

นิพนธ์ต้นฉบับ

การใช้น้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกร่วมกับมันสำปะหลัง
 ที่อําเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว

Water Use and Water Use Efficiency of Eucalypt Intercropped with Cassava
 in Watthana Nakorn District, Sa Kaeo Province

เจษฎา วงศ์พรหม¹
 จงรัก วชรินทร์รัตน์¹
 ระเบียบ ศรีกงพาน²

Jetsada Wongprom¹
 Chongrak Wachrinrat¹
 Rabeib Srigongpan²

¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
 Faculty of Forestry, Kasetsart University Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
 E-mail: wongprom_65@hotmail.com

²สำนักจัดการป่าชุมชน กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
 Bureau of Community Forest, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

รับต้นฉบับ 14 มีนาคม 2554

รับลงพิมพ์ 3 พฤษภาคม 2554

ABSTRACT

Water use and water use efficiency of the K7 and K51 eucalypt clones planted as intercropping with cassava were carried out in Watthana Nakorn District, Sa Kaeo province. The diameter at breast height (DBH), total height (H), and water use were also determined over 2-month intervals for the first two years. Annual water use and water use efficiency of 1- and 2-year-old eucalypts were evaluated. A two sample t-test was used for statistical analysis.

Daily water use of 1- to 2-year-old eucalypts gradually increased in the morning and peaked at noon into the afternoon, then decreased in the evening and was the lowest during the night. Annual water use tended to increase with tree growth. For 2-year-old eucalypts, water use of the K7 and K51 clones was high during May-September and low during January-March. The annual water use of the K7 and K51 clones was not significantly different ($p>0.05$). Clone K51 had economic water use efficiency (WUEWS) and biological water use efficiency (WUEWT) higher than K7 (3.91 and 7.18 g.L⁻¹, respectively).

Keywords: water use, water use efficiency, eucalyptus, cassava, Sa Kaeo Province

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้น้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K7 และ K51 ที่ปลูกร่วมกับมันสำปะหลัง ในอําเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว โดยวัดการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูงทั้งหมด และการใช้น้ำของต้น ไม้ตัวอย่างในแปลงทดลองทุกๆ 2 เดือน ตั้งแต่อายุ 1-2 ปี แล้วคำนวณหาการใช้น้ำในรอบวัน รอบปีและประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Two sample t-test

ผลการศึกษาพบว่า การใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส มีการแปรผันไปตามรอบวันโดยการใช้น้ำสูงขึ้นในช่วงเช้า และสูงสุดในเวลาเที่ยงจนถึงบ่าย หลังจากนั้นการใช้น้ำจะลดลงในช่วงเย็นและต่ำสุดในเวลากลางคืน การใช้น้ำในรอบปีของยูคาลิปตัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อต้นไม้มีการเติบโตเพิ่มขึ้น โดยยูคาลิปตัสที่อายุ 2 ปี มีการใช้น้ำมากในช่วงเดือน พฤษภาคม - กันยายน และมีการใช้น้ำน้อยในช่วงเดือนมกราคม - มีนาคม สำหรับการใช้น้ำในรอบปีของสายต้น K7 และ K51 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนประสิทธิภาพการใช้น้ำ สายต้น K51 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำทางด้านเศรษฐกิจ (WUEWS) และทางด้านชีววิทยา (WUEWT) มากกว่าสายต้น K7 โดยมีค่าเท่ากับ 3.91 และ 7.18 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: การใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ยูคาลิปตัส มันทำปะหลัง จังหวัดสระแก้ว

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีการปลูกพืชเกษตรหลายชนิด เช่น ข้าว ข้าวโพด อ้อยและมันสำปะหลัง เป็นต้น ซึ่งเป็นการปลูกแบบพืชเชิงเดี่ยวและมักจะมีปัญหาในปีที่มีผลผลิตด้นตลาด ทำให้ราคาของผลผลิตตกต่ำหรือบางครั้งเกิดการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ โดยอาจทำให้เกิดฝนแล้งหรือน้ำท่วมซึ่งทำให้ผลผลิตเสียหาย ดังนั้น จึงมีการปลูกพืชแบบผสมผสาน ระหว่างพืชเกษตรกับไม้โตเร็ว เช่น ไม้กระถินเทพาและยูคาลิปตัส เป็นต้น เพื่อเป็นการเพิ่มรายได้และลดปัญหาการขาดแคลนอาหารสัตว์ใน ปัจจุบันความต้องการใช้ไม้สูงขึ้น เพื่อนำไม้มาใช้เป็นไม้แปรรูป เฟอร์นิเจอร์ วัสดุสำหรับอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ ฯลฯ ดังนั้น การปลูกไม้โตเร็ว เช่น ไม้ยูคาลิปตัส จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาคขาดแคลนไม้ในประเทศ เนื่องจากเป็นไม้ที่โตเร็วขึ้นได้แทบทุกพื้นที่ของประเทศ สามารถเติบโตได้ในดินเกือบทุกสภาพ ทนทานต่อความแห้งแล้งและสภาพดินเค็ม ยูคาลิปตัสจึงเป็นชนิดไม้ที่เกษตรกรสนใจนิยมปลูก เพื่อใช้ในครัวเรือนและยังเป็นรายได้เสริมแก่เกษตรกร อย่างไรก็ตามการปลูกไม้ยูคาลิปตัส ยังมีข้อถกเถียงกันในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การทำให้ดินเสื่อม การใช้น้ำและสารอาหารมากซึ่งทำให้เกษตรกรไม่เห็นด้วยกับการปลูกไม้ยูคาลิปตัส โดยเฉพาะการปลูกควบกับพืชเกษตร ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัสเพื่อ

เป็นข้อมูลพื้นฐานในการตัดสินใจปลูกไม้ยูคาลิปตัสร่วมกับมันสำปะหลัง และเลือกสายต้นยูคาลิปตัสที่มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงสุด

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ศึกษาการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัสในพื้นที่ของเกษตรกร ในตำบลหนองตะเคียนบอน อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว โดยทำการศึกษาไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K7 ซึ่งพัฒนาพันธุ์จากลูกผสมระหว่างยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis*) และยูคาลิปตัส ดิกลูปต้า (*E. deglupta*) และสายต้น K51 ที่พัฒนาพันธุ์จากลูกผสมระหว่างยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ปลูกในประเทศไทย (กองคุ้มครองพันธุ์พืช, 2549) ซึ่งปลูกด้วยระยะ 2x3 เมตร จำนวน 3 แถว ในแปลงที่ปลูกควบกับมันสำปะหลัง เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam)

การเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลการเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K7 และ K51 สายต้นละ 3 ต้น ทำการวัดการเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความสูงทั้งหมด (H) ด้วยไม้วัดความสูง เก็บข้อมูลของต้นไม้เมื่ออายุ 1-2 ปี และทำการประมาณผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (WS) กิ่ง (WB) ใบ (WL) และผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวม (WT) ของไม้ยูคาลิปตัส ที่อายุ 2 ปี โดยใช้สมการความสัมพันธ์ในรูปแบบ allometric relation คือ

$$y = ax^h \text{ หรือ } \log y = \log a + h \log x$$

เมื่อ y คือ ปริมาณมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ หรือปริมาตรของลำต้น

x คือ ค่าตัวแปรอิสระ (D^2H) ซึ่งใช้ในการประมาณหามวลชีวภาพและปริมาตรของลำต้น

a และ h คือ ค่าคงที่ของสมการ

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

H คือ ความสูงทั้งหมด (เมตร)

ศึกษาการใช้

ศึกษาการใช้ของไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K7 และ K51 สายต้นละ 3 ต้น อายุ 1-2 ปี โดยวัดการใช้ น้ำตามวิธีของ Granier (1987) ด้วยเครื่องมือ Thermal Dissipation Probe (TDP) รุ่น TDP 30 ผลิตโดย Dynamax Inc, USA ติดตั้งเข็มสัญญาณ (probe) เข้าไปในบริเวณที่เป็นส่วนของกระพี้ ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร จากพื้นดิน โดยใช้เครื่องมือ Thermal Dissipation Probe ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ DC 10 โวลต์ และติดตั้งเครื่องมือบันทึกค่า sap flow ทุกๆ 10 นาที เป็นระยะเวลาติดต่อกัน 24 ชั่วโมง และทำการวัดไม้ตัวอย่างทุกๆ 2 เดือน

วิเคราะห์ข้อมูล

1) ปริมาณการใช้น้ำของต้นไม้ในรอบวัน สามารถหาได้จากสมการ

$$WU_d = (\sum A \times St_i) / 1000$$

เมื่อ WU_d คือ ปริมาณการใช้น้ำในรอบวัน (ลิตรต่อวัน)

A คือ พื้นที่ของกระพี้ (ตารางเซนติเมตร)

St_i คือ อัตราการไหลของน้ำที่พืชใช้ในเวลาที่ t ที่ i เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, 24$ นาฬิกา (เซนติเมตรต่อชั่วโมง)

2) การใช้น้ำในรอบปีของต้นไม้คำนวณได้จากพื้นที่ใต้กราฟของความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (วัน) กับ การใช้น้ำ (ลิตรต่อวัน) ซึ่งเป็นสมการถดถอยแบบพหุนาม (polynomial regression, $y = a + bx + cx^2 \dots$) โดยคำนวณจากสมการ

$$WU_y = \int_1^{365} (a + b1X_i + b2X_i^2 + b3X_i^3 + b4X_i^n) dx$$

เมื่อ WU_y คือ ปริมาณการใช้น้ำในรอบปี (ลิตรต่อปี)

X_i คือ วันที่ $i = 1, 2, 3, \dots, 365$ (วัน)

$a, b1, b2, b3$ และ \dots, bn คือ ค่าคงที่ของสมการ

3) ประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส (water use efficiency, WUE) จากสมการ

$$WUE_{ws} = (\Delta W_s \times 1000) / WU_{y_n}$$

$$WUE_{wt} = (\Delta W_t \times 1000) / WU_{y_n}$$

เมื่อ WUE_{ws} คือ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของต้นไม้ในการสร้างผลผลิตมวลชีวภาพ ส่วนของลำต้น (กรัมต่อลิตร)

WUE_{wt} คือ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของต้นไม้ในการสร้างผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน ทั้งหมด (กรัมต่อลิตร)

W_s คือ ปริมาณมวลชีวภาพส่วนของลำต้นที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 1 ปี (กิโลกรัมต่อต้นต่อปี)

W_t คือ ปริมาณมวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมดที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 1 ปี (กิโลกรัมต่อต้นต่อปี)

WU_{y_n} คือ ปริมาณการใช้น้ำของต้นไม้ในช่วงเวลา 1 ปี (ลิตรต่อต้นต่อปี)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการใช้น้ำในรอบปีและประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกร่วมกับมันสำปะหลัง โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Two sample t-test

ผลและวิจารณ์

การเติบโตของยูคาลิปตัส

การเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก การเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้ยูคาลิปตัส อายุ 1 ปี สายต้น K7 และ K51 มีค่าเท่ากับ 4.39 และ 3.90 เซนติเมตร ตามลำดับ และเมื่อยูคาลิปตัส อายุ 2 ปี พบว่าสายต้น K7 และ K51 มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเท่ากับ 7.76 และ 7.33 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 1)

การเติบโตทางด้านความสูง

การเติบโตทางด้านความสูงของยูคาลิปตัส อายุ 1 ปี พบว่า สายต้น K7 และ K51 มีการเติบโตทางด้านความสูงเท่ากับ 4.55 และ 4.40 เมตร ตามลำดับ และเมื่อยูคาลิปตัส อายุ 2 ปี สายต้น K7 และ K51 มี

การเติบโตทางด้านความสูงเท่ากับ 7.78 และ 7.52 เมตร ตามลำดับ (Table 1)

ผลผลิตมวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดิน

ผลผลิตมวลชีวภาพของ ไม้ยูคาลิปตัสส่วนต่างๆ ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ และผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวม อายุ 1 และ 2 ปี พบว่าผลผลิตมวลชีวภาพมีค่าแตกต่างกันไปตามสายต้น โดยยูคาลิปตัสสายต้น K7 มีผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมมากกว่า สายต้น K51 (Table 2) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสายต้น K7 มีการเติบโตดีและมีลักษณะทางพันธุกรรมที่มีอัตราการปกคลุมของเรือนยอด 3 ส่วน 4 ของลำต้น จึงทำให้มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนของลำต้น กิ่ง และใบมากกว่าสายต้น K51 ผลผลิตมวลชีวภาพที่แตกต่างกันระหว่างสายต้นเป็นผลมาจากลักษณะของพันธุกรรมของต้นไม้ที่ต่างกัน จากการศึกษาของเจษฎา (2552) พบว่าไม้ยูคาลิปตัส ที่ปลูกบนคันนา สายต้น K7, K51, K58 และ K59 ในระยะห่างระหว่างต้น 1 เมตร อายุ 3 ปี มีผลผลิตมวลชีวภาพแตกต่างกันไปตามสายต้น โดยสายต้น K58 มีผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมมากที่สุด

Table 1 Diameter at breast height (DBH) and total height (H) of 1- and 2-year-old eucalypts, from K7 and K51 clones planted as intercropping with cassava.

Age (year)	Clone	DBH (cm)	H (m)
1	K7	4.39	4.55
	K51	3.90	4.40
2	K7	7.76	7.78
	K51	7.33	7.52

Table 2 Aboveground biomass of 1- and 2-year-old eucalypts from, K7 and K51 clones planted as intercropping with cassava.

Age (year)	Clone	Aboveground biomass (kg/tree)			
		Stem	Branch	Leaf	Total
1	K7	1.12	0.30	0.62	2.04
	K51	1.06	0.28	0.59	1.93
2	K7	6.88	2.76	2.92	12.56
	K51	5.92	2.31	2.56	10.79

การใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส

การใช้น้ำในรอบวันของไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกร่วมกับมันสำปะหลัง พบว่ามีการใช้น้ำตั้งแต่เวลาประมาณ 6.00-19.00 นาฬิกา ซึ่งมีแนวโน้มการใช้น้ำสูงในช่วงเวลาใกล้เที่ยงและบ่าย แล้วค่อยๆลดลงในตอนเย็นและต่ำสุดในเวลากลางคืน ซึ่งการแปรผันของการใช้น้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในตอนเช้าและมีค่าสูงสุดในช่วงบ่าย ประมาณ 13.00-14.00 นาฬิกา ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกในสวนป่า (ณัฐวุฒิ, 2548) หรือไม้ชนิดอื่น เช่น ไม้สัก (คมสัน, 2543) ไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K7 และ K51 เพิ่มขึ้นเมื่อต้นไม้มิมีการเติบโตเพิ่มขึ้นหรือมีพื้นที่กระพี้เพิ่มขึ้น (รุ่งเรือง, 2537) โดยมีการใช้น้ำมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเดือนพฤษภาคม – กันยายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน ดินมีความชื้นสูง จึงมีการใช้น้ำมากในช่วงนี้ แต่พอเข้าสู่เดือนมกราคม-มีนาคม การใช้น้ำจะมีแนวโน้มลดลง

(Figure 1) ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกในสวนป่า (ณัฐวุฒิ, 2548) และเมื่อเปรียบเทียบการใช้น้ำในรอบปีของไม้ยูคาลิปตัสสายต้น K7 และ K51 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีการใช้น้ำในรอบปีเท่ากับ 2,008.68 และ 1,519.57 ลิตรต่อต้นต่อปี ตามลำดับ (Table 3) โดยทั่วไปการใช้น้ำของต้นไม้มิจะมีการแปรผันไปตามรอบวันและรอบเดือน ซึ่งจะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อม อันได้แก่ อุณหภูมิ แสง ปริมาณน้ำใต้ดิน ลมและความชื้นในอากาศ โดยเฉพาะความเข้มแสงและความแตกต่างระหว่างความดันไอระหว่างใบกับอากาศ (vapor pressure deficit หรือ VPD) (Kozlowski and Pallardy, 1997) โดยปัจจัยแสงและความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำระหว่างใบกับอากาศเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส (Yin *et al.*, 2004)

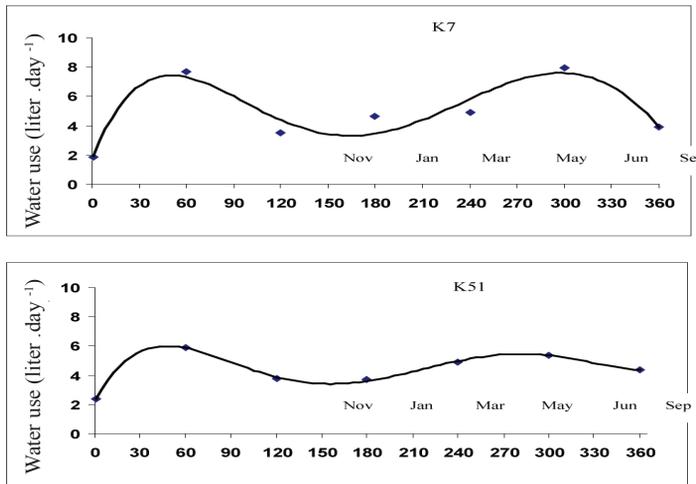


Figure 1 Annual water use of 2-year-old eucalypt, K7 and K51 clones planted as intercropping with cassava.

ประสิทธิภาพการใช้น้ำ

ประสิทธิภาพการใช้น้ำในทางด้านเศรษฐกิจ (WUEWS) ของไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K7 และ K51 ที่ปลูกร่วมกับมันสำปะหลัง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 3.52 และ 3.91 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพการใช้น้ำทางด้านชีววิทยา (WUEWT) พบว่ามีความแตกต่าง

ต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 6.42 และ 7.18 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ (Table 3) ซึ่งสายต้น K7 และ K51 ที่ปลูกร่วมกับมันสำปะหลังมีประสิทธิภาพการใช้น้ำทางด้านเศรษฐกิจและทางด้านชีววิทยามากกว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาคลูเลนซิส ที่ปลูกแบบสวนป่าเชิงพาณิชย์ ในพื้นที่ที่เคยปลูกไม้ยูคาลิปตัสมาก่อน (re-plantation) โดยมีค่าเท่ากับ 5.02 กรัมต่อลิตร (ณัฐวุฒิ, 2548)

Table 3 Absolute growth rate (AGR), annual water use and water use efficiency (WUE) of 2 year-old eucalypts from K7 and K51 clones planted as intercropping with cassava.

Age (year)	Clone	AGR _{WS} (kg.yr ⁻¹)	AGR _{WT} (kg.yr ⁻¹)	Water Use (l.yr ⁻¹)	WUE _{WS} (g.l ⁻¹)	WUE _{WT} (g.l ⁻¹)
2	K7	6.82	12.46	2 008.68	3.52	6.42
	K51	5.82	10.68	1 519.57	3.91	7.18
<i>t</i> -value		0.79 ^{ns}	0.76 ^{ns}	1.47 ^{ns}	-0.42 ^{ns}	-0.44 ^{ns}

Remark: ^{ns} = not significant

สรุป

การใช้น้ำในรอบปีของไม้ยูคาลิปตัส สายต้น K7 และ K51 มีการใช้น้ำน้อยในเดือนมกราคม-มีนาคม และหลังจากนั้นก็จะมีแนวโน้มการใช้น้ำเพิ่มขึ้น โดยสายต้น K7 มีการใช้น้ำมากที่สุด คือ 2,008.68 ลิตรต่อต้นต่อปี

ประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัสทางด้านเศรษฐกิจและทางด้านชีววิทยา พบว่า สายต้น K51 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำทางด้านเศรษฐกิจและทางด้านชีววิทยา มากกว่าสายต้น K7 คือมีค่าเท่ากับ 3.91 และ 7.18 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

คำนิยาม

ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) บริษัท ยูคาลิปตัสเทคโนโลยี จำกัด บริษัท พี ซี เอส แมเนจเม้นท์ จำกัด ที่สนับสนุนเงินทุนในการวิจัยและให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล ซึ่งทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กองคุ้มครองพันธุ์พืช. 2549. ประกาศคำขอพันธุ์พืชขึ้นทะเบียน. แหล่งที่มา: <http://as.doa.go.th/pvp/newpp1.htm>, 9 กรกฎาคม 2550.

คมสัน เรื่องฤทธิ์สารสกัด. 2543. ความผันแปรตามฤดูกาลของดัชนีพื้นที่ผิวใบ ความเข้มแสงสัมพัทธ์และ Sap Flow ของไม้สักในสวนป่าอายุ 19 ปี ที่ผ่านการตัดตางขยายระยะด้วยวิธีการต่างๆ ณ สวน

- ป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เจษฎา วงศ์พรหม. 2552. การใช้น้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส 4 สายต้น ที่ปลูกบนคันทนา จังหวัดฉะเชิงเทรา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ฉัฐวุฒิ ม่วงทอง. 2548. การเติบโต ผลผลิต การใช้น้ำ และคุณสมบัติดินของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รุ่งเรือง เลิศศิริวรกุล. 2537. การวัดปริมาณน้ำที่พืชใช้เพื่อวางมาตรฐานการปลูกพืชลดระดับน้ำดินเค็มพื้นที่จังหวัดขอนแก่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย, น. 217-240. ในการประชุมวิชาการเรื่อง เทคโนโลยีกับการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ วันที่ 19-20 สิงหาคม 2537. โรงแรมโมฆะ, ขอนแก่น.
- ลักษณะ เมตต์ปราณี. 2547. การศึกษาการใช้น้ำของไม้สะเดา กระถินออสเตรเลีย และหญ้าฉีกที่ปลูกบนพื้นที่ดินเค็ม อำเภอบางทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Granier, A. 1987. Evaluation of transpiration in a douglass-fir stand by means of sap flow measurements. *Tree Physiol* 3: 309-320.
- Kozlowski, T.T. and S.G. Pallardy. 1997. *Physiology of Woody Plant*. Academic Press, California, USA.
- Yin, G., Z. Guo-yi, M. Jim, H. Zhi-hong, C. Guo-wei and Z. Guang-yi. 2004. Sap flow response of Eucalyptus (*Eucalyptus urophylla*) to environmental stress in South China. *J. Zhejiang Univ Sci.* 5(10):1218-1225.