = 0.0004(DBH^2H)^{1.4003}$	0.7747
	$Wl = 0.0001(DBH^2H)^{1.3833}$	0.7731
18	$Ws = 0.0218(DBH^2H)^{1.0008}$	0.9951
	$Wb = 0.0002(DBH^2H)^{1.4792}$	0.9413
	$Wl = 0.0061(DBH^2H)^{0.8696}$	0.8329
19	$Ws = 1.1664(DBH^2H)^{0.4016}$	0.8480
	$Wb = 0.0030(DBH^2H)^{1.1861}$	0.8296
	$Wl = 0.0195(DBH^2H)^{0.7304}$	0.7501

ที่มา: ปรับปรุงจาก จิรนิติ และคณะ (2558)

ในส่วนของกระถินเทพา มีการศึกษาเรื่องการเติบโตและผลผลิตเช่นเดียวกัน เช่น ใน Côte d'Ivoire ทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงสมการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของกระถินเทพา พบว่าเส้นรอบวงเพียงอก (C) เมื่ออายุ 3, 7 และ 11 ปี มีค่าเฉลี่ย 39.4 เซนติเมตร 73.5 เซนติเมตร และ 91.4 เซนติเมตร ตามลำดับ สมการอัลโลเมตริกสำหรับการประมาณมวลชีวภาพ ได้สมการดังนี้

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวม $= \exp(-3.455 + 2.081 \times \ln(C))$

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินส่วนลำต้น = exp (−5.153 + 1.681 × ln(C) + 1.056 × ln(H))

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินส่วนกิ่งก้าน = exp(−2.005 + 0.498 × ln(C^2 ×H))

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินส่วนใบ = exp(−2.415 + 1.339 × ln(C))

ทั้งนี้ ความสูงรวมไม่มีผลต่อมวลชีวภาพรวมและมวลชีวภาพของใบ แต่ช่วยเพิ่มความแม่นยำของมวลชีวภาพของลำต้นและกิ่งก้าน (Traoré *et.al.*, 2018)

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ต้นไม้สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงของใบ เพื่อสร้างอินทรียสารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ นำมากักเก็บไว้ในส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ หรือที่เรียกว่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ (carbon storage in biomass) ทั้งในส่วนที่อยู่เหนือดิน (above-ground biomass) ได้แก่ ลำต้น กิ่ง และใบ และส่วนที่อยู่ใต้ดิน (below-ground biomass) คือ ราก ดังนั้นคาร์บอนจึงสามารถสะสมอยู่ในเนื้อไม้ได้อย่างเสถียรและมีระยะเวลาที่ค่อนข้างยาวนาน ศักยภาพในการสะสมคาร์บอนขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัว เช่น ชนิดของต้นไม้ อัตราการเติบโต ความยาวนานของอายุต้นไม้ พื้นที่และตำแหน่งที่ตั้ง ปริมาณน้ำฝน รอบเวลาตัดฟัน อย่างไรก็ตามต้นไม้ไม่ได้มีการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว แต่มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการหายใน การตาย และการย่อยสลายของเศษซากพืช (litter decomposition) ซึ่งเศษซากพืชที่ย่อยสลายแล้วจะกลับเข้าสู่วัฏจักรคาร์บอนในรูปของสารอินทรีย์ที่อยู่ในดิน นอกจากนี้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดินจะถูกปลดปล่อยกลับคืนสู่บรรยากาศโดยปฏิกิริยาจากกิจกรรมต่าง ๆ ของดิน

โดยทั่วไปแล้วในระบบนิเวศที่มีการปลดปล่อยคาร์บอนมากกว่าการกักเก็บคาร์บอนจัดเป็นแหล่งปลดปล่อย (carbon source) และในตรงกันทางระบบนิเวศที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากกว่าการปลดปล่อยจัดเป็นแหล่งกักเก็บ (carbon sink) ดังนั้นพื้นที่ป่าไม้นับเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศทั้งในด้านการปลดปล่อยและการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ การปลูกสร้างสวนปามีบทบาทสำคัญในการกักเก็บคารบอน โดยการกักเก็บคารบอนในสวนปาขึ้นอยูกับผลผลิตหรือน้ำหนักแห้งของสวนปาเปนสำคัญ เนื่องจากปริมาณคารบอนที่อยูในเนื้อไมชนิดตาง ๆ มีความแตกตางกันนอย ดังนั้นจึงควรเพิ่มความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้หรือป่าไม้ด้วยการเพิ่มพื้นที่การปลูกต้นไม้ รวมทั้งการเพิ่มอัตราการเติบโตของต้นไม้และป่าไม้ให้รวดเร็วขึ้น และเมื่อการเติบโตของต้นไม้ถึงจุดสูงสุด การตาย (mortality) และการหายใจ (respiration) ของต้นไม้อาจทำให้ศักยภาพในการดูดซับคาร์บอนของต้นไม้หรือป่าไม้ลดลงได้

การเพิ่มศักยภาพของแหล่งกักเก็บคาร์บอนสามารถทำได้ด้วยการใช้ประโยชน์และการจัดการพื้นที่ป่าไม้อย่างเหมาะสม ซึ่งการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนสามารถทำได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม (Samporn, 1992) cited by Samporn (2001) ดังนี้

1. การลดหรือการหยุดการทำลายป่าไม้ธรรมชาติ เพื่อช่วยกักเก็บคาร์บอนที่เก็บอยู่ในป่าไม้ไม่ให้ปลดปล่อยสู่บรรยากาศ

2. การตัดฟันไม้ที่ปลูกและนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบที่ช่วยให้เกิดการตรึงคาร์บอนไว้ไม่ให้ถูกปลดปล่อยออกมาสู่บรรยากาศ เช่น การนำเนื้อไม้ไปทำเฟอร์นิเจอร์ กระดาษ หรือผลิตภัณฑ์อื่น ๆ การใช้ไม้เพื่อทดแทนคอนกรีตหรือเหล็กยังจะช่วยให้ลดการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตคอนกรีตและเหล็กอีกด้วย

3. การนำมวลชีวภาพจากต้นไม้ไปใช้เป็นพลังงานที่ทดแทน ซึ่งทำให้มีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลน้อยลงจัดเป็นการใช้พลังงานที่ยั่งยืน

4. การเลือกพื้นที่และการจัดการที่เหมาะสมในการปลูกต้นไม้และป่าไม้ ช่วยทำให้ลดปริมาณของคาร์บอนไม่ให้ถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การปลูกต้นไม้เพื่อบังแสงแดดช่วยลดอุณหภูมิให้กับอาคาร การปลูกต้นไม้เพื่อลดการชะล้างพังทลายของหน้าดินในพื้นที่ภูเขา การปลูกป่าเพื่อกักเก็บคาร์บอนและการใช้ประโยชน์ในรูปของเนื้อไม้และเชื้อเพลิง เป็นต้น

การศึกษาหรือข้อมูลเรื่องความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นเรื่องต่อเนื่องจากการศึกษามวลชีวภาพในไม้สกุลอะเคเซีย เช่น ใน Côte d'Ivoire ทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงสมการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของกระถินเทพา นอกจากจะได้สมการสำหรับประมาณมวลชีวภาพแล้วยังสามารถได้ข้อมูลว่าความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนของชีวมวลเหนือพื้นดินมีค่าสูงสุดในแปลง *Acacia mangium* อายุ 7 ปี โดยมีค่า 45.14 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกตาร์ต่อปี และมีค่าต่ำสุดในรอบ 3 ปี โดยมีค่า ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกตาร์ต่อปี (Traoré *et.al*., 2018)

วิธีการ

สถานที่ศึกษา

แปลงปลูกกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้ อยู่ที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย อำเภอพานเป็นอำเภอที่อยู่ทางทิศใต้สุด ห่างจากจังหวัดเชียงรายประมาณ 45 กิโลเมตร มีพื้นที่ประมาณ 1,023 ตารางกิโลเมตร (ประมาณ 639,375 ไร่) คิดเป็นร้อยละ 8.76 ของจังหวัดเชียงราย มีอาณาเขตทางทิศเหนือติดกับอำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย และอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ด้านทิศตะวันออก ติดกับอำเภอป่าแดด จังหวัดเชียงราย ทิศใต้ ติดกับ อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา และอำเภอวังเหนือ จังหวัดลำปาง ส่วนทิศตะวันตก ติดกับ อำเภอแม่สรวย และอำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย

อำเภอพาน อยู่แอ่งเชียงรายทางตอนกลาง เนื่องจากว่าเป็นรอยต่อระหว่างเขตจังหวัดพะเยาและเชียงราย ภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่ม มีลักษณะเป็นแอ่งกระทะ ปฐพีสัณฐานเป็นสภาพพื้นที่ราบเรียบหรือเกือบราบเรียบ เนื่องจากการสะสมตัวของตะกอนลำน้ำ ที่พัดพามาทั้งระยะใกล้และระยะไกลจึงมีเนื้อดินแตกต่างกันมาทั้งดินทรายและดินเหนียวสลับกัน ส่วนใหญ่เป็นดินลึกมีความอุดมสมบูรณ์เหมาะสมกับการเพาะปลูก มีเทือกเขาผีปันน้ำตะวันตกอยู่ทางด้านทิตตะวันตก ภูเขาที่สูงที่สุดคือ ภูเขาดอยหมอก เป็นภูเขากั้นเขตอำเภอพาน กับอำเภอเวียงป่าเป้า และแนวเขาด้านตะวันตกของเมืองพาน อันเป็นแหล่งกำเนิดแม่น้ำหลายสาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งลำน้ำแม่ส้านไหลผ่านเข้ามาในเขตเทศบาล ในอดีตเป็นพื้นที่การเกษตร ปลูกข้าวและพืชผักผลไม้ แต่ปัจจุบันพื้นที่การเกษตรได้ลดจำนวนลงเนื่องจากมีถนนพหลโยธินเป็นเส้นทางคมนาคมและขนส่งที่สะดวก ทำให้ประชาชนหันมาประกอบอาชีพค้าขายและรับจ้างมากขึ้น (ห้องสมุดประชาชนอำเภอพาน, 2568)

สภาพอากาศเป็นเขตร้อนชื้น อุณหภูมิทั่วไปเฉลี่ย 24-43 องศาเซลเซียส ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนตุลาคม จะมีฝนตกหนักมากประมาณเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนกันยายน ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนมกราคม หรือเดือนกุมภาพันธ์ อากาศค่อนข้างหนาว เนื่องจากได้รับลมจากทิศเหนือและลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพัดผ่านประเทศจีนนำเอาความแห้งแล้งและความหนาวเย็นเข้ามา ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2566 (ปีที่ทำการศึกษา) จากกรมอุตุนิยมวิทยา (2566) พบว่าแสดงตามตารางที่ 3

แปลงปลูก

แปลงปลูกพิกัด 19°26'11.9"N, 99°44'24.3"E เป็นของนายอุทิศ นรรัตน์ ผู้ขอสนับสนุนกล้าไม้จากกรมป่าไม้ และเจ้าหน้าที่ของสถานีวนวัฒนวิจัยแม่กา จังหวัดพะเยาได้ร่วมกับเจ้าของพื้นที่จัดทำ

เป็นแปลงสาธิตการจัดการสวนป่าแบบยั่งยืน สภาพพื้นที่เป็นที่ราบ พื้นที่โดยรอบส่วนใหญ่ปลูกพืชเกษตร เช่น ข้าว ทำการทดลองปลูกกระถินณรงค์และกระถินลูกผสม จำนวน 8 พันธุ์ ปลูกเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน 2562 ด้วยระยะปลูก 2 เมตร x 4 เมตร ผังการปลูกแบบ Randomized Complete Block Design แบ่งเป็น 3 ซ้ำ (replications) (เดิมการทดลองปลูกได้ดำเนินการ 4 ซ้ำ แต่เนื่องจากเจ้าของแปลงต้องการขุดสระน้ำ จึงได้ตัดต้นไม้ในซ้ำที่ 1 ไปหลายแถว จึงไม่ได้นำมาวิเคราะห์ข้อมูลร่วมด้วย) แต่ละซ้ำประกอบด้วย 8 สายพันธุ์ ได้แก่ เมล็ดทั่วไป (control), กระถินณรงค์สายพันธุ์ ปม. 3-1, ปม. 3-2, ปม. 3-3, ปม. 3-4, ปม. 3-5, กระถินลูกผสมสายพันธุ์ CP และ SR ปลูกสายพันธุ์ละ 3 แถว แถวละ 13 ต้น (ภาพที่ 3) อายุเมื่อทำการศึกษาคือ 3 ปี

ตารางที่ 3 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝน ปี พ.ศ. 2566 ของจังหวัดเชียงราย

เดือน	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย (°C)	ปริมาณน้ำฝนรวม (ม.ม.)
มกราคม	28.4	14.0	0.0
กุมภาพันธ์	31.1	16.1	43.3
มีนาคม	32.9	19.0	10.5
เมษายน	37.1	21.9	40.6
พฤษภาคม	36.0	24.0	88.3
มิถุนายน	34.2	24.9	166.0
กรกฎาคม	33.3	24.8	214.0
สิงหาคม	31.3	24.2	218.5
กันยายน	31.9	24.2	292.7
ตุลาคม	31.4	23.4	208.0
พฤศจิกายน	30.7	19.8	0.8
ธันวาคม	29.7	18.4	6.3

ที่มา: ส่วนสารสนเทศอุตุนิยมวิทยา ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ กรมอุตุนิยมวิทยา (2568)

1	6	7	8	5	4	3	2	1	4	5	2	8	3	6	7	1	3	4	8	7	6	5	2
1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2
1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2
1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2
1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2
1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2
1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2
1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2
1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2
1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2
1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2
1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2
1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2	1	6	7	8	5	4	3	2
ซ้ำที่ 1								ซ้ำที่ 2								ซ้ำที่ 3							

2	2	2
2	2	2
2	2	2
2	2	2
2	2	2
2	2	2
2	2	2
2	2	2
2	2	2
2	2	2
2	2	2
2	2	2
2	2	2

หมายเหตุ ระยะปลูก 2 เมตร x 4 เมตร จำนวน 3 ซ้ำ ปลูก 8 สายพันธุ์ แต่ละสายพันธุ์ปลูก 3 แถว แถวละ 13 ต้น

1 = เมล็ดทั่วไป 2 = ปม. 3-1 3 = ปม. 3-2 4 = ปม. 3-3

5 = ปม. 3-4 6 = ปม. 3-5 7 = CP 8 = SR

ภาพที่ 3 ผังการปลูกกระถินณรงค์และกระถินลูกผสม 8 สายพันธุ์ อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

การเก็บข้อมูล

1. การคัดเลือกต้นตัวอย่าง จากค่าการเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงของกระถินทั้ง 8 สายพันธุ์ ทำการคัดเลือกต้นสำหรับการศึกษาน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และการกักเก็บคาร์บอน โดยการคัดเลือกต้นตัวอย่างจากการจัดอัตรภาคชั้นของค่า DBH จำนวนสายพันธุ์ละ 4 ต้น

2. ทำการตัดต้นไม้ตัวอย่างให้ชิดติดดินมากที่สุด แยกส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ออก เป็น ใบ กิ่ง ลำต้น ส่วนที่เป็นลำต้น นำส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ใบ กิ่ง ลำต้น มาชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนักสดทั้งหมด

3. ทำการเก็บตัวอย่างส่วนลำต้น ใบ และกิ่ง ประมาณ 500 กรัม นำมาชั่งหาน้ำหนักสดของตัวอย่าง และเก็บใส่ถุงกระดาษนำมาที่ห้องปฏิบัติการ นำตัวอย่างแต่ละส่วนของแต่ละต้นเข้าอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักของตัวอย่างจะคงที่ และทำการชั่งน้ำหนักแห้งของตัวอย่างเพื่อคำนวณหาค่าความชื้นของตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. คำนวณหาค่าความชื้นของตัวอย่างและการหาน้ำหนักแห้ง จากสมการ (เกียรติก้อง และคณะ, 2530)

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักสดตัวอย่าง} - \text{น้ำหนักแห้งตัวอย่าง}}{\text{น้ำหนักแห้งตัวอย่าง}} \times 100$$

$$\text{น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม)} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสดทั้งหมด}}{100 + \text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น}}$$

1. นำค่าความชื้นที่ได้มาคำนวณเพื่อหาน้ำหนักแห้งของส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้

2. สร้างสมการประมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง (มวลชีวภาพ) ในรูปแบบแอลโลเมตริก (allometric equation) ในรูปของสมการยกกำลัง (power equation) ของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของแต่ละส่วนกับขนาดของต้นไม้ (DBH และ H) จากสมการ (พงษ์ศักดิ์, 2552)

$$Y = aX^b$$

โดย Y = น้ำหนักแห้งของลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)

X = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร) และความสูง (เมตร)

a และ b เป็นค่าคงที่ของสมการ

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้กับขนาดของต้นไม้ (DBH และ H) ในรูปแบบแอลโลเมตริก (allometric equation) ในรูปของสมการยกกำลัง (power equation) ทางวิชาการป่าไม้ สมการแอลโลเมตริกแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกร่วมกับความสูง ($DBH^2 \times H$) และเพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการนำสมการไปใช้ของเกษตรกรหรือประชาชนทั่วไป การศึกษาครั้งนี้ได้สร้างสมการที่ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเพียงปัจจัยเดียวด้วย ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงเป็นที่ยอมรับได้ เนื่องจากสะดวกต่อการวัด สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือธรรมดา ไม่ต้องทำการวัดความสูง ซึ่งต้องใช้เครื่องมือเฉพาะ ไม่สะดวกและอาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการวัด

4. คำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากสมการที่ได้แล้วนำไปคำนวณค่าการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดย Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006) ได้กำหนดว่าประมาณร้อยละ 47 ของมวลชีวภาพของต้นไม้เป็นคาร์บอน และแปลงค่าการกักเก็บคาร์บอนเป็นการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการนำค่าสัดส่วนระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ (มวลโมเลกุลเท่ากับ 44) และคาร์บอน (มวลโมเลกุลเท่ากับ 12) คือ 44/12 หรือ 3.67 คูณกับคาร์บอน (Environmental Research and Training Center, 2018) จากสมการ

$$C = Y \times 0.47$$

$$CO_2 = C \times 3.67$$

โดย C = การกักเก็บคาร์บอน (กิโลกรัมคาร์บอน)

Y = มวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)

CO_2 = การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์)

0.47 คือ ค่าสัดส่วนของคาร์บอนในมวลชีวภาพ ตาม IPCC (2006)

3.67 คือ ค่าคงที่ที่คิดจากน้ำหนักโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

5. นำสมการประมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง มาสร้างเป็นตาราง โดยสร้างตารางสองรูปแบบคือ

1) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งตามขนาดของความโต (เส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน) และความสูง

2) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งตามขนาดของความโต (เส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน) (ใช้เพียงปัจจัยเดียว เพื่อให้เกิดความสะดวกในการวัดข้อมูล)

ผลการศึกษา

การรอดตาย

ผลการศึกษาพบว่ากระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป เมื่ออายุ 3 ปีมีการรอดตายสูงเกินกว่าร้อยละ 80 โดยกระถินณรงค์สายพันธุ์ ปม.3-2 และ ปม.3-3 มีการรอดตายร้อยละ 84.26 และร้อยละ 87.96 ซึ่งต่ำกว่าสายพันธุ์อื่น และกระถินลูกผสมสายพันธุ์ CP มีการรอดตายสูงที่สุด คือ ร้อยละ 99.07 เมื่อเปรียบเทียบค่าการรอดตายทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกระถินทุกสายพันธุ์ (ตารางที่ 5) แสดงว่ากระถินทุกสายพันธุ์สามารถปลูกในพื้นที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย หรือพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศและลักษณะอากาศใกล้เคียงกันได้

ผลการศึกษาแสดงเช่นเดียวกับการนำไม้อะเคเซีย 12 ชนิด จากควีนส์แลนด์และนอร์ทเทิร์นเทอริเทอรี่ ที่นำมาทดลองปลูกใน 6 พื้นที่ในประเทศไทย พบว่ากระถินณรงค์มีค่าการรอดตายสูงที่สุดในทุกพื้นที่ (Chittachumnonk and Sirilak, 1991) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Aini *et.al.* (1993) พบว่ากระถินณรงค์ที่มาจากควีนส์แลนด์ นอร์ทเทิร์นเทอริเทอรี่ และปาปัวนิวกินี มีการรอดตายเมื่ออายุ 3 ปี เฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 90 ร้อยละ 80 และ ร้อยละ 84 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่สูง

ในขณะที่การทดลองปลูกกระถินณรงค์ และกระถินลูกผสมในพื้นที่สวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ 3 แห่ง พบว่ากระถินณรงค์มีการรอดตายที่สูงในการทดลองปลูกทุกพื้นที่ โดยที่ปลูกในสวนป่าวังชิ้น จังหวัดแพร่ สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา และสวนป่ากาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 95.31 ร้อยละ 96.88 และร้อยละ 89.17 ตามลำดับ ในขณะที่กระถินลูกผสม 2 สายต้นที่ปลูกในสวนป่าลาดกระทิง และสวนป่ากาญจนดิษฐ์ มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย ร้อยละ 89.85 และร้อยละ 81.88 ตามลำดับ ซึ่งกล่าวได้ว่ากระถินณรงค์มีอัตราการรอดตายสูงในทุกพื้นที่ และสูงกว่ากระถินลูกผสม (องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้, 2562) จากการทดลองปลูกกระถินลูกผสมจากสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ 30 สายต้น และจากกรมป่าไม้ 10 สายต้น ที่สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่าอัตราการรอดตายเฉลี่ยของทั้ง 40 สายต้น เมื่ออายุ 3 ปี เท่ากับร้อยละ 86.25 และจากการศึกษาพบว่าสายต้นจากองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้มีอัตราการรอดตาย (ร้อยละ 87.19) ซึ่งสูงกว่าสายต้นที่มาจากกรมป่าไม้ (ร้อยละ 85.31) ในขณะที่องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (2565) ได้รายงานว่าการนำกระถินลูกผสม จำนวน 10 clone ซึ่งกรมป่าไม้คัดเลือกสายพันธุ์ไว้ทดลองปลูกในพื้นที่สวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ จำนวน 5 พื้นที่ ผลปรากฏว่าอัตราการรอดตายเฉลี่ยของ 10 clone เมื่ออายุ 3 ปี เท่ากับ ร้อยละ 82.93 โดย clone 6 มีอัตรารอดตายสูงที่สุด ร้อยละ 97.60 ในขณะที่ clone 4 มีอัตรารอดตายต่ำสุด คือ ร้อยละ 49.60

(องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้, 2565) อย่างไรก็ตามจะเห็นว่ากระถินลูกผสม (SR และ CP) จากการศึกษาครั้งนี้มีการรอดตายสูงเช่นเดียวกับกระถินณรงค์ ซึ่งต่างจากการศึกษาของฤกษ์พงษ์ และคณะ (2559) ที่ปลูกที่จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า สายต้น 3 ซึ่งเป็นไม้อะเคเซียลูกผสมระหว่างกระถินณรงค์และกระถินเทพามีอัตราการรอดตายเพียงร้อยละ 41.67 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสายต้น 3 เป็นลูกผสมที่มีลักษณะชอบความชื้น เมื่อทดลองปลูกที่จังหวัดกาญจนบุรีซึ่งค่อนข้างแล้งจึงมีการรอดตายต่ำกว่าลูกผสมสายต้นอื่น ๆ ในขณะที่การศึกษาในประเทศมาเลเซียในพื้นที่ดิน BRIS (coastal sand dunes soil) การรอดตายของกระถินลูกผสมอายุ 3 ปี ในพื้นที่ที่เหมาะสม (good site) และ พื้นที่ไม่เหมาะสม (poor site) เท่ากับ ร้อยละ 87 และ ร้อยละ 53 ตามลำดับ

การเติบโต

ผลการศึกษาพบว่า กระถินลูกผสมสายพันธุ์ SR มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) สูงที่สุด คือ 9.92$\pm$0.70 เซนติเมตร รองลงมาคือสายพันธุ์ CP, ปม. 3-1 และ ปม. 3-2 ตามลำดับ และต้นที่มาจากเมล็ดทั่วไป (Control) มี DBH ต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่า DBH มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ความสูง (H) พบว่ากระถินณรงค์สายพันธุ์ ปม. 3-1 มีค่าสูงที่สุด คือ 9.03$\pm$0.55 เมตร รองลงไปได้แก่ SR, CP และ ปม. 3-2 ตามลำดับ กระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไปมีค่าความสูงต่ำที่สุด ทั้งนี้กระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไปมีค่า DBH และความสูงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกระถินที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์แล้วทุกสายพันธุ์ ซึ่งกล่าวได้ว่าจากการปลูกทดสอบที่จังหวัดเชียงรายกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์มาแล้ว มีการเติบโตได้ดีเท่าเทียมกัน และมีการเติบโตสูงกว่ากระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป (ตารางที่ 4) การส่งเสริมการปลูกไม้โตเร็วของกรมป่าไม้ จึงควรส่งเสริมให้ปลูกกระถินลูกผสม หรือกระถินณรงค์ของกรมป่าไม้ เกษตรกรจะได้ต้นไม้ที่มีการเติบโตดีกว่าการปลูกกระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป และสำหรับกระถินณรงค์ของกรมป่าไม้ แม้ว่าทุกสายพันธุ์จะมีค่าการเติบโตต่างกันเล็กน้อย สามารถแจกจ่ายให้แก่เกษตรกรได้ทุกสายพันธุ์ แต่สายพันธุ์ 3-1 จะมีการเติบโตดีที่สุด

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าการเติบโตของกระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป กระถินณรงค์สายพันธุ์ของกรมป่าไม้ (ปม. 3-1 - ปม. 3-5) และกระถินลูกผสม (SR และ CP) พบว่ากระถินลูกผสม มีการเติบโตทาง DBH และ H เฉลี่ย 3.23 เซนติเมตรต่อปี และ 3.25 เมตรต่อปี และ DBH และ H สูงกว่ากระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป 1.35 และ 1.37 เท่า ตามลำดับ ในขณะที่กระถินณรงค์ (ปม. 3-1 - ปม. 3-5) มีอัตราการเติบโตทาง DBH และ H เฉลี่ย 2.85 เซนติเมตรต่อปี และ 3.21 เมตรต่อปี และมีค่า DBH และ H สูงกว่ากระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป 1.19 และ 1.35 เท่า ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการกระถินลูกผสม (SR และ CP) และกระถินณรงค์ (ปม. 3-1 และ ปม. 3-3) มีค่าการ

เติบโตทาง DBH สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป ในขณะที่ H ของกระถินที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์แล้ว ทั้งกระถินณรงค์สายพันธุ์ของกรมป่าไม้ (ปม. 3-1 - ปม. 3-5) และกระถินลูกผสม (SR และ CP) มีค่าสูงกว่ากระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความสูง และการรอดตาย ของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป

สายพันธุ์	DBH (ซม.)			ความสูง (เมตร)			การรอดตาย (%)		
	ค่าเฉลี่ย	s.d.		ค่าเฉลี่ย	s.d.		ค่าเฉลี่ย	s.d.	
เมล็ดทั่วไป	7.20	0.28	a	7.09	0.36	a	90.74	4.24	ns
ปม.3-1	9.03	0.55	bc	10.59	0.31	b	96.30	6.42	ns
ปม.3-2	8.82	0.83	bc	9.59	0.30	b	84.26	11.23	ns
ปม.3-3	8.39	0.45	ac	9.28	0.38	b	87.96	6.99	ns
ปม.3-4	8.48	0.41	ac	9.38	0.17	b	98.15	1.60	ns
ปม.3-5	8.00	0.18	ab	9.28	0.07	b	98.15	3.21	ns
CP	9.47	0.71	bc	9.72	0.28	b	99.07	1.60	ns
SR	9.92	0.70	c	9.78	1.23	b	93.52	5.78	ns
ค่าเฉลี่ย	8.66	0.51	**	9.34	1.00	**	93.52	5.42	ns
F-test	7.04			11.53			2.494		
p value	<0.01			<0.01			0.0617		

หมายเหตุ 1. ตัวอักษร a b c ที่แตกต่างกัน หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ** หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่ง (p<0.01)

3. ns หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความสูง และอัตราการเติบโตของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป

สายพันธุ์	DBH (ซนติเมตร)			ความสูง (เมตร)			อัตราการเติบโต	
	ค่าเฉลี่ย	s.d.		ค่าเฉลี่ย	s.d.		DBH (เซนติเมตรต่อปี)	ความสูง (เมตรต่อปี)
เมล็ดทั่วไป	7.20	0.28	a	7.09	0.36	a	2.40	2.36
กระถินณรงค์ของกรมป่าไม้	8.54	0.48	C	9.62	0.56	B	2.85	3.25
กระถินลูกผสม	9.69	0.70	b	9.75	0.80	b	3.23	3.21
F-test	19.01	**		23.13	**			
p value	<0.01			<0.01				

หมายเหตุ 1. ตัวอักษร a b c ที่แตกต่างกัน หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ** หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่ง (p<0.01)

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ผ่านมาจะพบว่า กระถินลูกผสมมีการเติบโตทั้งด้านความสูงและความโตมากกว่ากระถินณรงค์ ในการศึกษาของ Wichiennopparat *et.al.* (2008) ทำการศึกษาผลของการปรับปรุงดินกับการเติบโตของไม้อะเคเซียในสวนป่าในจังหวัดนครราชสีมา พบว่า กระถินลูกผสมมีความสูงเฉลี่ย 7.31 เมตร ซึ่งมากกว่ากระถินณรงค์ที่มีความสูงเฉลี่ย 6.45 เมตร ที่อายุ 2 ปี เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกับ DBH ของกระถินลูกผสมเท่ากับ 8.03 เซนติเมตร สูงกว่ากระถินณรงค์ ที่มีค่าเท่ากับ 6.11 เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งความเพิ่มพูนรายปีทางด้าน DBH ของกระถินลูกผสม (4.02 เซนติเมตรต่อปี) และกระถินณรงค์ (3.06 เซนติเมตรต่อปี) มีค่าสูงกว่าการศึกษาครั้งนี้ เช่นเดียวกับค่าความสูงของกระถินลูกผสมและกระถินณรงค์ (3.66 เมตรต่อปี และ 3.23 เมตรต่อปี) มีค่าสูงกว่าผลการศึกษาครั้งนี้

การศึกษาการเติบโตของไม้สกุลอะเคเซียในต่างประเทศ พบว่า จากการศึกษาของ Kumar *et. al.* (2011) ในกระถินณรงค์อายุ 3 ปี ในรัฐ Karnataka ประเทศอินเดีย พบว่า มีการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรเหนือดิน เท่ากับ 3.10 และการเติบโตทางความสูง เท่ากับ 4.90 เมตร ซึ่งเห็นได้ว่ามีค่าน้อยกว่าการศึกษาครั้งนี้ ในขณะที่การศึกษากระถินลูกผสม

อายุ 2-10 ปี ที่เกิดตามธรรมชาติในประเทศเวียดนามมีการเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 11.1±4.15 เซนติเมตร และ 13.75±4.85 เซนติเมตร

นอกจากนี้ยังพบว่ากระถินณรงค์และกระถินลูกผสม สามารถเติบโตได้ในหลายพื้นที่ที่มีลักษณะทั้งภูมิประเทศและภูมิอากาศที่แตกต่างกัน รวมถึงในพื้นที่ที่เสื่อมโทรม ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของ DBH ใกล้เคียงกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมสามารถเติบโตได้ในพื้นที่หลากหลาย แม้ว่าจะในพื้นที่ที่ค่อนข้างแห้งแล้งหรือเป็นพื้นที่ลาดชัน รวมทั้งพื้นที่เสื่อมโทรม ส่วนด้านความสูงพบว่าความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมจากการศึกษาครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาที่ผ่านมา (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมจากงานวิจัยที่ผ่านมา

กระถินณรงค์.		กระถินลูกผสม		สถานที่ปลูก	ที่มา
DBH (ซม/ปี)	H (ม/ปี)	DBH (ซม/ปี)	H (ม/ปี)		
2.54	3.52	2.98	3.95	สวนป่าห้วยแร้ง จังหวัดตราด	องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (2565)
3.17	3.74	3.25	3.94	สวนป่ากาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี	องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (2565)
2.93	4.03	3.08	4.13	สวนป่าพระแสง จังหวัดสุราษฎร์ธานี	องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (2565)
2.71	3.57	3.02	3.82	สวนป่าวังวิเศษ จังหวัดตรัง	องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (2565)
2.51	3.45	2.75	3.62	สวนป่าคลองท่อม จังหวัดกระบี่	องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (2565)
-	-	2.21	3.65	จังหวัดสระแก้ว	มะลิวัลย์ และคณะ (2553)
2.51	2.66	2.45	2.63	จังหวัดสระแก้ว	จิรนิติ และคณะ (2559)
2.42	2.41	2.42	2.41	จังหวัดกาญจนบุรี	ฤกษ์พงษ์ และคณะ (2559)
3.15	4.50	3.05	4.75	บ่อ L6 จังหวัดเชียงใหม่	ธนาภา และคณะ (2561)
2.78	4.23	3.05	4.4	ล้องอ้อ จังหวัดเชียงใหม่	ธนาภา และคณะ (2561)
2.85	3.21	3.23	3.25	จังหวัดเชียงราย	การศึกษาครั้งนี้

สมการสำหรับการประมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง

เนื่องจากกระถินณรงค์และกระถินลูกผสม การนำไปใช้ประโยชน์อย่างหนึ่งคือการนำไปเป็นวัตถุดิบในโรงงานไฟฟ้าชีวมวล การศึกษาจึงได้ทำการศึกษาถึงความชื้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสำหรับการนำไปประมาณผลผลิตในรูปแบบเชื้อเพลิง

ความชื้น

จากการตัดต้นตัวอย่างสายพันธุ์ละ 4 ต้น ชั่งน้ำหนักสดและนำมาวิเคราะห์หาค่าความชื้นและน้ำหนักแห้ง ผลการศึกษาพบว่าความชื้นเฉลี่ยของกระถินทุกสายพันธุ์ส่วนใบ ลำต้น และกิ่ง อยู่ที่ร้อยละ 166.54 ร้อยละ 87.21 และ ร้อยละ 80.37 ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่ามีเพียงความชื้นในส่วนของใบที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกระถินณรงค์สายพันธุ์ ปม. 3-5 มีความชื้นสูงกว่าสายพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นกระถินณรงค์สายพันธุ์ ปม. 3-4 (ตารางที่ 7) จากค่าเฉลี่ยของทุกสายพันธุ์ พบว่าความชื้นส่วนใหญ่อยู่ที่ส่วนใบ คิดเป็นร้อยละ 49.85 ของความชื้นทุกส่วน การศึกษาของบุลกิจ และคณะ (2564) ศึกษายูคาลิปตัสสองสายพันธุ์ที่ปลูกในสวนป่าสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว พบว่ามีค่าความชื้นของตัวอย่างส่วนลำต้น กิ่ง และใบ ในสายพันธุ์ K7 เฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 89.45, ร้อยละ 65.83, และ ร้อยละ 109.66 ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ K62 ค่าความชื้นของตัวอย่างส่วนลำต้น กิ่ง และใบ เฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 78.37, ร้อยละ 59.66, และ ร้อยละ 106.21 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าความชื้นของส่วนต่าง ๆ ในการศึกษาครั้งนี้ ทั้งนี้เนื่องจากใบของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมมีขนาดใบและกิ่งใหญ่กว่ายูคาลิปตัสทำให้สามารถสะสมความชื้นได้สูงกว่า แต่ส่วนลำต้นจะมีค่าความชื้นใกล้เคียงกัน

มะลิวัลย์ และคณะ (2553) ได้กล่าวว่าการนำไม้โตเร็วไปใช้ด้านพลังงานหรือนำไปเป็นเชื้อเพลิง สิ่งที่ควรพิจารณาควบคู่กับผลผลิต ได้แก่ ค่าความชื้น และค่าพลังงานหรือค่าความร้อนของไม้ ไม้ที่มีความชื้นสูง แม้ว่าจะมีน้ำหนักสดสูง การขนส่งต้องมีกระบวนการลดความชื้นก่อนเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ในการศึกษานี้ กระถินเทพณรงค์ มีความชื้นส่วนเนื้อไม้ ร้อยละ 38 จึงมีศักยภาพในการปลูกเป็นสวนป่าพลังงาน อย่างไรก็ตามการเก็บข้อมูลน้ำหนักสดและความชื้นในการศึกษาครั้งนี้ดำเนินการหลังตัดทันทีจึงมีค่าค่อนข้างสูง แต่ในความเป็นจริงหากตัดทิ้งไว้ในพื้นที่ก่อนการขนส่งความชื้นจะลดลงได้อีก

ตารางที่ 7 ความชื้นของส่วนต่าง ๆ ของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป

สายพันธุ์	ความชื้น (ร้อยละ)								
	ใบ			ลำต้น			กิ่ง		
	ค่าเฉลี่ย	s.d.		ค่าเฉลี่ย	s.d.		ค่าเฉลี่ย	s.d.	
เมล็ดทั่วไป	172.23	14.27	a	81.24	7.53	ns	80.87	12.32	ns
ปม. 3-1	165.91	23.81	a	85.43	16.79	ns	80.58	12.73	ns
ปม. 3-2	161.33	43.57	a	81.34	7.04	ns	78.98	12.32	ns
ปม. 3-3	178.52	26.78	a	76.04	9.56	ns	79.60	4.74	ns
ปม. 3-4	167.99	15.30	ab	95.18	5.46	ns	83.30	5.51	ns
ปม. 3-5	174.23	19.50	b	112.77	21.02	ns	86.83	5.85	ns
CP	161.96	3.49	a	83.15	6.98	ns	79.87	3.99	ns
SR	150.17	7.32	a	82.55	10.33	ns	72.92	4.51	ns
เฉลี่ย	166.54		**	87.21		ns	80.37		ns
F-test	4.651			0.687			1.134		
p value	0.0016			0.682			0.372		

หมายเหตุ 1. ตัวอักษร a b c ที่แตกต่างกัน หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ** หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่ง ($p<0.01$)

3. ns หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

โดยทั่วไปแล้วการประมาณมวลชีวภาพของพรรณไม้มักจะใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของส่วนต่าง ๆ กับเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณความสูง ทั้งนี้เนื่องจากการใช้เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเป็นตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวนั้น มักจะพบปัญหาว่าถ้าในแปลงมีต้นไม้ขนาดใหญ่รวมอยู่จำนวนมาก แม้ว่าค่าของความสัมพันธ์ของสมการสูงก็ตาม จะทำให้การประมาณมวลชีวภาพจากสมการได้ค่ามากเกินความจริง เพราะความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้กับน้ำหนักแห้งของส่วนต่าง ๆ จะเป็นเส้นโค้ง เมื่อต้นไม้โตขึ้นอันเนื่องมาจากความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้มีลักษณะเป็นเส้นโค้งเมื่อต้นไม้มีขนาดโตขึ้นนั่นเอง ดังนั้นการใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกกับน้ำหนักแห้งซึ่งได้จากต้นไม้ตัวอย่างที่มีขนาดเล็กเมื่อนำไปประมาณค่าน้ำหนักแห้งส่วนลำต้นของต้นไม้ขนาดใหญ่จะมีค่ามากเกินความเป็นจริง (Ogawa *et.al.*, 1966 อ้างใน ธำรง และคณะ, 2532) ด้วยเหตุนี้ Kira and Shidej (1967) ได้แก้ปัญหาดังกล่าวโดยการนำเอาความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (H) มาเป็นตัวแปรอิสระร่วมกับเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (D) ในรูปของ D^2H ซึ่งทำให้สามารถประมาณค่ามวลชีวภาพได้ใกล้เคียงที่สุด รวมทั้งการประมาณหามวลชีวภาพของกิ่งและรากด้วย แต่สำหรับป่าชั้นอายุเดียวหรือสวนป่า สมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกกับน้ำหนักแห้งของลำต้นมีความสัมพันธ์กันอย่างดียิ่ง (Ogawa and Kira 1977, อ้างใน ธำรง และคณะ, 2532)

จากผลการศึกษาค่าน้ำหนักสดและนำค่าความชื้นมาหาค่าน้ำหนักแห้งของต้นไม้ตัวอย่าง เมื่อนำมาสร้างสมการเพื่อประมาณค่าน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของ ใบ กิ่ง ลำต้น และส่วนเหนือพื้นดินทั้หมด ของแต่ละสายพันธุ์ โดยแบ่งรูปแบบความสัมพันธ์เป็น 2 รูปแบบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมด ในรูปแบบของ DBH^2H และ DBH ปัจจัยเดียว ได้สมการสำหรับประมาณน้ำหนักสด ตามตารางที่ 8 และน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพ ตามตารางที่ 9

ตารางที่ 8 สมการสำหรับประมาณน้ำหนักสดของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป

สายพันธุ์	ส่วนของต้นไม้	สมการ รูปแบบที่ 1 (น้ำหนักสด = a x $(DBH^2xH)^b$)	
เมล็ดทั่วไป	ลำต้น	$Ms = 0.0993 \times (DBH^2xH)^{0.8571}$	$R^2 = 0.9788$
	ใบ	$Ml = 0.0086 \times (DBH^2xH)^{0.9947}$	$R^2 = 0.9521$
	กิ่ง	$Mb = 0.0546 \times (DBH^2xH)^{0.7545}$	$R^2 = 0.8742$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Mt = 0.1543 \times (DBH^2xH)^{0.8541}$	$R^2 = 0.9854$
ปม. 3-1	ลำต้น	$Ms = 0.0697 \times (DBH^2xH)^{0.9044}$	$R^2 = 0.9995$
	ใบ	$Ml = 0.0734 \times (DBH^2xH)^{0.6699}$	$R^2 = 0.9671$
	กิ่ง	$Mb = 0.0033 \times (DBH^2xH)^{1.1516}$	$R^2 = 0.9276$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Mt = 0.0957 \times (DBH^2xH)^{0.9155}$	$R^2 = 0.9932$
ปม. 3-2	ลำต้น	$Ms = 0.0553 \times (DBH^2xH)^{0.9574}$	$R^2 = 0.9891$
	ใบ	$Ml = 0.0142 \times (DBH^2xH)^{0.893}$	$R^2 = 0.9203$
	กิ่ง	$Mb = 0.0235 \times (DBH^2xH)^{0.8704}$	$R^2 = 0.9786$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Mt = 0.0903 \times (DBH^2xH)^{0.9351}$	$R^2 = 0.9876$
ปม. 3-3	ลำต้น	$Ms = 0.0376 \times (DBH^2xH)^{1.0067}$	$R^2 = 0.9522$
	ใบ	$Ml = 0.0027 \times (DBH^2xH)^{1.2001}$	$R^2 = 0.8818$
	กิ่ง	$Mb = 0.0020 \times (DBH^2xH)^{1.2915}$	$R^2 = 0.9270$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Mt = 0.0342 \times (DBH^2xH)^{1.0955}$	$R^2 = 0.9365$
ปม. 3-4	ลำต้น	$Ms = 0.0182 \times (DBH^2xH)^{1.1204}$	$R^2 = 0.9982$
	ใบ	$Ml = 0.0105 \times (DBH^2xH)^{0.9668}$	$R^2 = 0.9411$
	กิ่ง	$Mb = 0.0068 \times (DBH^2xH)^{1.0320}$	$R^2 = 0.8846$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Mt = 0.0334 \times (DBH^2xH)^{1.0817}$	$R^2 = 0.9890$
ปม. 3-5	ลำต้น	$Ms = 0.0296 \times (DBH^2xH)^{1.0414}$	$R^2 = 0.9742$
	ใบ	$Ml = 0.1159 \times (DBH^2xH)^{0.5945}$	$R^2 = 0.7604$
	กิ่ง	$Mb = 0.0042 \times (DBH^2xH)^{1.0946}$	$R^2 = 0.6604$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Mt = 0.0591 \times (DBH^2xH)^{0.9902}$	$R^2 = 0.9353$

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สายพันธุ์	ส่วนของต้นไม้	สมการ รูปแบบที่ 1 (น้ำหนักสด = a x $(DBH^2xH)^b$)	
CP	ลำต้น	$Ms = 0.0370 \times (DBH^2xH)^{1.0078}$	$R^2 = 0.9266$
	ใบ	$Ml = 7E\text{-}05 \times (DBH^2xH)^{1.7219}$	$R^2 = 0.9498$
	กิ่ง	$Mb = 6E\text{-}07 \times (DBH^2xH)^{2.4864}$	$R^2 = 0.4029$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Mt = 0.0027 \times (DBH^2xH)^{1.4669}$	$R^2 = 0.8540$
SR	ลำต้น	$Ms = 0.0550 \times (DBH^2xH)^{0.9409}$	$R^2 = 0.9723$
	ใบ	$Ml = 0.0012 \times (DBH^2xH)^{1.2600}$	$R^2 = 0.9962$
	กิ่ง	$Mb = 0.0152 \times (DBH^2xH)^{0.9801}$	$R^2 = 0.8824$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Mt = 0.0669 \times (DBH^2xH)^{0.9773}$	$R^2 = 0.9557$
สายพันธุ์	ส่วนของต้นไม้	สมการ รูปแบบที่ 2 (น้ำหนักสด = a x $(DBH)^b$)	
เมล็ดทั่วไป	ลำต้น	$Ms = 0.1323 \times (DBH)^{2.4954}$	$R^2 = 0.9501$
	ใบ	$Ml = 0.0106 \times (DBH)^{2.9691}$	$R^2 = 0.9913$
	กิ่ง	$Mb = 0.0541 \times (DBH)^{2.3434}$	$R^2 = 0.9561$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Mt = 0.1905 \times (DBH)^{2.5287}$	$R^2 = 0.9969$
ปม. 3-1	ลำต้น	$Ms = 0.2212 \times (DBH)^{2.2806}$	$R^2 = 0.9949$
	ใบ	$Ml = 0.1758 \times (DBH)^{1.6804}$	$R^2 = 0.9700$
	กิ่ง	$Mb = 0.0144 \times (DBH)^{2.9025}$	$R^2 = 0.9453$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Mt = 0.3088 \times (DBH)^{2.3071}$	$R^2 = 0.9957$
ปม. 3-2	ลำต้น	$Ms = 0.1595 \times (DBH)^{2.475}$	$R^2 = 0.9958$
	ใบ	$Ml = 0.0348 \times (DBH)^{2.3547}$	$R^2 = 0.9453$
	กิ่ง	$Mb = 0.0616 \times (DBH)^{2.2505}$	$R^2 = 0.9866$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Mt = 0.2511 \times (DBH)^{2.4233}$	$R^2 = 0.9965$
ปม. 3-3	ลำต้น	$Ms = 0.1022 \times (DBH)^{2.6132}$	$R^2 = 0.9926$
	ใบ	$Ml = 0.0073 \times (DBH)^{3.2177}$	$R^2 = 0.9878$
	กิ่ง	$Mb = 0.0066 \times (DBH)^{3.4059}$	$R^2 = 0.9980$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Mt = 0.0965 \times (DBH)^{2.8696}$	$R^2 = 0.9999$

ตารางที่ 8 (ต่อ)

สายพันธุ์	ส่วนของต้นไม้	สมการ รูปแบบที่ 2 (น้ำหนักสด = a x $(DBH)^b$)	
ปม. 3-4	ลำต้น	$Ms = 0.0948 \times (DBH)^{2.6571}$	$R^2 = 0.9973$
	ใบ	$Ml = 0.0438 \times (DBH)^{2.2916}$	$R^2 = 0.9427$
	กิ่ง	$Mb = 0.0302 \times (DBH)^{2.4603}$	$R^2 = 0.8943$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Mt = 0.1641 \times (DBH)^{2.5667}$	$R^2 = 0.9903$
ปม. 3-5	ลำต้น	$Ms = 0.1401 \times (DBH)^{2.4777}$	$R^2 = 0.9782$
	ใบ	$Ml = 0.2755 \times (DBH)^{1.4245}$	$R^2 = 0.7822$
	กิ่ง	$Mb = 0.0218 \times (DBH)^{2.6014}$	$R^2 = 0.6673$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Mt = 0.2580 \times (DBH)^{2.3569}$	$R^2 = 0.9426$
CP	ลำต้น	$Ms = 0.9178 \times (DBH)^{1.6334}$	$R^2 = 0.9829$
	ใบ	$Ml = 0.0177 \times (DBH)^{2.7447}$	$R^2 = 0.9578$
	กิ่ง	$Mb = 0.0031 \times (DBH)^{3.7344}$	$R^2 = 0.2924$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Mt = 0.3614 \times (DBH)^{2.2729}$	$R^2 = 0.7926$
SR	ลำต้น	$Ms = 0.1206 \times (DBH)^{2.5190}$	$R^2 = 0.9934$
	ใบ	$Ml = 0.0034 \times (DBH)^{3.3567}$	$R^2 = 0.9987$
	กิ่ง	$Mb = 0.0334 \times (DBH)^{2.6392}$	$R^2 = 0.9323$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Mt = 0.1504 \times (DBH)^{2.6194}$	$R^2 = 0.9842$

ตารางที่ 9 สมการสำหรับประมาณน้ำหนักแห้งของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป

สายพันธุ์	ส่วนของต้นไม้	สมการ รูปแบบที่ 1 (น้ำหนักแห้ง = a x $(DBH^2xH)^b$)	
เมล็ดทั่วไป	ลำต้น	$Ws = 0.0563 \times (DBH^2xH)^{0.8523}$	$R^2 = 0.9857$
	ใบ	$Wl = 0.0033 \times (DBH^2xH)^{0.9877}$	$R^2 = 0.9574$
	กิ่ง	$Wb = 0.0333 \times (DBH^2xH)^{0.7369}$	$R^2 = 0.8618$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Wt = 0.0900 \times (DBH^2xH)^{0.8367}$	$R^2 = 0.9806$
ปม. 3-1	ลำต้น	$Ws = 0.0199 \times (DBH^2xH)^{1.0017}$	$R^2 = 0.9983$
	ใบ	$Wl = 0.0128 \times (DBH^2xH)^{0.7875}$	$R^2 = 0.9864$
	กิ่ง	$Wb = 0.0008 \times (DBH^2xH)^{1.2708}$	$R^2 = 0.9329$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Wt = 0.0227 \times (DBH^2xH)^{1.0341}$	$R^2 = 0.9950$
ปม. 3-2	ลำต้น	$Ws = 0.0236 \times (DBH^2xH)^{0.997}$	$R^2 = 0.9955$
	ใบ	$Wl = 0.0012 \times (DBH^2xH)^{1.1306}$	$R^2 = 0.9672$
	กิ่ง	$Wb = 0.0084 \times (DBH^2xH)^{0.9372}$	$R^2 = 0.9701$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Wt = 0.0321 \times (DBH^2xH)^{0.9975}$	$R^2 = 0.9952$
ปม. 3-3	ลำต้น	$Ws = 0.0168 \times (DBH^2xH)^{1.0467}$	$R^2 = 0.9169$
	ใบ	$Wl = 0.0008 \times (DBH^2xH)^{1.2418}$	$R^2 = 0.8921$
	กิ่ง	$Wb = 0.0009 \times (DBH^2xH)^{1.3344}$	$R^2 = 0.9179$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Wt = 0.0150 \times (DBH^2xH)^{1.1291}$	$R^2 = 0.9167$
ปม. 3-4	ลำต้น	$Ws = 0.0079 \times (DBH^2xH)^{1.1453}$	$R^2 = 0.9976$
	ใบ	$Wl = 0.0023 \times (DBH^2xH)^{1.0469}$	$R^2 = 0.9469$
	กิ่ง	$Wb = 0.0027 \times (DBH^2xH)^{1.0767}$	$R^2 = 0.8927$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Wt = 0.0128 \times (DBH^2xH)^{1.1206}$	$R^2 = 0.9940$
ปม. 3-5	ลำต้น	$Ws = 0.0050 \times (DBH^2xH)^{1.2005}$	$R^2 = 0.9669$
	ใบ	$Wl = 0.0261 \times (DBH^2xH)^{0.6699}$	$R^2 = 0.9061$
	กิ่ง	$Wb = 0.0003 \times (DBH^2xH)^{1.4446}$	$R^2 = 0.9751$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Wt = 0.0111 \times (DBH^2xH)^{1.1315}$	$R^2 = 0.9490$

ตารางที่ 9 (ต่อ)

สายพันธุ์	ส่วนของต้นไม้	สมการ รูปแบบที่ 1 (น้ำหนักแห้ง = a x $(DBH^2xH)^b$)	
CP	ลำต้น	$Ws = 0.0409 \times (DBH^2xH)^{0.9057}$	$R^2 = 0.9597$
	ใบ	$Wl = 3E\text{-}05 \times (DBH^2xH)^{1.7009}$	$R^2 = 0.9382$
	กิ่ง	$Wb = 2E\text{-}07 \times (DBH^2xH)^{2.5465}$	$R^2 = 0.3632$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Wt = 0.0022 \times (DBH^2xH)^{1.4029}$	$R^2 = 0.7861$
SR	ลำต้น	$Ws = 0.0282 \times (DBH^2xH)^{0.9463}$	$R^2 = 0.9769$
	ใบ	$Wl = 0.0005 \times (DBH^2xH)^{1.2521}$	$R^2 = 0.9981$
	กิ่ง	$Wb = 0.0088 \times (DBH^2xH)^{0.9773}$	$R^2 = 0.8907$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Wt = 0.0356 \times (DBH^2xH)^{0.9745}$	$R^2 = 0.9593$
สายพันธุ์	ส่วนของต้นไม้	สมการ รูปแบบที่ 2 (น้ำหนักแห้ง = a x $(DBH)^b$)	
เมล็ดทั่วไป	ลำต้น	$Ws = 0.0731 \times (DBH)^{2.4946}$	$R^2 = 0.9678$
	ใบ	$Wl = 0.0042 \times (DBH)^{2.9321}$	$R^2 = 0.9928$
	กิ่ง	$Wb = 0.0316 \times (DBH)^{2.3128}$	$R^2 = 0.9504$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Wt = 0.1084 \times (DBH)^{2.488}$	$R^2 = 0.9978$
ปม. 3-1	ลำต้น	$Ws = 0.0739 \times (DBH)^{2.5099}$	$R^2 = 0.9902$
	ใบ	$Wl = 0.0359 \times (DBH)^{1.973}$	$R^2 = 0.9861$
	กิ่ง	$Wb = 0.0042 \times (DBH)^{3.2014}$	$R^2 = 0.9506$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Wt = 0.0874 \times (DBH)^{2.5947}$	$R^2 = 0.9949$
ปม. 3-2	ลำต้น	$Ws = 0.0724 \times (DBH)^{2.5686}$	$R^2 = 0.9994$
	ใบ	$Wl = 0.0039 \times (DBH)^{2.9455}$	$R^2 = 0.9779$
	กิ่ง	$Wb = 0.0249 \times (DBH)^{2.4023}$	$R^2 = 0.9709$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Wt = 0.0984 \times (DBH)^{2.5703}$	$R^2 = 0.9994$
ปม. 3-3	ลำต้น	$Ws = 0.0461 \times (DBH)^{2.7323}$	$R^2 = 0.9929$
	ใบ	$Wl = 0.0021 \times (DBH)^{3.3379}$	$R^2 = 0.9863$
	กิ่ง	$Wb = 0.0030 \times (DBH)^{3.5238}$	$R^2 = 0.9982$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Wt = 0.0430 \times (DBH)^{2.9644}$	$R^2 = 0.9988$

ตารางที่ 9 (ต่อ)

สายพันธุ์	ส่วนของต้นไม้	สมการ รูปแบบที่ 2 (น้ำหนักแห้ง = a x $(DBH)^b$)	
ปม. 3-4	ลำต้น	$Ws = 0.0428 \times (DBH)^{2.7153}$	$R^2 = 0.9957$
	ใบ	$Wl = 0.0109 \times (DBH)^{2.4793}$	$R^2 = 0.9472$
	กิ่ง	$Wb = 0.0130 \times (DBH)^{2.5674}$	$R^2 = 0.9024$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Wt = 0.0668 \times (DBH)^{2.6585}$	$R^2 = 0.9946$
ปม. 3-5	ลำต้น	$Ws = 0.0303 \times (DBH)^{2.8522}$	$R^2 = 0.9710$
	ใบ	$Wl = 0.0707 \times (DBH)^{1.5946}$	$R^2 = 0.9113$
	กิ่ง	$Wb = 0.0028 \times (DBH)^{3.4000}$	$R^2 = 0.9759$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Wt = 0.0601 \times (DBH)^{2.6901}$	$R^2 = 0.9550$
CP	ลำต้น	$Ws = 0.7709 \times (DBH)^{1.4466}$	$R^2 = 0.9869$
	ใบ	$Wl = 0.0073 \times (DBH)^{2.7107}$	$R^2 = 0.9424$
	กิ่ง	$Wb = 0.0015 \times (DBH)^{3.8021}$	$R^2 = 0.2540$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Wt = 0.2578 \times (DBH)^{2.1416}$	$R^2 = 0.7000$
SR	ลำต้น	$Ws = 0.0620 \times (DBH)^{2.5346}$	$R^2 = 0.9959$
	ใบ	$Wl = 0.0014 \times (DBH)^{3.3423}$	$R^2 = 0.9972$
	กิ่ง	$Wb = 0.0192 \times (DBH)^{2.6353}$	$R^2 = 0.9398$
	ส่วนเหนือพื้นดิน	$Wt = 0.0795 \times (DBH)^{2.6144}$	$R^2 = 0.9870$

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าจากการทดสอบ goodness of fit แสดงว่าความสัมพันธ์เชิงสมการยกกำลังสามารถนำมาใช้ประเมินมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินได้ (Zianis *et.al*., 2005; Cienciala *et.al*., 2006) แบบจำลองสมการยกกำลังยังนำมาใช้ในสมการแอลโลเมตริกระหว่างส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ เช่น สัดส่วนของการเพิ่มขึ้นสัมพัทธ์ระหว่างมวลชีวภาพส่วนลำต้นกับขนาดเส้นรอบของต้นไม้ (Parde, 1980) ผลการศึกษาครั้งนี้สมการที่ใช้ในการประมาณมวลชีวภาพสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา (จิรนิติ และคณะ, 2559; ฤกษ์พงษ์ และคณะ, 2559) ที่พบว่าการนำเอาความสูงทั้งหมด (H) มาเป็นตัวแปรอิสระร่วมกับ DBH^2 ในรูปของ DBH^2H เช่นเดียวกับการศึกษา ที่เสนอสมการประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของ Acacia hybrid อายุ 5 ปี แบบปลูกเชิงเดี่ยวในภาคเหนือของประเทศไทย สมการที่ได้คือ $AGB = 0.102(DBH^2.H)^{0.825}$ ซึ่งจะทำให้สามารถประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพได้อย่างถูกต้องที่สุด เนื่องจาก DBH^2H เป็นค่าโดยประมาณของปริมาตรไม้ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับมวลชีวภาพหรือน้ำหนัก (Wongchai *et.al.,* 2020) อย่างไรก็ตามมวลชีวภาพของพืชจะขึ้นอยู่กับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง และจะเพิ่มขึ้นตามขนาดความโต ดังนั้นสมการประมาณมวลชีวภาพจึงอาจใช้เฉพาะค่า DBH^2H เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Proces *et.al.* (2018) ที่เสนอสมการประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดของกระถินณรงค์ที่ปลูกในระบบวนเกษตรบนที่ราบสูง Bateke ในสาธารณรัฐประชาธิปไตยคองโกซึ่งปลูกเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง

จากการศึกษาพบว่าสมการประมาณมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้สามารถใช้ปัจจัยเพียงเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH^2) หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกร่วมกับความสูง ในรูปของ DBH^2H ได้ โดยทุกสมการให้ค่า R^2 สูง โดยส่วนของลำต้นมีค่า R^2 สูง เนื่องจากมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าการเติบโต ส่วนใบและกิ่ง มีปัจจัยด้านการจัดการ (ลิดกิ่ง) ทำให้ความสัมพันธ์อาจให้ค่า R^2 น้อย จากการศึกษาพบว่าค่า R^2 ของกิ่งในกระถินลูกผสม (CP) ซึ่งพบว่าเจ้าของสวนป่ามีการดูแลต้นไม้โดยการลิดกิ่งที่มีขนาดใหญ่และอยู่ด้านล่างของลำต้น หรือกิ่งที่มีลักษณะแห้งออกจากการจัดการสวนป่าในบางต้น ซึ่งเป็นแนวปฏิบัติโดยทั่วไปของการจัดการโดยเกษตรกรที่ต้องการไม้ที่เปลาตรงสำหรับใช้สอยเป็นไม้โครงสร้างหรือเฟอร์นิเจอร์ หรือไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อการนำไปจำหน่ายเป็นอาหารสัตว์ส่งโรงงานชีวมวล หรือเผาเป็นเชื้อเพลิง ทำให้ค่าของกิ่งจึงมีค่าความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (R^2) ไม่สูงเช่นเดียวกับส่วนอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตามในภาพรวมของมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินใช้สมการจากผลการศึกษานี้ได้

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ตามวิธีของ Zar (1974) ของข้อมูลจากทั้ง 8 สายพันธุ์ พบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของค่า Slope และ Elevation จึงสามารถรวมสมการ (Pooled) ของทุกสายพันธุ์เข้าด้วยกัน แล้วจึงนำมาสร้างสมการ โดยสมการประมาณน้ำหนักสดรวมของเหนือพื้นดิน (ใบ ลำต้น กิ่ง) แสดงตามตารางที่ 10 และสมการประมาณน้ำหนักแห้งรวมของส่วนเหนือพื้นดิน (ใบ ลำต้น กิ่ง) แสดงตามตารางที่ 11

ตารางที่ 10 สมการประมาณน้ำหนักสดรวมของเหนือพื้นดินของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป

ส่วนของลำต้น	สมการแบบที่ 1 (Biomass = a x $(DBH^2xH)^b$)	
ลำต้น	$Ms = 0.0603 \times (DBH^2xH)^{0.9344}$	$R^2 = 0.9664$
ใบ	$Ml = 0.0042 \times (DBH^2xH)^{1.1025}$	$R^2 = 0.7995$
กิ่ง	$Mb = 0.0146 \times (DBH^2xH)^{0.9519}$	$R^2 = 0.6586$
ส่วนเหนือพื้นดิน	$Mt = 0.0788 \times (DBH^2xH)^{0.9561}$	$R^2 = 0.9277$
ส่วนของลำต้น	สมการแบบที่ 2 (Biomass = a x $(DBH)^b$)	
ลำต้น	$Ms = 0.1339 \times (DBH)^{2.4969}$	$R^2 = 0.9613$
ใบ	$Ml = 0.0105 \times (DBH)^{2.9620}$	$R^2 = 0.8882$
กิ่ง	$Mb = 0.0274 \times (DBH)^{2.6318}$	$R^2 = 0.7394$
ส่วนเหนือพื้นดิน	$Mt = 0.1703 \times (DBH)^{2.5772}$	$R^2 = 0.9649$

หมายเหตุ Ms = น้ำหนักสดของลำต้น (กิโลกรัม) Ml = น้ำหนักสดของใบ (กิโลกรัม)
Mb = น้ำหนักสดของกิ่ง (กิโลกรัม) Mt = น้ำหนักสดของส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)

ตารางที่ 11 สมการประมาณน้ำหนักแห้งรวมของส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัมต่อต้น) ของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป

ส่วนของลำต้น	สมการแบบที่ 1 (Biomass = a x $(DBH^2xH)^b$)	
ลำต้น	Ws = 0.0298 x $(DBH^2xH)^{0.9446}$	R^2 = 0.9669
ใบ	Wl = 0.0013 x $(DBH^2xH)^{1.1275}$	R^2 = 0.8537
กิ่ง	Wb = 0.0076 x $(DBH^2xH)^{0.9598}$	R^2 = 0.6599
ส่วนเหนือพื้นดิน	Wt = 0.0385 x $(DBH^2xH)^{0.9632}$	R^2 = 0.9276
ส่วนของลำต้น	สมการแบบที่ 2 (Biomass = a x $(DBH)^b$)	
ลำต้น	Ws = 0.0660 x $(DBH)^{2.5307}$	R^2 = 0.9498
ใบ	Wl = 0.0034 x $(DBH)^{3.0312}$	R^2 = 0.9166
กิ่ง	Wb = 0.0142 x $(DBH)^{2.6615}$	R^2 = 0.7329
ส่วนเหนือพื้นดิน	Wt = 0.0825 x $(DBH)^{2.6030}$	R^2 = 0.9501

หมายเหตุ Ws = น้ำหนักแห้งของลำต้น (กิโลกรัม) Wl = น้ำหนักแห้งของใบ (กิโลกรัม)
Wb = น้ำหนักแห้งของกิ่ง (กิโลกรัม) Wt = น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)

ผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง

ผลผลิตรายต้น

จากสมการที่ได้จากผลของการศึกษา เมื่อเลือกสมการที่ใช้เฉพาะค่า DBH มาเป็นตัวแปรเพียงปัจจัยเดียว นำมาคำนวณน้ำหนักสดของส่วนต่าง ๆ ของกระถินทั้ง 8 สายพันธุ์ เฉลี่ยต่อต้น พบว่า กระถินลูกผสม (SR) มีน้ำหนักสดส่วนลำต้น (0.80 ตันต่อต้น) ใบ (0.33 ตันต่อต้น) กิ่ง (0.26 ตันต่อต้น) และส่วนเหนือพื้นดินทั้งหมด (1.39 ตันต่อต้น) สูงกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ และเมื่อพิจารณาในระหว่างกระถินณรงค์ทั้ง 5 สายพันธุ์ (ปม.3-1 – ปม.3-5) พบว่าสายพันธุ์ ปม.3-1 มีค่าสูงที่สุด โดยมีส่วนลำต้น ใบ กิ่ง และส่วนเหนือพื้นดินทั้งหมด เท่ากับ 0.60 ตันต่อต้น 0.23 ตันต่อต้น 0.19 ตันต่อต้น และ 1.02 ตันต่อต้น ตามลำดับ ทั้งนี้กระถินณรงค์และกระถินลูกผสมมีค่าของน้ำหนักสดสูงกว่ากระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่า กระถินลูกผสม SR มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป และกระถินณรงค์ ปม. 3-3 ปม. 3-4 และ ปม. 3-5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 น้ำหนักสดของส่วนต่าง ๆ ของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถิน จากเมล็ดทั่วไป

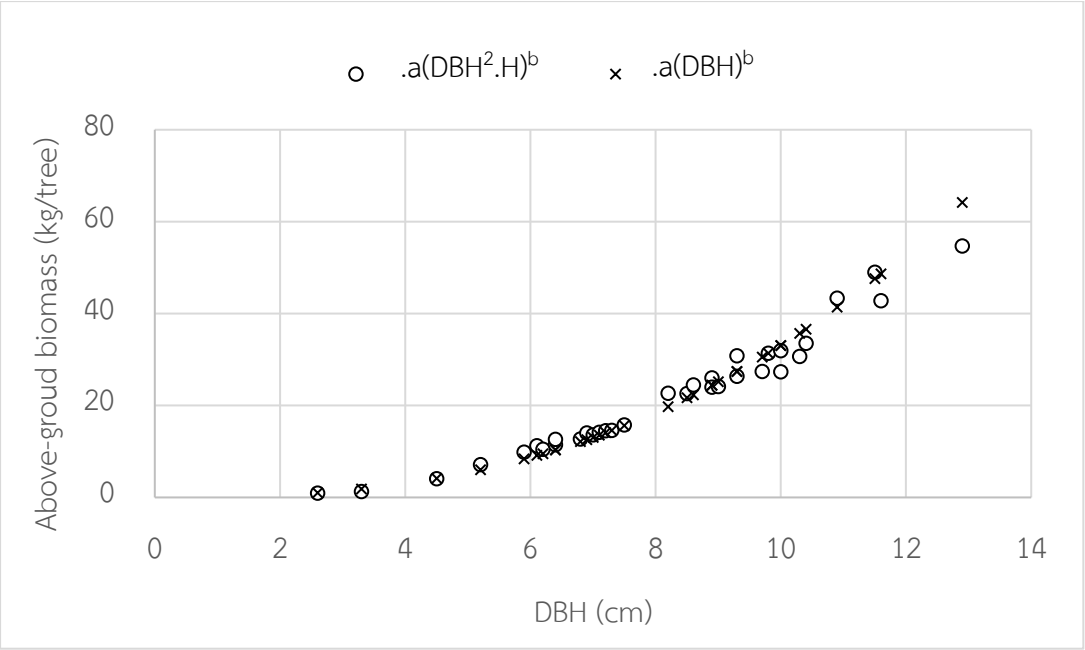
สายพันธุ์	น้ำหนักสด (ตันต่อต้น)							
	ลำต้น		ใบ		กิ่ง		ส่วนเหนือพื้นดิน	
เมล็ดทั่วไป	0.39	a	0.15	a	0.13	A	0.67	a
ปม.3-1	0.60	ac	0.23	ab	0.19	ac	1.02	ac
ปม.3-2	0.58	ac	0.22	ab	0.19	ac	0.99	ac
ปม.3-3	0.52	ab	0.20	a	0.17	ab	0.89	ab
ปม.3-4	0.51	ab	0.19	a	0.17	ab	0.87	ab
ปม.3-5	0.44	ab	0.16	a	0.14	ab	0.74	ab
CP	0.66	bc	0.26	ab	0.21	bc	1.13	bc
SR	0.80	c	0.33	b	0.26	C	1.39	c
เฉลี่ย	0.56	**	0.22	**	0.18	**	0.96	**
F-test	6.64		6.54		6.61		6.61	
p value	<0.01		<0.01		<0.01		<0.01	

หมายเหตุ 1. ตัวอักษร a b c ที่แตกต่างกัน หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ** หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่ง (p<0.01)

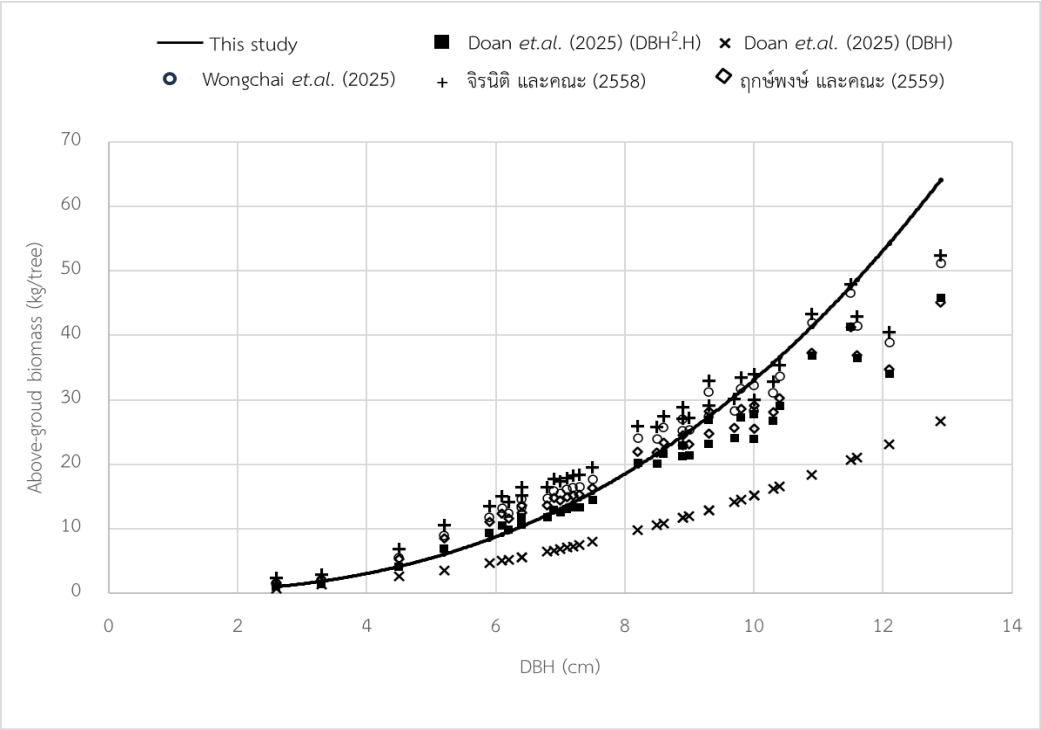
3. ns หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ในการศึกษาครั้งนี้เมื่อพิจารณาความแตกต่างของการใช้ตัวแปรทั้ง DBH ร่วมกับ H และใช้ DBH เพียงปัจจัยเดียวในการประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้จากการทดลองและเปรียบเทียบรายต้น พบว่ามีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก (ภาพที่ 4) และเมื่อทำการทดสอบทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (t-test = -0.083, p value = 0.93) เสนอให้ใช้สมการที่ใช้ค่า DBH ปัจจัยเดียวเป็นตัวแปร ทั้งนี้เพื่อความสะดวกต่อการใช้งานของเกษตรกรและประชาชนทั่วไป และลดโอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดจากการใช้เครื่องมือวัดความสูง



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากสมการประมาณมวลชีวภาพที่ใช้ตัวแปร DBH^2H และ DBH

เมื่อนำผลของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากสมการที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ที่ใช้เฉพาะค่า DBH มาเป็นตัวแปรเพียงปัจจัยเดียว มาเปรียบเทียบกับมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่ได้จากสมการของผู้ที่ศึกษามาแล้ว (Wongchai *et.al*., 2020; Doan *et.al*., 2025; จิรนิติ และคณะ, 2558; ฤกษ์พงษ์ และคณะ, 2559) พบว่าในต้นที่มี DBH น้อย ให้ค่ามวลชีวภาพต่ำกว่าในสมการอื่น ๆ และเมื่อค่า DBH สูงมากกว่า 10 เซนติเมตรจะให้ค่ามวลชีวภาพที่มีแนวโน้มสูงกว่าสมการอื่น ยกเว้นสมการของ Doan *et.al*. (2025) ซึ่งเป็นการศึกษาในประเทศเวียดนาม ที่ใช้ DBH เพียงปัจจัยเดียวเป็นตัวแปรที่มีค่าต่ำกว่าในทุกสมการ แม้แต่สมการที่ศึกษาพร้อมกันแต่ใช้ค่า $DBH^2.H$ เป็นตัวแปร (ภาพที่ 5) อาจเนื่องจากสมการส่วนใหญ่เป็นกระถินลูกผสมและทำการศึกษาในประเทศไทย ส่วนสมการอื่น ๆ ในต่างประเทศจะมีรูปแบบที่แตกต่างจากสมการยกกำลัง อย่างไรก็ตามการศึกษาเพื่อสร้างสมการยังคงเป็นเฉพาะพื้นที่ เนื่องจากอาจเกิดความแตกต่างในเรื่องของสภาพอากาศ ลักษณะดิน รวมไปถึงกรณีที่เป็นกระถินณรงค์ลูกผสม อาจขึ้นกับสายพันธุ์แม่-พ่อ ที่นำมาผสมกันด้วย



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากสมการประมาณมวลชีวภาพจากการศึกษานี้กับสมการจากงานวิจัยอื่น

เมื่อเลือกสมการที่ใช้เฉพาะค่า DBH มาเป็นตัวแปรเพียงปัจจัยเดียว นำมาคำนวณน้ำหนักแห้งของส่วนต่าง ๆ ของกระถินทั้ง 8 สายพันธุ์ เฉลี่ยต่อต้น พบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับน้ำหนักสด คือ กระถินลูกผสม (SR) มีน้ำหนักแห้งส่วนลำต้น (0.44 ตันต่อต้น) ใบ (0.14 ตันต่อต้น) กิ่ง (0.15 ตันต่อต้น) และส่วนเหนือพื้นดินทั้งหมด (0.73 ตันต่อต้น) สูงกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ และเมื่อพิจารณาในระหว่างกระถินณรงค์ทั้ง 5 สายพันธุ์ (ปม.3-1 – ปม.3-5) พบว่าสายพันธุ์ ปม.3-1 มีค่าสูงที่สุด โดยมีส่วนลำต้น ใบ กิ่ง และส่วนเหนือพื้นดินทั้งหมด เท่ากับ 0.33 ตันต่อต้น 0.09 ตันต่อต้น 0.11 ตันต่อต้น และ 0.54 ตันต่อต้น ตามลำดับ ทั้งนี้กระถินณรงค์และกระถินลูกผสมมีค่าของน้ำหนักสดสูงกว่ากระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่า กระถินลูกผสม SR มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป และกระถินณรงค์ ปม. 3-3 ปม. 3-4 และ ปม. 3-5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 น้ำหนักแห้งของส่วนต่าง ๆ ของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป

สายพันธุ์	น้ำหนักแห้ง (ตันต่อต้น)							
	ลำต้น		ใบ		กิ่ง		ส่วนเหนือพื้นดิน	
เมล็ดทั่วไป	0.22	a	0.06	a	0.07	A	0.35	a
ปม.3-1	0.33	ac	0.09	ab	0.11	Ac	0.54	ac
ปม.3-2	0.32	ac	0.09	ab	0.11	Ac	0.52	ac
ปม.3-3	0.29	ab	0.08	a	0.10	Ab	0.46	ab
ปม.3-4	0.28	ab	0.08	a	0.09	Ab	0.46	ab
ปม.3-5	0.24	ab	0.06	a	0.08	Ab	0.39	ab
CP	0.36	bc	0.10	ab	0.12	Bc	0.59	bc
SR	0.44	c	0.14	b	0.15	C	0.73	c
เฉลี่ย	0.31	**	0.09	**	0.10	**	0.50	**
F-test	6.63		6.53		6.60		6.60	
p value	<0.01		<0.01		<0.01		<0.01	

หมายเหตุ 1. ตัวอักษร a b c ที่แตกต่างกัน หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ** หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่ง (p<0.01)

3. ns หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่

การประมาณผลผลิตนอกจากน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งแล้ว การรอดตายหรือจำนวนของต้นไม้ในแปลงก็มีส่วนสำคัญในการนำมาประมาณผลผลิต ในการศึกษาครั้งนี้ทำการปลูกทดลอง แต่ละสายพันธุ์จะอยู่ในพื้นที่ 963 ตารางเมตร (ประมาณ 0.62 ไร่) เมื่อคำนวณจากน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของกระถินทั้ง 8 สายพันธุ์ในพื้นที่ 1 ไร่ ปรากฏว่า น้ำหนักสดของกระถินณรงค์ที่มาจากเมล็ดทั่วไปมีน้ำหนักสดต่อไร่ต่ำที่สุด และต่ำกว่ากระถินลูกผสมทั้งสองสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าใกล้เคียงกับกระถินณรงค์ของกรมป่าไม้ทั้ง 5 สายพันธุ์ โดยกระถินลูกผสม SR ยังมีน้ำหนักสดต่อไร่สูงที่สุด โดยส่วนของลำต้น ใบ กิ่ง และส่วนเหนือพื้นดินรวม เท่ากับ 138.46 ตันต่อไร่ 56.86 ตันต่อไร่ 45.76 ตันต่อไร่ และ 241.08 ตันต่อไร่ ตามลำดับ รองลงไปได้แก่ กระถินลูกผสม CP มีน้ำหนักสดของส่วนของลำต้น ใบ กิ่ง และส่วนเหนือพื้นดินรวม เท่ากับ 119.30 ตันต่อไร่ 46.31 ตันต่อไร่ 38.80 ตันต่อไร่ และ 241.08 ตันต่อไร่ ตามลำดับ โดยน้ำหนักสดส่วนลำต้น กิ่ง และใบ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกระถินลูกผสม และกระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป ส่วนกระถินณรงค์ของกรมป่าไม้ ทั้ง 5 สายพันธุ์ แม้ว่าจะมีค่าสูงกว่ากระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติมากนัก ดังแสดงในตารางที่ 14

ในขณะที่น้ำหนักแห้งต่อไร่ พบว่ากระถินลูกผสม SR มีน้ำหนักแห้งของทุกส่วน รวมทั้งส่วนเหนือพื้นดินสูงที่สุด คือมีน้ำหนักแห้งของส่วนลำต้น ใบ กิ่ง และส่วนเหนือพื้นดินทั้งหมด เท่ากับ 76.95 ตันต่อไร่ 23.57 ตันต่อไร่ 26.36 ตันต่อไร่ และ 126.88 ตันต่อไร่ ตามลำดับ และกระถินณรงค์ที่มาจากเมล็ดไม้ทั่วไปมีน้ำหนักแห้งต่ำที่สุด คือ ส่วนลำต้น ใบ กิ่ง และส่วนเหนือพื้นดินทั้งหมด เท่ากับ 36.46 ตันต่อไร่ 9.92 ตันต่อไร่ 12.11 ตันต่อไร่ และ 58.49 ตันต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าน้ำหนักแห้งของกระถินลูกผสม SR มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกระถินณรงค์ที่มาจากเมล็ดทั่วไป และกระถินณรงค์ของกรมป่าไม้ ปม.3-3 และ ปม.3-5 และหากพิจารณาเฉพาะกระถินณรงค์ของกรมป่าไม้ทั้ง 5 สายพันธุ์ (ปม.3-1 ถึง ปม.3-5) พบว่า ปม.3-1 มีน้ำหนักแห้งของทุกส่วนสูงกว่ากระถินณรงค์ของกรมป่าไม้สายพันธุ์อื่น เมื่อพิจารณาพื้นที่ทั้งหมดในการศึกษาซึ่งมีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 4.68 ไร่ มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือพื้นดิน รวมทั้งสิ้น 777.68 ตัน และ 407.99 ตัน การปลูกไม้อะเคเซีย เพื่อประโยชน์ทางด้านพลังงานสามารถเลือกกระถินลูกผสม (SR และ CP) และกระถินณรงค์ของกรมป่าไม้ (ปม. 3-1 และ ปม. 3-2) ได้ เนื่องจากมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งที่ปริมาณสูงกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 14 น้ำหนักสด (ตันต่อไร่) ของส่วนต่าง ๆ ของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป

สายพันธุ์	น้ำหนักสด (ตันต่อไร่)							
	ลำต้น		ใบ		กิ่ง		ส่วนเหนือพื้นดิน	
เมล็ดทั่วไป	66.14	a	24.32	a	21.17	a	111.63	a
ปม.3-1	106.43	ac	40.62	ab	34.45	ac	181.50	ac
ปม.3-2	90.32	ac	34.47	ab	29.23	ac	154.02	ab
ปม.3-3	84.98	ab	31.97	a	27.39	ab	144.35	ab
ปม.3-4	93.09	ac	34.74	a	29.93	ab	157.76	ac
ปม.3-5	79.90	ab	28.78	a	25.43	ab	134.11	ab
CP	119.30	bc	46.31	ab	38.80	bc	204.41	bc
SR	138.46	c	56.86	b	45.76	c	241.08	c
เฉลี่ย	97.33	**	37.26	**	31.52	**	166.11	**
F-test	5.38		5.39		5.38		5.38	
p value	<0.01		<0.01		<0.01		<0.01	

หมายเหตุ 1. ตัวอักษร a b c ที่แตกต่างกัน หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ** หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่ง (p<0.01)

3. ns หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 15 น้ำหนักแห้งของส่วนต่าง ๆ ของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป

สายพันธุ์	น้ำหนักแห้ง (ตันต่อไร่)							
	ลำต้น		ใบ		กิ่ง		ส่วนเหนือพื้นดิน	
เมล็ดทั่วไป	36.46	a	9.92	a	12.11	a	58.49	a
ปม.3-1	58.84	ac	16.65	ab	19.75	ac	95.25	ac
ปม.3-2	49.94	ac	14.13	a	16.76	ab	80.82	ab
ปม.3-3	46.94	ab	13.08	a	15.69	ab	75.70	ab
ปม.3-4	51.38	ac	14.19	a	17.14	ac	82.71	ac
ปม.3-5	43.99	ab	11.70	a	14.53	ab	70.22	ab
CP	66.04	bc	19.03	ab	22.27	bc	107.34	bc
SR	76.95	c	23.57	b	26.36	c	126.88	c
เฉลี่ย	53.82	**	15.28	**	18.07	**	87.18	**
F-test	5.38		5.40		5.38		5.38	
p value	<0.01		<0.01		<0.01		<0.01	

หมายเหตุ 1. ตัวอักษร a b c ที่แตกต่างกัน หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ** หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่ง (p<0.01)

3. ns หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า มวลชีวภาพหรือน้ำหนักแห้งของกระถินณรงค์ทั้งที่ยังไม่ได้ผ่านการปรับปรุงพันธุ์และกระถินณรงค์ที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์มาแล้ว รวมถึงกระถินลูกผสมที่นำไปทดลองปลูกในพื้นที่ต่าง ๆ พบว่าส่วนใหญ่มีค่าน้ำหนักแห้ง (มวลชีวภาพ) ต่ำกว่ามวลชีวภาพในการศึกษาครั้งนี้ (ตารางที่ 16) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการทดลองปลูกในการศึกษาต่าง ๆ ทำการทดลองปลูกเพื่อวัตถุประสงค์เพื่อทำชีวมวลจึงปลูกด้วยระยะที่ค่อนข้างแคบ รวมถึงนำไปทดลองปลูกในพื้นที่ที่ค่อนข้างแห้งแล้งและเสื่อมโทรม เพื่อวัตถุประสงค์ในการทดลองความทนทานและมุ่งสู่การปรับปรุงดิน ในขณะที่การศึกษาในครั้งนี้ทำการปลูกด้วยกระถินณรงค์ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์โดยกรมป่าไม้ มีการดูแลรักษาโดยเกษตรกรซึ่งได้รับคำแนะนำจากเจ้าหน้าที่ของกรมป่าไม้ (สถานีวนวัฒนวิจัยแม่กา, จังหวัดพะเยา) ซึ่งวัตถุประสงค์ในการปลูกมิใช่เพื่อเป็นเชื้อเพลิง แต่มุ่งเป็นไม้โครงสร้าง นอกจากจากสภาพพื้นที่ปลูกโดยรวมเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการทำการเกษตร ทำให้การเติบโตของต้นไม้สูงกว่าที่อื่น

ตารางที่ 16 ปริมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินรวมในการศึกษาครั้งนี้กับการศึกษาที่ผ่านมาในประเทศไทย

กระถินณรงค์ (เมล็ดทั่วไป/ไม่ได้ปรับปรุงพันธุ์)	กระถินณรงค์	กระถินลูกผสม	อายุ (ปี)	จังหวัด	ที่มา
58.49	117.11	80.94	3	เชียงราย	การศึกษาครั้งนี้
3.95	-	-	3	ราชบุรี	สรายุทธ (2532)
	15.36	39.90	3	กำแพงเพชร	มะลิวัลย์ และคณะ (2554)
	33.87	32.08	3	ขอนแก่น	มะลิวัลย์ และคณะ (2554)
	35.53	26.77	3	ฉะเชิงเทรา	มะลิวัลย์ และคณะ (2554)
	23.21	35.82	3	กาญจนบุรี	มะลิวัลย์ และคณะ (2554)
	31.29	36.43	3	สระแก้ว	มะลิวัลย์ และคณะ (2554)
	7.60	6.70	4	สระแก้ว	จิรนิติ และคณะ (2559)
	3.32	4.02	4	กาญจนบุรี	ฤกษ์พงษ์ และคณะ (2559)
		6.23	3	ปราจีนบุรี	เอกพงษ์ และคณะ (ม.ป.ป.)

การศึกษามวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในต่างประเทศ พบว่า การศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดินในฟิลิปปินส์ พบว่ากระถินณรงค์อายุ 10 ปี มีมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้เท่ากับ 64.10 ตันต่อเฮกตาร์ และ 29.50 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และเมื่ออายุ 20 ปี มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนเพิ่มเป็น 149.25 ตันต่อเฮกตาร์ และ 68.65 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Combalicer *et.al.*, 2011) กระถินลูกผสมในประเทศเวียดนาม (Ba Ria Vung Tau Province) อายุ 2-6 ปี การศึกษาพบว่ามีมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนแตกต่างกันไปตามอายุ โดยน้ำหนักสด มีค่าระหว่าง 28.8 ตันต่อเฮกตาร์ถึง 259.5 ตันต่อเฮกตาร์ น้ำหนักแห้งมีค่าระหว่าง 12.7 ตันต่อเฮกตาร์ถึง131.2 ตันต่อเฮกตาร์ การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปีมีค่าเท่ากับ 11.7 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ถึง 40.1 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี (Bao and Phuc, 2019) การศึกษามวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนส่วนเหนือพื้นดินของกระถินเทพา อายุ 4 ปี จำนวน 36 ต้น มีค่าเท่ากับ 55.08 ตันต่อเฮกตาร์ และ 26.29 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Cuong *et.al.*, 2020) ในประเทศอินโดนีเซีย กระถินลูกผสม อายุ 6 ปี มีมวลชีวภาพส่วนเนื้อไม้เฉลี่ยเท่ากับ 37.85 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งมีค่าพลังงานที่มีศักยภาพเพียงพอสำหรับการเป็นพลังงานชีวมวล (Sunarti *et.al.*, 2020)

การกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เนื่องจากไม้สกุลอะเคเซียเป็นไม้โตเร็ว และเป็นพืชตระกูลถั่วที่ช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติดิน นอกจากนี้ในหลายประเทศได้ให้ความสำคัญของการปลูกไม้สกุลอะเคเซียเพื่อกักเก็บคาร์บอนหรือตอบสนองต่อเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นเหตุผลหนึ่งสำหรับการส่งเสริมและสนับสนุนให้ปลูกทั้งเพื่อการฟื้นฟูป่าหรือพื้นที่เสื่อมโทรม เนื่องจากสามารถปลูกได้ในที่มีสภาพที่หลากหลาย (Gaiwa *et.al.* 2019; Shalini, 2020; Plant Health Australia Ltd, 2021; Alland and Robert, 2025) ดังนั้นการส่งเสริมการปลูกกระถินณรงค์ กระถินลูกผสมของกรมป่าไม้ นอกจากเพื่อประโยชน์หลักทางเศรษฐกิจจากเนื้อไม้ เพื่อทำไม้โครงสร้าง เฟอร์นิเจอร์ ผลิตภัณฑ์จากไม้ ชิ้นไม้สับ (สำหรับอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ) วัตถุดิบเชื้อเพลิงชีวมวล อาหารสัตว์จากใบ และอื่น ๆ แล้ว การเป็นส่วนหนึ่งของการบรรลุเป้าหมายการเพิ่มพื้นที่กักเก็บและดูดกลับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคป่าไม้ให้ได้ 120 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยมีเป้าหมายเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและบรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Net Zero) รวมไปถึงการซื้อขายคาร์บอนเครดิต เป็นส่วนสำคัญที่เป็นแรงจูงใจในการปลูกของเกษตรกรและประชาชนทั่วไปด้วย

จากผลการศึกษาน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ รวมทั้งส่วนเหนือพื้นดินทั้งหมด เมื่อนำมาคำนวณหาการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ผลการศึกษาปรากฏว่าส่วนลำต้นจะมีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนมากกว่าส่วนอื่น ๆ กระถินลูกผสม SR มีค่าสูงที่สุดในทุกส่วน โดยส่วนลำต้น ใบ กิ่ง และส่วนเหนือพื้นดิน เท่ากับ 12.06 ตันคาร์บอนต่อไร่ 3.69 ตันคาร์บอนต่อไร่ 4.13 ตันคาร์บอนต่อไร่ และ 19.88 ตันคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ รองลงไปได้แก่ กระถินลูกผสม CP และ กระถินณรงค์ ปม.3-1 ที่มีการกักเก็บคาร์บอนส่วนเหนือพื้นดินเท่ากับ 16.68 ตันคาร์บอนต่อไร่ และ 14.92 ตันคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 17) โดยการกักเก็บคาร์บอนในส่วนลำต้นของกระถินทุกสายพันธุ์ คิดเป็นร้อยละ 61.74 ในขณะที่ใบและกิ่ง คิดเป็นร้อยละ 17.53 และร้อยละ 20.73 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการกักเก็บคาร์บอนส่วนเหนือพื้นดินของกระถินณรงค์ และกระถินลูกผสม คิดเป็น 1.40 เท่า และ 1.99 เท่าของกระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป ในขณะที่กระถินลูกผสมคิดเป็น 1.42 เท่าของกระถินณรงค์ของกรมป่าไม้

ตารางที่ 17 การกักเก็บคาร์บอนของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป

สายพันธุ์	การกักเก็บคาร์บอน (ตันคาร์บอนต่อไร่)			
	ลำต้น	ใบ	กิ่ง	ส่วนเหนือพื้นดิน
เมล็ดทั่วไป	5.71	1.55	1.90	9.16
ปม.3-1	9.22	2.61	3.09	14.92
ปม.3-2	7.82	2.21	2.63	12.66
ปม.3-3	7.35	2.05	2.46	11.86
ปม.3-4	8.05	2.22	2.68	12.96
ปม.3-5	6.89	1.83	2.28	11.00
CP	10.26	2.96	3.46	16.68
SR	12.06	3.69	4.13	19.88
เฉลี่ย	8.42	2.39	2.83	13.64
เฉลี่ยเมล็ดทั่วไป	5.71	1.55	1.90	9.16
เฉลี่ยกระถินลูกผสม	11.16	3.33	3.80	18.28
เฉลี่ยกระถินณรงค์	7.96	2.22	2.66	12.84

กระถินลูกผสมและกระถินณรงค์ทุกสายพันธุ์พบว่ามีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยเฉลี่ยของส่วนลำต้น ใบ กิ่ง และส่วนเหนือพื้นดินทั้งหมด เท่ากับ 30.88 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ 8.77 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ 10.37 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่

และ 50.02 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ ตามลำดับ โดยกระถินลูกผสม SR มีค่าสูงที่สุดในทุกส่วน โดยส่วนลำต้น ใบ กิ่ง และส่วนเหนือพื้นดิน เท่ากับ 44.21 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ 13.54 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ 15.14 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ และ 72.89 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ ตามลำดับ รองลงไปได้แก่ กระถินลูกผสม CP และ กระถินณรงค์ ปม.3-1 ซึ่งความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนเหนือพื้นดินรวมทั้งหมดเท่ากับ 61.18 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ และ 54.71 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ ตามลำดับ ในขณะที่กระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไปมีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนเหนือพื้นดินรวมทั้งหมดน้อยที่สุดคือ 33.60 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ (ตารางที่ 18) โดยรวมแล้วกระถินลูกผสมและกระถินณรงค์อายุ 3 ปี ที่ปลูกในพื้นที่ศึกษาทุกสายพันธุ์รวมกัน (ขนาด 4.68 ไร่) ส่วนเหนือพื้นดินทั้งหมดสามารถกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ได้เท่ากับ 703.10 ตันคาร์บอนไดออกไซด์

ตารางที่ 18 การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป

สายพันธุ์	การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตัน CO_2 ต่อไร่)			
	ลำต้น	ใบ	กิ่ง	ส่วนเหนือพื้นดิน
เมล็ดทั่วไป	20.95	5.70	6.95	33.60
ปม.3-1	33.80	9.57	11.35	54.71
ปม.3-2	28.68	8.12	9.63	46.43
ปม.3-3	26.96	7.51	9.01	43.49
ปม.3-4	29.52	8.15	9.84	47.51
ปม.3-5	25.27	6.72	8.34	40.33
CP	37.64	10.85	12.69	61.18
SR	44.21	13.54	15.14	72.89
เฉลี่ย	30.88	8.77	10.37	50.02
เฉลี่ยเมล็ดทั่วไป	20.95	5.70	6.95	33.60
เฉลี่ยกระถินลูกผสม	40.92	12.19	13.92	67.03
เฉลี่ยกระถินณรงค์	28.85	8.01	9.63	46.50

การศึกษาของ Kalita *et. al.* (2016) พบว่าสวนป่าอะเคเซียมีประสิทธิภาพสูงในการลดก๊าซเรือนกระจก โดยแปลงปลูกกระถินณรงค์อายุ 14 ปี ความหนาแน่น 720 ต้นต่อเฮกตาร์ ประเทศอินเดีย สามารถกักเก็บคาร์บอน 229.48 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ หรือ 16.39 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีค่าต่ำกว่ากระถินจากเมล็ดทั่วไป (70 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี) กระถินณรงค์ (96.88 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี) และกระถินลูกผสม (138.65 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี) และเมื่อเปรียบเทียบกับยูคาลิปตัส ซึ่งเป็นไม้โตเร็วเช่นเดียวกัน พบว่า จากผลการศึกษามีค่าการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ที่อายุ 3 ปีเท่ากัน สูงกว่ายูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในสวนป่าของเกษตรกรในภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งกักเก็บคาร์บอนได้ 4.10 ตันคาร์บอนต่อไร่ และดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 15.05 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ (สยามและปนัดดา, 2527)

ในขณะที่ผลการศึกษานี้ที่แสดงค่าการสะสมคาร์บอนในกระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป กระถินณรงค์ลูกผสม และกระถินลูกผสม มีค่า 57.25 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ 80.25 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และ 114.25 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าสูงกว่าสวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 3 ปี ณ สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น มีการสะสมคาร์บอนรวม 64.70 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ (วสันต์ และคณะ, 2553) และการกักเก็บคาร์บอนในส่วนเหนือพื้นดินทั้งหมดของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่า อายุ 3 ปี ที่จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 24.78 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ (ชลธิดา และธิติ, 2550) ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการปลูกกระถินณรงค์ลูกผสมและกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้ จะสามารถช่วยในการกักเก็บคาร์บอนและดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เป็นอย่างดี ซึ่งในการปลูกไม้สกุลอะเคเซียเพื่อพลังงานชีวมวลเชิงพาณิชย์ซึ่งจะมีความสำคัญมากขึ้น ไม้สกุลอะเคเซียนอกจากจะสามารถปลูกและเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีธาตุอาหารในดินจำกัดหรือดินที่เสื่อมโทรม ยังมีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกได้อีกด้วย

สมการสำหรับประมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้สมการที่ใช้เพียงค่า DBH เพียงปัจจัยเดียวได้ (ไม่ต้องใช้ค่าความสูง) เพื่อความสะดวกต่อเกษตรกรหรือประชาชนทั่วไป และนักวิจัย ที่สามารถเองได้ด้วยสายวัดธรรมดา อีกทั้งยังเป็นการลดภาระการวัดความสูง ซึ่งต้องใช้เครื่องมือที่มีความแม่นยำ อาจเกิดความผิดพลาดได้ง่าย และเมื่อทำการทดสอบค่าทางสถิติแล้วพบว่า กระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป สามารถใช้สมการเดียวกันได้ ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการใช้งาน จึงได้จัดทำตารางแสดงน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินจากเมล็ดทั่วไป จากสมการที่ใช้ขนาดความโตเป็นปัจจัยเดียว ทั้งนี้ได้ทำการปรับค่าจากเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเป็นค่าเส้นรอบวง

เพียงอก (เส้นรอบวงที่ระดับ 1.30 เมตร จากพื้นดิน, เซนติเมตร) (ตารางผนวกที่ 1-3) ที่สามารถวัดด้วยสายวัดธรรมดาได้ด้วยแล้ว เพื่อความสะดวกต่อการนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อให้เกษตรกรสามารถประมาณผลผลิตจากสวนป่าของตัวเองทั้งในเรื่องน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง รวมไปถึงหากต้องการเป็นส่วนหนึ่งของการลดภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สามารถได้ข้อมูลความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรืออาจไปสู่การซื้อขายคาร์บอนเครดิตต่อไปได้อีกด้วย

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาพบว่ากระถินณรงค์ กระถินลูกผสม และกระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป เมื่ออายุ 3 ปี สรุปผลการศึกษาได้ ดังนี้

1. การศึกษาการเติบโตและการรอดตาย พบว่า กระถินลูกผสม (SR) มีการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกสูงที่สุด แต่กระถินลูกผสมสายพันธุ์ CP มีการรอดตายสูงที่สุด ในขณะที่กระถินณรงค์ของกรมป่าไม้ (ปม.3-1) มีการเติบโตทางด้านความสูงมากที่สุด โดยภาพรวมแล้วกระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไปมีการเติบโตน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกระถินลูกผสม และกระถินณรงค์ของกรมป่าไม้ ดังนั้นในด้านการเติบโตกรมป่าไม้ควรส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกกระถินลูกผสมและกระถินณรงค์ของกรมป่าไม้ อย่างไรก็ตาม กระถินณรงค์สายพันธุ์ ปม.3-2 และ ปม.3-3 มีการรอดตายต่ำกว่าสายพันธุ์อื่น การนำไปปลูกต้องมีการดูแลรักษาอย่างดี

2. สมการสำหรับการประเมินผลผลิตในรูปของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของกระถินทั้ง 8 สายพันธ์พบว่ามีความสัมพันธ์กับตัวแปร DBH และความสูง ($DBH^2.H$) ในรูปแบบของสมการยกกำลัง และในการศึกษานี้ได้หาความสัมพันธ์โดยใช้ค่า DBH เป็นตัวแปรอิสระเพียงค่าเดียว เพื่อให้เกษตรกรหรือประชาชนทั่วไปสามารถตรวจวัดค่าความโตของต้นไม้ในแปลงด้วยตัวเอง โดยไม่ต้องทำการวัดความสูง ซึ่งอาจทำได้ยาก หรือต้องใช้เครื่องมืออุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสมการที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดค่อนข้างสูง ($R^2 > 0.80$) สามารถนำไปใช้ประมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งได้ และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ตามวิธีของ Zar (1974) ของข้อมูลจากทั้ง 8 สายพันธุ์ พบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของค่า Slope และ Elevation จึงสามารถรวมสมการ (Pooled) ของทุกสายพันธุ์เข้าด้วยกัน แล้วจึงนำมาสร้างสมการสำหรับประมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของกระถินทุกสายพันธุ์ได้

3. ผลผลิตในรูปแบบของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของกระถิน 8 สายพันธุ์พบว่า น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนลำต้นเป็นส่วนที่มีค่าสูงที่สุด โดยกระถินลูกผสม (SR) มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งทั้งต่อต้นและต่อพื้นที่สูงกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ ในขณะที่กระถินณรงค์และกระถินลูกผสมมีค่าของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงกว่ากระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไปกระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป ซึ่งมีค่าต่าง ๆ ต่ำที่สุด ในขณะที่กระถินณรงค์ของกรมป่าไม้ทั้ง 5 สายพันธุ์ (ปม.3-1 ถึง ปม.3-5) พบว่า ปม.3-1 มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของทุกส่วนสูงกว่ากระถินณรงค์ของกรมป่าไม้สายพันธุ์อื่น การ

ปลูกไม้อะเคเซีย เพื่อประโยชน์ทางด้านพลังงานสามารถเลือกกระถินลูกผสม (SR และ CP) และกระถินณรงค์ของกรมป่าไม้ (ปม. 3-1 และ ปม. 3-2) ได้ เนื่องจากมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งที่ปริมาณสูงกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ

4. การกักเก็บคาร์บอนและความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า กระถินลูกผสม SR มีค่าสูงที่สุดในทุกส่วน รองลงไปได้แก่ กระถินลูกผสม CP และ กระถินณรงค์ ปม.3-1 ในขณะที่กระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไปมีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนเหนือพื้นดินรวมทั้งหมดน้อยที่สุด โดยการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนเหนือพื้นดินของกระถินลูกผสมและกระถินณรงค์คิดเป็น 1.99 เท่า และ 1.38 เท่าของกระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป

5. ในพื้นที่ทั้งหมดจากการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งมีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 4.68 ไร่ มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือพื้นดิน รวมทั้งสิ้น 777.68 ตัน และ 407.99 ตัน และสามารถกักเก็บคาร์บอนและดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของส่วนเหนือพื้นดินทั้งหมดได้เท่ากับ 191.75 ตันคาร์บอน และ 703.10 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษานี้เป็นการศึกษาในแปลงของเกษตรกร จึงมีการดูแลและจัดการอาจแตกต่างจากข้อมูลในแปลงทดลองของกรมป่าไม้ หรือแปลงที่ปลูกและดูแลโดยหน่วยงานภาครัฐ แต่เนื่องจากเป็นเพียงพื้นที่ศึกษาในจังหวัดเดียว จึงควรมีการศึกษาในแปลงปลูกของเกษตรกรรายอื่นให้หลากหลายพื้นที่ เพื่อให้ทราบถึงสายพันธุ์ที่เหมาะสมที่กรมป่าไม้ควรส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก รวมทั้งควรมีการศึกษาในระยะยาว เพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่ครอบคลุมวัตถุประสงค์ในการปลูก เช่น เพื่อวัตถุป้อนโรงงานพลังงานชีวมวล ผลิตเป็นชิ้นไม้สับ หรือเพื่อเป็นไม้โครงสร้าง รวมไปถึงการขายคาร์บอนเครดิตในระหว่างที่รอการตัดฟันไปใช้ประโยชน์

2. การดูแลรักษาสวนป่าด้วยการลิดกิ่ง มีความจำเป็นในกรณีที่ต้องการไม้ขนาดใหญ่ เพื่อประโยชน์สำหรับไม้โครงสร้าง ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของกิ่งกับความโตของต้นไม้มีค่าไม่สูง ส่งผลให้สมการสำหรับประมาณมวลชีวภาพส่วนของกิ่งได้ค่า R^2 ต่ำ อย่างไรก็ตามสามารถใช้สมการสสำหรับประมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินทั้งหมดแทนได้

3. ควรมีการศึกษาถึงปริมาตรและสร้างสมการประมาณปริมาตรของลำต้นจากขนาดความโตของกระถินลูกผสม และกระถินณรงค์ของกรมป่าไม้ อายุเกิน 7 ปี เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการนำไปวางแผนการแปรรูปเพื่อนำไปใช้เป็นไม้โครงสร้างและไม้สำหรับทำผลิตภัณฑ์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมป่าไม้. 2567. **กระถินณรงค์ ชนิดไม้มีค่า**. แหล่งที่มา: https://site-matching.forest.go.th/plant.php?id=7, 16 มกราคม 2567.

จรูญ สุขเกษม, ชวลิต ชโลธร, ดุสิต มานะจุติ และกนิษฐา เอื้องสวัสดิ์. 2537 การเจริญและผลผลิตของกระถินณรงค์และกระถินยักษ์ในจังหวัดเชียงใหม่. **วารสารเกษตร** 10(3): 226-234.

จิรนิติ เชิงสะอาด, รุ่งเรือง พูลศิริ และสาพิศ ดิลกสัมพันธ์. 2559. การเติบโ มวลชีวภาพและปริมาณสารอาหารของสายต้นไม้อะเคเซียลูกผสมในจังหวัดสระแก้ว. **วารสารวนศาสตร์** 35(2): 54-65.

ชลธิดา เชิญขุนทด และธิติ วิสารัตน์. 2550. การเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล่าแต่ละช่วงอายุ, น. 747-754. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธนาภา เทพชาตรี, สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ และมะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันติ์. 2561. การแปรผันระหว่างสายต้นของการเติบโตและลักษณะเชิงหน้าที่บางประการของใบกระถินลูกผสม ณ อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่. **วารสารวนศาสตร์** 37(1): 84-95.

ธำรง ชินสุขใจประเสริฐ, ชัยรัตน์ ชยามฤต และสมาน รวยสูงเนิน. 2532. มวลชีวภาพะและผลผลิตไม้ฟืนของไม้กระถินยักษ์ กระถินณรงค์ และแอปเปิ้ลป่า อายุ 5 ปี ที่หน่วยพัฒนาต้นน้ำที่ 32 (ดอยมูเซอร์) จังหวัดตาก. **วารสารวนศาสตร์** 8: 144-154.

บุลกิจ แสวงผล, พิชิต ลำใย, สมพร แม่ลิ่ม และชลเทพ บัวแก้ว. 2564. แบบจำลองการเติบโต และผลผลิต ของยูคาลิปตัส สายพันธุ์ K7 และ K62 อายุ 4 ปี ณ สวนป่าสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว. **วารสารวนศาสตร์ไทย** 40(2): 187-203.

พงษ์ศักดิ์ สหุนาพุ. 2521. **การเจริญเติบโตของต้นไม้**. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มะลิวัลย หฤทัยธนาสันติ์, เกษม หฤทัยธนาสันติ์, เอกพงษ ธนะวัติ, ศักดา พรมเลิศ และ เอกชัย บายแสง จันทร. 2553. ศักยภาพของกระถินยักษยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินเทพณรงคในการปลูก เปนสวนปาพืชพลังงาน, น. 579-586. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร ครั้งที่ 48: สาขาพืช.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร, กรุงเทพฯ.

ฤกษ์พงษ์ โคตรมา, รุ่งเรือง พูลศิริ และมะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันติ์. 2559. มวลชีวภาพเหนือดิน และปริมาณธาตุอาหารในไม้อะเคเซียลูกผสมสายต้นต่าง ๆ ที่ปลูกในดินเสื่อมโทรม จังหวัดกาญจนบุรี. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า** 34(2): 21-30.

วสันต์ จันทร์แดง, ลดาวัลย์ พวงจิตร และสาพิศ ดิลกสัมพันธ์. 2553. การกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัส ณ สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น. **วารสารวนศาสตร์** 29(3): 36-44.

วาโย ฟาร์ม. 2567. **กระถินเทพณรงค์ (ลูกผสมระหว่างกระถินเทพา + กระถินณรงค์)**. แหล่งที่มา: https://farm.vayo.co.th/blog/acacia-auriculiformis-a-cunn-ex-benth/#, 22 มกราคม 2567.

วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง. 2556. **เอกสารเผยแพร่ เรื่อง การปรับปรุงพันธุ์ไม้เศรษฐกิจโตเร็วเพื่อเกษตรกรและชุมชน**. สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 32 น.

วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง และ อี อาร์ วิลเลียม. 2533. การประเมินผลอิทธิพลร่วมของชนิดพันธุ์ไม้และท้องที่ของการทดลองปลูกพันธุ์ไม้ออสเตรเลีย. **วารสารวนศาสตร์** 9(2): 107-120.

วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง, คงศักดิ์ ภิญโญภูษาฤกษ์, เกียรติก้อง พิตรปรีชา, อภิสิทธิ์ สิมศิริ และบพิตร เกียรติวุฒินนท์. 2538. ผลเบื้องต้นของการทดสอบสายพันธุ์ไม้กระถินณรงค์. **วารสารวนศาสตร์** 14: 81-93.

วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง, K. Pinyopusarerk, สุรชัย ปราณศิลป์ และพรศักดิ์ มีแก้ว. 2542. **ลักษณะสายพันธุ์รุ่นที่สองของการปรับปรุงพันธุ์ไม้กระถินณรงค์**. เอกสารผลงานวิจัย กลุ่มปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่า ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สยาม อรุณศรีมรกต และปนัดดา เจียมวงษา. 2527. ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. **Journal of Agr. Research & Extension** 27(2): 43-52.

สรายุทธ บุณยะเวชชีวิน. 2532. ผลผลิตปฐมภูมิสุทธิส่วนเหนือพื้นดิน ผลผลิตไม้ฟืนและคุณสมบัติของถ่านของพันธุ์ไม้ 5 ชนิด. **วารสารวนศา**สตร์ 8: 60-69

สาพิศ ร้อยอำแพง. 2545. การเจริญเติบและลักษณะทางสรีวิทยาของลูกผสมไม้กระถินณรงค์และกระถินเทพา, น. 370-382 *ใน* **รายงานสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 7 “วนวัฒนวิทยาเพื่อพัฒนาสวนป่าเศรษฐกิจ”**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ห้องสมุดประชาชนอำเภอพาน. 2568. ข้อมูลพื้นฐานอำเภอพาน. แหล่งที่มา: https://libphan.blogspot.com/p/blog-page_47.html, 25 มกราคม 2567

องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้. 2562. **สรุปผลการดำเนินโครงการวิจัย ในพื้นที่สวนป่าองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ประจำปี 2562**. แหล่งที่มา : http://www.fio.co.th/fio/km/docKM62/P621212_km_04.pdf, 25 มกราคม 2567.

องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้. 2565. **สรุปผลการดำเนินโครงการวิจัย ในพื้นที่สวนป่าองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ประจำปี 2565**. แหล่งที่มา: https://www.fio.co.th/km/km/km2565/Y651208.pdf, 25 มกราคม 2567.

เอกพงษ์ ธนะวัติ, มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันติ์, ลดาวัลย์ พวงจิตร, บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์ และเกษม หฤทัยธนาสันติ์. ม.ป.ป. การกักเก็บธาตุอาหารในมวลชีวภาพเหนือดิน และการคืนกลับธาตุอาหารในสวนป่าไม้โตเร็วที่ปลูกเพื่อผลิตพลังงานชีวมวล. น. 616-623. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

Adam, N.S. and I. Jusoh. 2018. Allometric Model for Predicting Aboveground Biomass and Carbon Stock of Acacia Plantations in Sarawak, Malaysia. **BioResources** 13(4): 7381-7394.

Alland and Robert. 2025. **Protecting the African lands and Acacia tree forests**. Available source: https://www.allandetrobert.com/corporate-responsibility/protecting-the-african-environnement/13, July 13, 2025.

Ambrose, E. 2017, **Growth and Yield of Acacia hybrid Trial Plots at Model Planted Forest in Sabal Reserve**. Final Year Project Report. Available source: http://ir.unimas.my/id/eprint/27839, January 25, 2025.

Bao T.Q. and V.T. Phuc. 2019. **Biomass and CO_2 sequestration of Acacia hybrid plantation in Ba Ria Vung Tau Province**. Available source : https://env.vnuf.edu.vn/documents/436534/13588340/8.TranQuangBao.pdf, January 31, 2025.

Boland, D.J., K. Pinyopusarerk, M.W. Mc Donald, T. Javanovic and T.H. Booth. 1990. The natural habitat of *Acacia auriculiformis* and factors associated with its distribution. **Journal of Tropical Forest Science** 3(2): 159-180. อ้างใน วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง, คงศักดิ์ ภิญโญภูษาฤกษ์, เกียรติก้อง พิตรปรีชา, อภิสิทธิ์ สิมศิริ และบพิตร เกียรติวุฒินนท์. 2538. ผลเบื้องต้นของการทดสอบสายพันธุ์ไม้กระถินณรงค์. **วารสารวนศาสตร์** 14: 81-93.

Chittachumnonk, P. and S. Sirilak. 1990. Performance of Acacia species in Thailand, **Thai J. For.** 9: 203-211.

Cienciala, E., Černý, M., Tatarinov, F., Apltauer, J., and Exnerová, Z. 2006. Biomass functions applicable to Scots pine. **Trees** 20: 483-495.

Combalicer, M.S., D.K. Lee, S.Y. Woo, P.S. Park, K.W. Lee, E.L. Tolentino, E.A. Combalicer, Y.K. Lee and Y.D. Park. 2011. Aboveground biomass and productivity of nitrogen-fixing tree species in the Philippines. **Scientific Research and Essays** 6(27): 5820-5836.

Cuong, L., B. Hung, O.T. Bolanle-Ojo, X. Xu, N. Thanh, L. Chai, N. Legesse, J. Wang and B. Thang. 2020. Biomass and carbon storage in an age-sequence of *Acacia mangium* plantation forests in Southeastern region, Vietnam. **Forest Systems** 29(2): 1-16.

Doan, T.N.M., V.M. Vu, I. Ruano and F. Bravo. 2025. **Disentangling the relationship of aboveground biomass, structure and tree diversity in a mixed Acacia plantation in Northern Vietnam**. Available source: https://link.springer.com/article/10.1007/s10342-025-01776-3, April 17, 2025.

Gaiwa, D., A. Ibrahima, Tchobsala, N.V. Noiha, and M.N. Djangrang. 2019. Comparison of carbon stocks in Acacia senegal and Acacia seyal stands in Chari - Baguirmi region (Chad). **Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.** 6(2): 195-203

Ha N.T., T.Q. Bao, T.T. Ngoan, N.T. Hoa, N.V. Dung and N.V.Phu. 2021. **Journal of Forestry Science and Technology** 12: 70-80.

Kalita, R.M., M. Rahman, B. Borogayary, A.K. Das and A.J. Nath. 2016. **Carbon storage potential of Acacia plantation: A viable option for climate change mitigation**. Conferenc paper: June 2016. Available source: https://www.researchgate.net/publication/316186425, April 17, 2025.

Kira, T. and T. Shidei. 1967. Primary production and turn over of organic matter in different forest ecosystems of the Western Pacific. **The Ecological Society of Japan** 17(2): 70-87.

Kittredge, J. 1944. Estimation of amount of foliage of trees and stands. **J.For.** 42: 905-912. cited by Pardé, J. and H.C. Hitchcock. 1980. Forest biomass. **Forestry Abstracts** 41(8), 343-362.

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

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.

Maslin B., L.Thomson and D.J. Mabberley. 2019. Acacia × mangiiformis hybrida nova (Leguminosae: Mimosoideae), a wattle of commercial importance in Asia. **Telopea 22**: 161-167.

Ndimubenchi, I. A., N. M. Assani, G. I. Mugisho and J. K. Mukirania. 2023. Allometry and Aboveground Biomass of *Acacia auriculiformis* A. Cunn.ex Benth Based Agroforestry Systems in Yangambi Landscape, Democratic Republic of Congo. **East African Journal of Environment and Natural Resources**, 6(1), 136-150.

Ngoan, T.T., N.T. Chung, T.H. Nguyen, D.T.T.Duong and N.T.Vu. 2023. Models for biomass expansion factor of acacia hybrid (*A. auriculiformis* A. mangium*) plantations in the Southern region, Vietnam. **Journal of Forestry Science and Technology** 8(2):138-146.

Ogawa, H. and T. Kira. 1977. Methods of estimating forest biomass. In Primary productivity of Japanese forest (ed. Shidei, T. and T. Kira). **JIBP synthesis** 16, University of Tokyo Press, Tokyo : 29-35. อ้างใน ธำรง ชินสุขใจประเสริฐ, ชัยรัตน์ ชยามฤต และสมาน รวยสูงเนิน. 2532. มวลชีวภาพะและผลผลิตไม้ฟืนของไม้กระถินยักษ์ กระถินณรงค์ และแอปเปิ้ลป่า อายุ 5 ปี ที่หน่วยพัฒนาต้นน้ำที่ 32 (ดอยมูเซอร์) จังหวัดตาก. **วารสารวนศาสตร์** 8: 144-154.

Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogina and T. Kira. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand II. Plant biomass. **Natural and life in Southeast Asia** 4: 49-80. อ้างใน ธำรง ชินสุขใจประเสริฐ, ชัยรัตน์ ชยามฤต และสมาน รวยสูงเนิน. 2532. มวลชีวภาพะและผลผลิตไม้ฟืนของไม้กระถินยักษ์ กระถินณรงค์ และแอปเปิ้ลป่า อายุ 5 ปี ที่หน่วยพัฒนาต้นน้ำที่ 32 (ดอยมูเซอร์) จังหวัดตาก. **วารสารวนศาสตร์** 8: 144-154.

Pardé, J. and H.C. Hitchcock. 1980. Forest biomass. **Forestry Abstracts** 41(8), 343-362.

Pinyopusarerk, K., E.R. William and D.J. Boland. 1991. Geographic variation is seedling morphology of *Acacia auriculiformis* A. Cunn., ex Benth. Aust. **Journal of Botany**. 39 : 247-260. อ้างใน วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง, คงศักดิ์ ภิญโญภูษาฤกษ์, เกียรติก้อง พิตรปรีชา, อภิสิทธิ์ สิมศิริ และบพิตร เกียรติวุฒินนท์. 2538. ผลเบื้องต้นของการทดสอบสายพันธุ์ไม้กระถินณรงค์. **วารสารวนศาสตร์** 14: 81-93.

Plant Health Australia, Ltd. 2021. **Environmental Risk Mitigation Plan for Australian Acacia Species** (version 1.1). Plant Health Australia, Canberra, ACT.

Proces, P. E. Dubiez, F. Bisiaux and A. Péroches. 2017. ***Acacia auriculiformis* production in the Mampu agroforestry zone on the Batéké plateau, Democratic Republic of Congo**. BOIS & FORETS DES TROPIQUES. Available source: https://www.researchgate.net/publication/322616925_Acacia_auriculiformis_production_in_the_Mampu_agroforestry_zone_on_the_Bateke_plateau_Democratic_Republic_of_Congo, April 17, 2025.

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

Sampson, R.N. 1992. Forestry opportunities in the United States to mitigate the effects of global warming. **Water, Air and Soil Pollution** 64: 157-180. cited by Samporn, R.N., M.S. Smith and S.B. Gann. 2001. **Western Forest Health and Biomass Energy Potential: A Report to the Oregon Office of Energy.** The Sampson Group, Inc., Virginia. 63 p.

Satoo, T. and Senda. 1958. Materials for studies of growth in stand IV. Amount of leaves and production of wood in young plantation of *Chameacypanis obtus.* **Bull. Tokyo Univ. For.** 54:7-100. อ้างใน ฤกษ์พงษ์ โคตรมา, รุ่งเรือง พูลศิริ และมะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันติ์. 2559. มวลชีวภาพเหนือดิน และปริมาณธาตุอาหารในไม้อะเคเซียลูกผสมสายต้นต่าง ๆ ทีปลูกในดินเสื่อมโทรม จังหวัดกาญจนบุรี. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า** 34(2) : 21-30.

Schmerbeck, J. and N. Niyati. 2014. ***Acacia auriculiformis***. Available source: https://www.researchgate.net/figure/Area-of-natural-distribution-of-Acacia-auriculiformis-and-countries-where-it-is_fig2_272354489, April 17, 2025

Shalini, T. 2020. Acacia nilotica: A multipurpose tree species for climate resilience. **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci** Special Issue-11: 1865-1869

Sunarti, S. A. Nirsatmanto, N.K. Kartikawati, A.I. Putri, T. Herawan, L. Haryjanto, F. Lestari, A. Rimbawanto, A. Ramdan and B. Herdyantara. 2022. Introducing a new variety of interspecific Acacia hybrid (*Acacia mangium* x *A. auriculaformis*) for renewable biomass energy. **International Conference on Sustainability Agriculture and Biosystem**. Doi:10.1088/1755-1315/1182/1/2020

Traoré, S., A. N. Djomo, A. K. N'guessan, B. Coulibaly, A. Ahoba, G. M. Gnahoua, É. K. N'guessan, C. Y. Adou Yao, J. K. N'Dja, and N. Z. Guédé. 2018. Stand Structure, Allometric Equations, Biomass and Carbon Sequestration Capacity of *Acacia mangium* Wild. (Mimosaceae) in Côte d'Ivoire. **Open Journal of Forestry**, 8, 42-60.

Tutiempo.net. 2025. **Climate Chiang Rai**. Available source: https://en.tutiempo.net/climate/ws-483030.html, April 17, 2025.

Wichiennopparat, W., T. Visaratana, C. Kuldelok, M. Wannapinit and V. Luangviriyasaeng. 2008. Effects of Soil Improvement on Growth of Acacia Plantation in Nakhon Ratchasima, Thailand. pp. 147-155. *In* **Proceedings of the FORTROP II: Tropical Forestry Change in a Changing World, 17-20 November, 2008**. Kasetsart University, Bangkok, Thailand.

Wongchai, W., A. Promwungkwa and W. Insuan. 2020. Above-ground Biomass Allometric Equation and Dynamics Accumulation of *Eucalyptus camaldulensis* and Acacia Hybrid Plantations in Northern Thailand. **International Journal of Renewable Energy Research** 10(4): 1664-1673

Zar, J.H. 1974. **Biostatistical Analysis**. Prentch-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. USA. 620 p.

Zianis, D., Muukkonen, P., Mäkipää, R., and Mecuccini, M. 2005. Biomass and stem volume equations for tree species in Europe. **Silva Fennica Monographs** 4: 1-63.

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1

ตารางน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
ของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสม ของกรมป่าไม้ ตามขนาดความโต

ตารางผนวกที่ 1 น้ำหนักสดของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้ ตามขนาดความโต

เส้นรอบวง * (เซนติเมตร)	น้ำหนักสดส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัมต่อต้น)	เส้นรอบวง * (เซนติเมตร)	น้ำหนักสดส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัมต่อต้น)
10.0	3.37	33.0	73.03
11.0	4.30	34.0	78.87
12.0	5.39	35.0	84.98
13.0	6.62	36.0	91.38
14.0	8.01	37.0	98.07
15.0	9.57	38.0	105.05
16.0	11.30	39.0	112.32
17.0	13.22	40.0	119.89
18.0	15.31	41.0	127.77
19.0	17.60	42.0	135.96
20.0	20.09	43.0	144.46
21.0	22.78	44.0	153.27
22.0	25.68	45.0	162.41
23.0	28.80	46.0	171.88
24.0	32.14	47.0	181.67
25.0	35.71	48.0	191.80
26.0	39.50	49.0	202.27
27.0	43.54	50.0	213.08
28.0	47.82	51.0	224.24
29.0	52.34	52.0	235.75
30.0	57.12	53.0	247.61
31.0	62.16	54.0	259.83
32.0	67.46	55.0	272.41

หมายเหตุ * คือขนาดเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

เส้นรอบวง * (เซนติเมตร)	น้ำหนักสดส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัมต่อต้น)	เส้นรอบวง * (เซนติเมตร)	น้ำหนักสดส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัมต่อต้น)
56.0	285.36	79.0	692.67
57.0	298.68	80.0	715.49
58.0	312.37	81.0	738.77
59.0	326.44	82.0	762.50
60.0	340.89	83.0	786.70
61.0	355.72	84.0	811.36
62.0	370.95	85.0	836.49
63.0	386.56	86.0	862.08
64.0	402.58	87.0	888.16
65.0	418.99	88.0	914.70
66.0	435.80	89.0	941.73
67.0	453.02	90.0	969.25
68.0	470.65	91.0	997.24
69.0	488.70	92.0	1,025.73
70.0	507.16	93.0	1,054.71
71.0	526.05	94.0	1,084.19
72.0	545.35	95.0	1,114.16
73.0	565.09	96.0	1,144.64
74.0	585.25	97.0	1,175.62
75.0	605.85	98.0	1,207.11
76.0	626.89	99.0	1,239.11
77.0	648.37	100.0	1,271.63
78.0	670.30	101.0	1,304.66

หมายเหตุ * คือขนาดเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

เส้นรอบวง * (เซนติเมตร)	น้ำหนักสดส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัมต่อต้น)	เส้นรอบวง * (เซนติเมตร)	น้ำหนักสดส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัมต่อต้น)
102.0	1,338.21	121.0	2,078.33
103.0	1,372.28	122.0	2,122.89
104.0	1,406.88	123.0	2,168.02
105.0	1,442.01	124.0	2,213.74
102.0	1,338.21	125.0	2,260.04
103.0	1,372.28	126.0	2,306.93
104.0	1,406.88	127.0	2,354.41
105.0	1,442.01	128.0	2,402.49
106.0	1,477.67	129.0	2,451.16
107.0	1,513.87	130.0	2,500.43
108.0	1,550.60	131.0	2,550.30
109.0	1,587.87	132.0	2,600.78
110.0	1,625.69	133.0	2,651.86
111.0	1,664.05	134.0	2,703.55
112.0	1,702.96	135.0	2,755.85
113.0	1,742.42	136.0	2,808.77
114.0	1,782.44	137.0	2,862.31
115.0	1,823.02	138.0	2,916.46
116.0	1,864.15	139.0	2,971.24
117.0	1,905.85	140.0	3,026.64
118.0	1,948.11		
119.0	1,990.95		
120.0	2,034.35		

หมายเหตุ * คือขนาดเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน

ตารางผนวกที่ 2 น้ำหนักแห้งของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้ ตามขนาดความโต

เส้นรอบวง * (เซนติเมตร)	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัมต่อต้น)	เส้นรอบวง * (เซนติเมตร)	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัมต่อต้น)
10.0	1.68	33.0	37.59
11.0	2.15	34.0	40.63
12.0	2.70	35.0	43.81
13.0	3.33	36.0	47.14
14.0	4.03	37.0	50.63
15.0	4.83	38.0	54.27
16.0	5.71	39.0	58.06
17.0	6.69	40.0	62.02
18.0	7.76	41.0	66.14
19.0	8.93	42.0	70.42
20.0	10.21	43.0	74.87
21.0	11.59	44.0	79.48
22.0	13.08	45.0	84.27
23.0	14.69	46.0	89.23
24.0	16.41	47.0	94.37
25.0	18.25	48.0	99.69
26.0	20.21	49.0	105.18
27.0	22.30	50.0	110.86
28.0	24.51	51.0	116.73
29.0	26.85	52.0	122.78
30.0	29.33	53.0	129.02
31.0	31.94	54.0	135.45
32.0	34.70	55.0	142.08

หมายเหตุ * คือขนาดเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

เส้นรอบวง * (เซนติเมตร)	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัมต่อต้น)	เส้นรอบวง * (เซนติเมตร)	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัมต่อต้น)
56.0	148.90	79.0	364.67
57.0	155.92	80.0	376.80
58.0	163.15	81.0	389.19
59.0	170.57	82.0	401.82
60.0	178.20	83.0	414.70
61.0	186.03	84.0	427.83
62.0	194.07	85.0	441.22
63.0	202.33	86.0	454.85
64.0	210.79	87.0	468.75
65.0	219.48	88.0	482.90
66.0	228.37	89.0	497.32
67.0	237.49	90.0	512.00
68.0	246.83	91.0	526.94
69.0	256.39	92.0	542.14
70.0	266.17	93.0	557.61
71.0	276.18	94.0	573.36
72.0	286.42	95.0	589.37
73.0	296.89	96.0	605.65
74.0	307.60	97.0	622.21
75.0	318.54	98.0	639.05
76.0	329.71	99.0	656.16
77.0	341.12	100.0	673.55
78.0	352.77	101.0	691.23

หมายเหตุ * คือขนาดเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

เส้นรอบวง * (เซนติเมตร)	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัมต่อต้น)	เส้นรอบวง * (เซนติเมตร)	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัมต่อต้น)
102.0	709.18	121.0	1,106.28
103.0	727.42	122.0	1,130.23
104.0	745.95	123.0	1,154.51
105.0	764.77	124.0	1,179.10
102.0	709.18	125.0	1,204.01
103.0	727.42	126.0	1,229.24
104.0	745.95	127.0	1,254.80
105.0	764.77	128.0	1,280.68
106.0	783.87	129.0	1,306.89
107.0	803.26	130.0	1,333.42
108.0	822.95	131.0	1,360.29
109.0	842.93	132.0	1,387.48
110.0	863.21	133.0	1,415.01
111.0	883.79	134.0	1,442.87
112.0	904.66	135.0	1,471.06
113.0	925.84	136.0	1,499.60
114.0	947.32	137.0	1,528.47
115.0	969.10	138.0	1,557.68
116.0	991.19	139.0	1,587.23
117.0	1,013.59	140.0	1,617.13
118.0	1,036.29		
119.0	1,059.31		
120.0	1,082.63		

หมายเหตุ * คือขนาดเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน

ตารางผนวกที่ 3 การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสม ของกรมป่าไม้ ตามขนาดความโต

เส้นรอบวง * (เซนติเมตร)	การดูดซับ CO_2 (กิโลกรัม CO_2 ต่อต้น)	เส้นรอบวง * (เซนติเมตร)	การดูดซับ CO_2 (กิโลกรัม CO_2 ต่อต้น)
10.0	2.90	33.0	64.78
11.0	3.71	34.0	70.01
12.0	4.65	35.0	75.50
13.0	5.73	36.0	81.25
14.0	6.95	37.0	87.25
15.0	8.32	38.0	93.52
16.0	9.84	39.0	100.07
17.0	11.52	40.0	106.88
18.0	13.37	41.0	113.98
19.0	15.39	42.0	121.36
20.0	17.59	43.0	129.02
21.0	19.97	44.0	136.98
22.0	22.55	45.0	145.23
23.0	25.31	46.0	153.78
24.0	28.28	47.0	162.63
25.0	31.45	48.0	171.80
26.0	34.83	49.0	181.27
27.0	38.42	50.0	191.06
28.0	42.24	51.0	201.16
29.0	46.28	52.0	211.59
30.0	50.55	53.0	222.35
31.0	55.05	54.0	233.43
32.0	59.79	55.0	244.85

หมายเหตุ * คือขนาดเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

เส้นรอบวง * (เซนติเมตร)	การดูดซับ CO_2 (กิโลกรัม CO_2 ต่อต้น)	เส้นรอบวง * (เซนติเมตร)	การดูดซับ CO_2 (กิโลกรัม CO_2 ต่อต้น)
56.0	256.61	79.0	628.44
57.0	268.71	80.0	649.36
58.0	281.15	81.0	670.70
59.0	293.95	82.0	692.47
60.0	307.09	83.0	714.66
61.0	320.59	84.0	737.29
62.0	334.45	85.0	760.36
63.0	348.68	86.0	783.87
64.0	363.27	87.0	807.81
65.0	378.23	88.0	832.21
66.0	393.56	89.0	857.05
67.0	409.27	90.0	882.34
68.0	425.37	91.0	908.09
69.0	441.84	92.0	934.29
70.0	458.70	93.0	960.96
71.0	475.96	94.0	988.08
72.0	493.60	95.0	1,015.68
73.0	511.65	96.0	1,043.74
74.0	530.09	97.0	1,072.28
75.0	548.94	98.0	1,101.29
76.0	568.20	99.0	1,130.79
77.0	587.86	100.0	1,160.76
78.0	607.95	101.0	1,191.22

หมายเหตุ * คือขนาดเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

เส้นรอบวง * (เซนติเมตร)	การดูดซับ CO_2 (กิโลกรัม CO_2 ต่อต้น)	เส้นรอบวง * (เซนติเมตร)	การดูดซับ CO_2 (กิโลกรัม CO_2 ต่อต้น)
102.0	1,222.16	121.0	1,906.48
103.0	1,253.60	122.0	1,947.77
104.0	1,285.52	123.0	1,989.60
105.0	1,317.95	124.0	2,031.98
102.0	1,222.16	125.0	2,074.91
103.0	1,253.60	126.0	2,118.39
104.0	1,285.52	127.0	2,162.44
105.0	1,317.95	128.0	2,207.04
106.0	1,350.87	129.0	2,252.20
107.0	1,384.29	130.0	2,297.93
108.0	1,418.22	131.0	2,344.23
109.0	1,452.66	132.0	2,391.09
110.0	1,487.60	133.0	2,438.53
111.0	1,523.06	134.0	2,486.54
112.0	1,559.04	135.0	2,535.13
113.0	1,595.53	136.0	2,584.31
114.0	1,632.55	137.0	2,634.06
115.0	1,670.09	138.0	2,684.40
116.0	1,708.15	139.0	2,735.33
117.0	1,746.75	140.0	2,786.85
118.0	1,785.87		
119.0	1,825.54		
120.0	1,865.74		

หมายเหตุ * คือขนาดเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน

ภาคผนวกที่ 2

ผลงานที่เป็นผลการปฏิบัติงานหรือผลสำเร็จของงาน

ผลงานที่เป็นผลการปฏิบัติงานหรือผลสำเร็จของงาน

1. เรื่อง ผลผลิตและการกักเก็บคาร์บอนของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้
2. ระยะเวลาที่ดำเนินการ ปีงบประมาณ 2566-2567
3. ความรู้ ความชำนาญงาน หรือความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

1) ใช้องค์ความรู้ด้านวนวัฒนวิทยา ในหลายด้าน ได้แก่ การเติบโตของต้นไม้ สายต้นของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมที่พัฒนาสายพันธุ์โดยกรมป่าไม้ การศึกษามวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาตรของต้นไม้

2) ใช้ความชำนาญและประสบการณ์ในด้านการเก็บข้อมูลในภาคสนามในการทำวิจัยเรื่องการวัดข้อมูลการเติบโตของต้นไม้ การคัดเลือกและตัดไม้ตัวอย่างสำหรับการนำมาเป็นตัวแทนสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของต้นไม้ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูง) กับมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้และปริมาตร

3) ใช้องค์ความรู้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการสร้างสมการต่าง ๆ ที่ได้รับการถ่ายทอดมาจากนักวิจัยในอดีต ทั้งนักวิจัยที่เป็นชาวไทยและชาวญี่ปุ่นที่มาปฏิบัติงานโครงการวิจัยร่วมกัน

4. สรุปสาระสำคัญ ขั้นตอนการดำเนินงาน และเป้าหมายของงาน

การศึกษาผลผลิตและการกักเก็บคาร์บอนของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้ ทำการศึกษาโดยใช้ไม้โตเร็วเศรษฐกิจที่ปรับปรุงพันธุ์แล้วและเป็นพันธุ์สำหรับการส่งเสริมของกรมป่าไม้ ได้แก่ กระถินณรงค์ 5 สายพันธุ์ ได้แก่ ปม.3-1 ถึง ปม.3-5 และกระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์โดยกรมป่าไม้จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ CP และ SR ทำการปลูกทดสอบกับกระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไปหรือยังไม่ได้ปรับปรุงพันธุ์ ปลูกทดสอบ 8 สายพันธุ์ สายพันธุ์ละ 3 แถว ด้วยระยะปลูก 2 x 4 เมตร จำนวน 3 ซ้ำ ในพื้นที่ของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย เมื่อกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมอายุ 3 ปี ทำการวัดการเติบโตและตัดต้นตัวอย่างจำนวน 4 ต้น แต่ละสายพันธุ์ เพื่อศึกษาผลผลิตและการกักเก็บคาร์บอน

ผลการศึกษาพบว่า กระถินลูกผสม (SR) มีการเติบโตทั้งด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงสูงที่สุด ในขณะที่กระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไปมีการเติบโตน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกระถินลูกผสมและกระถินณรงค์ที่ปรับปรุงพันธุ์แล้วของกรมป่าไม้ การศึกษาครั้งนี้ได้สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต (น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง) ของส่วนต่าง ๆ กับขนาดของต้นไม้ (เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูง) โดยสมการแอลโลเมตริกที่ได้สามารถใช้กับการประมาณผลผลิตของกระถินทั้ง 8 สายพันธุ์ ทั้งนี้ได้สร้างสมการที่ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเป็นตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวในการประมาณผลผลิต เพื่อความสะดวกต่อผู้นำไปใช้ที่ไม่ต้องทำการวัดความ

สูง ส่วนผลผลิตในด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง รวมไปถึงการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พบว่ากระถินลูกผสมมีค่าสูงกว่ากระถินณรงค์ปรับปรุงพันธุ์และกระถินณรงค์จากเมล็ดทั่วไป ในขณะที่กระถินณรงค์ของกรมป่าไม้พบว่า ปม.3-1 มีค่าต่าง ๆ ดีกว่ากระถินณรงค์สายพันธุ์อื่น นอกจากนี้ยังได้สร้างตารางสำหรับการประมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง การกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามขนาดความโต (เส้นรอบวงที่ระดับ 1.30 เมตรจากพื้นดิน) สำหรับประชาชนทั่วไปนำไปใช้ประมาณค่าต่าง ๆ ได้ด้วยตัวเอง

ขั้นตอนการดำเนินงาน มีดังนี้

1) สถานที่ศึกษา

แปลงปลูกกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้ อยู่ที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย อำเภอพานเป็นอำเภอที่อยู่ทางทิศใต้สุด ห่างจากจังหวัดเชียงรายประมาณ 45 กิโลเมตร มีพื้นที่ประมาณ 1,023 ตารางกิโลเมตร (ประมาณ 639,375 ไร่) คิดเป็นร้อยละ 8.76 ของจังหวัดเชียงราย มีอาณาเขตทางทิศเหนือติดกับอำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย และอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ด้านทิศตะวันออก ติดกับอำเภอป่าแดด จังหวัดเชียงราย ทิศใต้ ติดกับ อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา และอำเภอวังเหนือ จังหวัดลำปาง ส่วนทิศตะวันตก ติดกับ อำเภอแม่สรวย และอำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย

2) แปลงปลูก

แปลงปลูกพิกัด 19°26'11.9"N, 99°44'24.3"E เป็นของนายอุทิศ นรรัตน์ ผู้ขอสนับสนุนกล้าไม้จากกรมป่าไม้ และเจ้าหน้าที่ของสถานีวนวัฒนวิจัยแม่กา จังหวัดพะเยาได้ร่วมกับเจ้าของพื้นที่จัดทำเป็นแปลงสาธิตการจัดการสวนป่าแบบยั่งยืน สภาพพื้นที่เป็นที่ราบ พื้นที่โดยรอบส่วนใหญ่ปลูกพืชเกษตร เช่น ข้าว ทำการทดลองปลูกกระถินณรงค์และกระถินลูกผสม จำนวน 8 พันธุ์ ปลูกเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน 2562 ด้วยระยะปลูก 2 เมตร x 4 เมตร ผังการปลูกแบบ Randomized Complete Block Design แบ่งเป็น 3 ซ้ำ (replications) (เดิมการทดลองปลูกได้ดำเนินการ 4 ซ้ำ แต่เนื่องจากเจ้าของแปลงต้องการขุดสระน้ำ จึงได้ตัดต้นไม้ในซ้ำที่ 1 ไปหลายแถว จึงไม่ได้นำมาวิเคราะห์ข้อมูลร่วมด้วย) แต่ละซ้ำประกอบด้วย 8 สายพันธุ์ ได้แก่ เมล็ดทั่วไป (control), กระถินณรงค์สายพันธุ์ ปม. 3-1, ปม. 3-2, ปม. 3-3, ปม. 3-4, ปม. 3-5, กระถินลูกผสมสายพันธุ์ CP และ SR ปลูกสายพันธุ์ละ 3 แถว แถวละ 13 ต้น อายุเมื่อทำการศึกษาคือ 3 ปี

3) การเก็บข้อมูล

3.1) การคัดเลือกต้นตัวอย่าง จากค่าการเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงของกระถินทั้ง 8 สายพันธุ์ ทำการคัดเลือกต้นสำหรับการศึกษาน้ำหนักสด

น้ำหนักแห้ง และการกักเก็บคาร์บอน โดยการคัดเลือกต้นตัวอย่างจากการจัดอัตรภาคชั้นของค่า DBH จำนวนสายพันธุ์ละ 4 ต้น

3.2) ทำการตัดต้นไม้ตัวอย่างให้ชิดติดดินมากที่สุด แยกส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ออก เป็น ใบ กิ่ง ลำต้น ส่วนที่เป็นลำต้น นำส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ใบ กิ่ง ลำต้น มาชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนักสดทั้งหมด

3.3) ทำการเก็บตัวอย่างส่วนลำต้น ใบ และกิ่ง ประมาณ 500 กรัม นำมาชั่งหาน้ำหนักสดของตัวอย่าง และเก็บใส่ถุงกระดาษนำมาที่ห้องปฏิบัติการ นำตัวอย่างแต่ละส่วนของแต่ละต้นเข้าอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักของตัวอย่างจะคงที่ และทำการชั่งน้ำหนักแห้งของตัวอย่างเพื่อคำนวณหาค่าความชื้นของตัวอย่าง

4) การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1) คำนวณหาค่าความชื้นของตัวอย่างและการหาน้ำหนักแห้ง จากสมการ (เกียรติก้อง และคณะ, 2530)

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักสดตัวอย่าง} - \text{น้ำหนักแห้งตัวอย่าง}}{\text{น้ำหนักแห้งตัวอย่าง}} \times 100$$

$$\text{น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม)} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสดทั้งหมด}}{100 + \text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น}}$$

4.2) นำค่าความชื้นที่ได้มาคำนวณเพื่อหาน้ำหนักแห้งของส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้

4.3) สร้างสมการประมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง (มวลชีวภาพ) ในรูปแบบแอลโลเมตริก (allometric equation) ในรูปของสมการยกกำลัง (power equation) ของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของแต่ละส่วนกับขนาดของต้นไม้ (DBH และ H) จากสมการ (พงษ์ศักดิ์, 2552)

$$Y = aX^b$$

โดย Y = น้ำหนักแห้งของลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)

X = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร) และความสูง (เมตร)

a และ b เป็นค่าคงที่ของสมการ

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้กับขนาดของต้นไม้ (DBH และ H) ในรูปแบบแอลโลเมตริก (allometric equation) ในรูปของสมการยกกำลัง (power equation) ทางวิชาการป่าไม้ สมการแอลโลเมตริกแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกร่วมกับความสูง ($DBH^2 \times H$) และเพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการนำสมการไปใช้ของเกษตรกรหรือประชาชนทั่วไป การศึกษาครั้งนี้ได้สร้างสมการที่ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเพียงปัจจัยเดียวด้วย ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงเป็นที่ยอมรับได้ เนื่องจากสะดวกต่อการวัด สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือธรรมดา ไม่ต้องทำการวัดความสูงซึ่งต้องใช้เครื่องมือเฉพาะ ไม่สะดวกและอาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการวัด

4.4) คำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากสมการที่ได้แล้วนำไปคำนวณค่าการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดย Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006) ได้กำหนดว่าประมาณร้อยละ 47 ของมวลชีวภาพของต้นไม้เป็นคาร์บอน และแปลงค่าการกักเก็บคาร์บอนเป็นการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการนำค่าสัดส่วนระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ (มวลโมเลกุลเท่ากับ 44) และคาร์บอน (มวลโมเลกุลเท่ากับ 12) คือ 44/12 หรือ 3.67 คูณกับคาร์บอน (Environmental Research and Training Center, 2018) จากสมการ

$$C = Y \times 0.47$$

$$CO_2 = C \times 3.67$$

โดย C = การกักเก็บคาร์บอน (กิโลกรัมคาร์บอน)

Y = มวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)

CO_2 = การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์)

0.48 คือ ค่าสัดส่วนของคาร์บอนในมวลชีวภาพ ตาม IPCC (2006)

3.67 คือ ค่าคงที่ที่คิดจากน้ำหนักโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

4.5) นำสมการประมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง มาสร้างเป็นตาราง โดยสร้างตารางสองรูปแบบคือ

(1) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งตามขนาดของความโต (เส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน) และความสูง

(2) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งตามขนาดของความโต (เส้นรอบวงที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน) (ใช้เพียงปัจจัยเดียว เพื่อให้เกิดความสะดวกในการวัดข้อมูล)

เป้าหมายของงาน

1. เพื่อศึกษาข้อมูลการเติบโต ผลผลิต มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้

2. เพื่อหาความสัมพันธ์ในของขนาดของต้นไม้และน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ในรูปแบบของสมการแอลโลเมตริก สำหรับประมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้

3. เพื่อประมาณความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้ สำหรับการนำไปใช้คำนวณเครดิตคาร์บอน

4. เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการส่งเสริมเกษตรกรและการเพิ่มพื้นที่ป่าเศรษฐกิจด้ายการปลูกกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้

5. ผลสำเร็จของงาน (เชิงปริมาณ/คุณภาพ)

เชิงปริมาณ : ได้ ผลงานวิจัยเกี่ยวกับผลผลิตและการกักเก็บคาร์บอนของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้ สำหรับการประกอบการตัดสินใจของเกษตรกร และเพื่อให้เจ้าหน้าที่มีข้อมูลสำหรับส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้

เชิงคุณภาพ : ข้อมูลจากผลงานวิจัย จะใช้เป็นการส่งเสริมการปลูกกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้ ซึ่งเป็นไม้โตเร็ว สามารถใช้ประโยชน์ได้ในเวลาสั้น ใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ทั้งไม้พลังงาน ไม้แปรรูป และไม้ก่อสร้าง ในขณะเดียวกันเป็นชนิดไม้ที่ช่วยปรับปรุงดิน เนื่องจากเป็นพืชตระกูลถั่วที่รากสามารถตรึงไนโตรเจนได้ ซึ่งผลของการส่งเสริมการจะนำไปสู่การเพิ่มพื้นที่สีเขียว ป่าเศรษฐกิจของประเทศ ให้บรรลุเป้าหมายของประเทศที่กำหนดให้มีป่าเศรษฐกิจร้อยละ 15 ของพื้นที่ประเทศ นอกจากนี้ไม้จากกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมยังนำไปสู่อุตสาหกรรมไม้ อันจะนำรายได้ให้แก่ผู้ปลูก ระบบอุตสาหกรรมไม้ และประเทศอีกด้วย

6. การนำไปใช้ประโยชน์/ผลกระทบ

1) เกษตรกรผู้ปลูกสร้างสวนป่า มีข้อมูลประกอบการตัดสินใจปลูกกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้ อีกทั้งเกษตรกรที่ได้รับกล้าไม้จากกรมป่าไม้ สามารถประมาณผลผลิตของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมเพื่อวางแผนการนำไปใช้ประโยชน์ได้ รวมทั้งสามารถใช้ประกอบการเข้าสู่การซื้อขายคาร์บอนได้

2) เจ้าหน้าที่ส่งเสริมมีข้อมูลสำหรับการส่งเสริมการปลูกป่าโดยใช้กระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้ให้แก่เกษตรกร เพื่อการเพิ่มพื้นที่สวนป่าเศรษฐกิจ

3) นักวิจัย นักวิชาการป่าไม้ สามารถนำไปทำการศึกษาต่อยอดต่อไป

4) การส่งเสริมการปลูก จะนำไปสู่การเพิ่มของป่าเศรษฐกิจของประเทศ ให้เป็นไปตามนโยบายของรัฐที่ต้องการพื้นที่ป่าเศรษฐกิจ ร้อยละ 15 ของพื้นที่ประเทศเป็นการสร้างรายได้ และเป็นการลดก๊าซเรือนกระจกจากการเพิ่มพื้นที่ป่าสำหรับช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้ได้ตามที่ประเทศตั้งเป้าหมายไว้ว่าจะลดก๊าซเรือนกระจกให้ได้ร้อยละ 20-25 โดยเทียบจากการดำเนินงานปกติของประเทศ ภายในปี พ.ศ. 2573

.

7. ความยุ่งยากและซับซ้อนในการดำเนินการ

1) เนื่องจากแปลงทดลองนี้เป็นพื้นที่ที่เกิดจากความร่วมมือร่วมกันของเกษตรกรและกรมป่าไม้ โดยสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ เพื่อขอนำกล้าไม้กระถินณรงค์และกระถินลูกผสมไปปลูกทดสอบ และมีพื้นที่จำกัดสำหรับที่จะปลูกกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมสายต้นต่าง ๆ ตามแผนการศึกษา ทำให้การคัดเลือกต้นไม้ตัวอย่างในแต่ละสายต้นจะต้องดำเนินการอย่างรอบคอบเพื่อไม่ได้เกิดความผิดพลาดของเบอร์ของแต่ละสายต้น

2) การสร้างสมการเพื่อประเมินมวลชีวภาพและปริมาตร ซึ่งมีความยุ่งยากซับซ้อน ต้องใช้ประสบการณ์และความชำนาญของผู้ศึกษาวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล พร้อมทั้งสร้างสมการ เพื่อให้สามารถนำมาประมาณปริมาตรและการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไป

8. ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ

1) เนื่องจากแปลงทดลองนี้เป็นพื้นที่ที่เกิดจากความร่วมมือร่วมกันของเกษตรกรและกรมป่าไม้ โดยสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ เพื่อขอนำกล้าไม้กระถินณรงค์และกระถินลูกผสมไปปลูกทดสอบ การไปดำเนินการตัดต้นไม้ของเกษตรกรจึงต้องได้รับความเห็นชอบ ในขณะเดียวกันเนื่องจากเป็นพื้นที่ของเกษตรกร การใช้ประโยชน์พื้นที่อาจเปลี่ยนไปตามสถานการณ์ ซึ่งก่อนการเก็บข้อมูลเจ้าของพื้นที่ได้นำพื้นที่ส่วนหนึ่งไปสร้างอ่างเก็บน้ำ ทำให้แปลงทดลองบางส่วนขาดหายไป

2) การศึกษาเพื่อสร้างสมการสำหรับประมาณมวลชีวภาพ ในส่วนของใบและกิ่งจะประสบกับปัญหากรณีที่บางต้นเกษตรกรเจ้าของพื้นที่ได้ดำเนินการลิดกิ่ง เพื่อการจัดการสวนป่าไปแล้ว ทำให้กิ่งและใบแสดงค่าความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกไม่สูงมากนัก แต่อย่างไรก็ตามมวลชีวภาพส่วนใหญ่อยู่ที่ส่วนของลำต้น การสร้างสมการของมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (รวมทั้งลำต้น กิ่งและใบ) ความสัมพันธ์จึงมีค่าสูงเป็นที่ยอมรับได้

3) ไม่สามารถดำเนินการศึกษามวลชีวภาพใต้ดินได้ เนื่องจากการขุดราก ซึ่งต้องใช้เครื่องมือและต้องทำในพื้นที่กว้างพอสมควรจะเป็นการทำให้พื้นที่ พื้นดิน และต้นไม้ข้างเคียงได้รับผลกระทบและอาจลดการเติบโตหรือลำต้นเกิดความเสียหายได้

9. ข้อเสนอแนะ

1) เอกสารงานวิจัยฉบับนี้ดำเนินการในแปลงทดลองเพียงสถานที่เดียว เนื่องจากมีแปลงทดสอบที่ได้รวบรวมกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้ไว้หลากหลายเบอร์ที่เหมาะสมต่อการปลูกเพียงที่เดียว ควรมีการปลูกทดสอบในรูปแบบเดียวกัน และทำการเก็บข้อมูลในหลากหลายพื้นที่มากขึ้น เพื่อนำมาสร้างเป็นสมการที่สามารถใช้ได้ครอบคลุมทุกภาคหรือสภาพพื้นที่

2) เนื่องจากการซื้อขายไม้กระถินณรงค์และกระถินลูกผสมในปัจจุบันยังไม่เป็นที่นิยมกันมากนัก ซึ่งในความเป็นจริงผู้ปลูกสามารถจำหน่ายได้ทั้งในรูปแบบของไม้พลังงาน และไม้แปรรูป จึงควรมีการส่งเสริมและเผยแพร่ข้อมูลให้มากขึ้น เพื่อรณรงค์ให้มีการปลูกกันมากขึ้น

10. การเผยแพร่ผลงาน (ถ้ามี)

ผลงานเรื่อง “ผลผลิตและการกักเก็บคาร์บอนของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้” เผยแพร่ผ่านทาง

1) เผยแพร่ทาง Facebook ของศูนย์วิจัยป่าไม้ ในรูปแบบ Flipbook

2) เผยแพร่ใน website ของสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

https://forprod.forest.go.th/forprod/forprod2017/Knowledgebase/default_breeding.php

โดยได้สร้าง QR code สำหรับการ download ไปใช้ประโยชน์ได้ด้วย

ผลผลิตและการกักเก็บคาร์บอนของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้

Flipbook “ผลผลิตและการกักเก็บคาร์บอนของกระถินณรงค์และกระถินลูกผสมของกรมป่าไม้”

11. ผู้ร่วมดำเนินการ (ถ้ามี)

1) .....-.....สัดส่วนของผลงาน.....%

2). .....-.....สัดส่วนของผลงาน.....%

3) .....-.....สัดส่วนของผลงาน.....%

ขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

(ลงชื่อ) .....

(นางวรพรรณ หิมพานต์)

ผู้ขอประเมิน