

นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลผลิตและปริมาณสารอาหารของยูคาลิปตัสสายต้นต่างๆ อายุ 5 ปี
ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

**Yield and Nutrient Contents of Various 5-Year-Old Eucalypt Clones
in the Upper Northeast**

มานะ หนูแก้ว¹รุ่งเรือง พูลศิริ^{1*}มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันต์²พัฒนา ชมภูวิเศษ³Mana Hnukaew¹Roongreang Poolsiri^{1*}Maliwan Haruthaithanasan²Phattana Chompoowiset³¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

²สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

³บริษัท ฟีนิกซ์ พัลป แอนด์ เพเปอร์ จำกัด (มหาชน) น้ำพอง ขอนแก่น 40310

Phoenix Pulp & Paper Public Co., Ltd., Nam Phong, Khon Kaen 40310, Thailand

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

รับต้นฉบับ 19 ธันวาคม 2557

รับลงพิมพ์ 26 ธันวาคม 2557

ABSTRACT

The yield and nutrient content of various 5-year-old eucalypt clones in the upper northeast of Thailand were investigated at three sites—namely, Wang Sam Mo, Udon Thani province (WM), Ban Phaeng, Nakhon Phanom province (BP) and Seka, Bueng Kan province (SK). A randomized complete block design (RCBD) with 3 blocks was applied. There were 5 clones (total 16 trees per clone) in each block with 3x3 m spacing. For this study 5 eucalypt clones were used consisting of SF1, SF2, SF3, SF4 and SF5.

The results showed that the aboveground biomass of SF5 eucalypt clone was the highest at WM as 144.59 t.ha⁻¹, while at BP, SF1 clone was the highest (129.73 t.ha⁻¹) and at SK, SF4 clone was the highest (158.26 t.ha⁻¹). The aboveground biomass of various eucalypt clones were statistically significant differences.

The highest nutrient content accumulation in the 5 eucalypt clones was calcium and the next high accumulation in order were nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium, respectively. The same trend was evident at all 3 sites. The highest nutrient concentration was in the leaf followed by the branch and stem, respectively. The accumulation of nutrient was the highest in

the stem because the stem had the highest biomass production and it was varied according to the clone and/or site.

Keywords: eucalypt clone, yield, nutrient content, upper northeast

บทคัดย่อ

การศึกษาผลผลิตและปริมาณสารอาหารของยูคาลิปตัสอายุ 5 ปี ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ได้ดำเนินการศึกษาใน 3 พื้นที่ 1) อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดอุดรธานี (WM) 2) อำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม (BP) 3) อำเภอเซกา จังหวัดบึงกาฬ (SK) วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) จำนวน 3 บล็อก (block) บล็อกละ 5 สายต้น สายต้นละ 16 ต้น ในแต่ละสายต้นมีระยะปลูก 3×3 เมตร ซึ่งสายต้นที่ศึกษา ได้แก่ SF1, SF2, SF3, SF4 และ SF5

ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่อำเภอสว่างแดนดิน สายต้น SF5 มีผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมากที่สุด (144.59 ตันต่อเฮกตาร์) และพื้นที่อำเภอบ้านแพง สายต้น SF1 มีผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมากที่สุด (129.73 ตันต่อเฮกตาร์) ส่วนพื้นที่อำเภอเซกา สายต้น SF4 มีผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมากที่สุด (158.26 ตันต่อเฮกตาร์) โดยพบว่าความแตกต่างของยูคาลิปตัสแต่ละสายต้นมีผลต่อปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การสะสมสารอาหารในยูคาลิปตัสทั้ง 5 สายต้น พบว่า ปริมาณแคลเซียมมีการสะสมมากที่สุด รองลงมาคือไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกันทั้ง 3 พื้นที่ และพบว่าใบมีความเข้มข้นของสารอาหารมากที่สุด รองลงมาคือ กิ่ง และลำต้น ซึ่งลำต้นจะเป็นส่วนที่มีการสะสมสารอาหารมากที่สุดเนื่องจากมีมวลชีวภาพมากที่สุด และการสะสมสารอาหารจะแปรผันตามสายต้นและ/หรือลักษณะพื้นที่

คำสำคัญ: สายต้นยูคาลิปตัส ผลผลิต ปริมาณสารอาหาร ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

คำนำ

ยูคาลิปตัสเป็นไม้โตเร็วที่ให้ผลผลิตค่อนข้างสูงและให้ผลตอบแทนดี ซึ่งยูคาลิปตัสเป็นไม้ที่มีรอบตัดฟันสั้น ให้ผลผลิตได้ประมาณ 2-3 ครั้ง หรือมากกว่าจากหน่อที่แตกขึ้นมาใหม่ (Khantong, 1989) ยูคาลิปตัสสามารถเติบโตได้ในแทบทุกสภาพพื้นที่ แม้แต่ดินที่เป็นทรายและแห้งแล้ง พื้นที่ดินเลวที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 650 มิลลิเมตรต่อปี รวมทั้งพื้นที่ดินเค็ม ดินเปรี้ยว (Royal Forest Department, 1994) การใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่เกี่ยวกับอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ แผ่นใยไม้อัด แผ่นขึ้นไม้อัด นอกจากนี้ยูคาลิปตัสยังสามารถใช้เพื่อเป็นไม้เสาเข็ม ไม้ค้ำยัน และไม้เชื้อเพลิง ส่งผลให้ยูคาลิปตัสเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและนอกประเทศ

ปัจจุบันจึงมีปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสเป็นจำนวนมากทั้งในพื้นที่ของภาครัฐและเอกชน ถึงแม้ว่ายูคาลิปตัสจะสามารถเติบโตได้ดีในทุกสภาพพื้นที่เป็นไม้โตเร็วที่ปลูกง่ายและตายยาก แต่เป็นที่ทราบกันว่าอัตราการเติบโตของยูคาลิปตัสมีการแปรผันสูงมาก ซึ่งขึ้นอยู่กับแหล่งพันธุกรรม สภาพพื้นที่ รูปแบบการปลูก และการจัดการ นอกจากนี้สวนป่าที่มีรอบตัดฟันสั้นทำให้ปริมาณสารอาหารในดินลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องมาจากการเคลื่อนย้ายมวลชีวภาพที่มีการสะสมปริมาณสารอาหารออกจากพื้นที่ (Ungvichian *et al.*, 1986) ปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลต่อผลผลิตของไม้ในสวนป่านั้นๆ ดังนั้นการคัดเลือกสายต้นยูคาลิปตัสและการพัฒนาสายต้นให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ตลอดจนการรักษาระบบการหมุนเวียนสารอาหารในพื้นที่จึงมี

ความสำคัญเป็นลำดับต้นๆ ของการจัดการที่ดีเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุดและยั่งยืน

การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงความแตกต่างของยูคาลิปตัสสายต้นต่างๆ อายุ 5 ปี ในรูปของผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณสารอาหารที่สะสมในส่วนต่างๆ ของยูคาลิปตัสในแต่ละสายต้นที่ปลูกในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ซึ่งเป็นแหล่งพื้นที่ปลูกยูคาลิปตัสที่สำคัญของประเทศ

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

ทำการศึกษาในแปลงทดสอบสายต้นยูคาลิปตัส อายุ 5 ปี ที่ปลูกในปี พ.ศ. 2550 ทำการเก็บข้อมูลในปี พ.ศ. 2555 ในพื้นที่ 3 จังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ได้แก่ 1) อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดอุดรธานี (WM) 2) อำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม (BP) และ 3) อำเภอเซกา จังหวัดบึงกาฬ (SK) ในแต่ละพื้นที่วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 3 บล็อก บล็อกละ 5 สายต้น สายต้นละ 16 ต้น ได้แก่ SF1 (*Eucalyptus camaldulensis* x *E. deglupta*), SF2 (*E. camaldulensis* x *E. camaldulensis*), SF3 (*E. camaldulensis* x *E. urophylla*), SF4 (*E. camaldulensis* x *E. camaldulensis*) และ SF5 (*E. camaldulensis* x *E. urophylla*) ในแต่ละสายต้นมีระยะปลูก 3×3 เมตร ซึ่งในแต่ละพื้นที่มีปริมาณน้ำฝนแตกต่างกัน โดยพื้นที่ 1), 2) และ 3) มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีอยู่ระหว่าง 1,600-1,800, 1,800-2,000 และ 2,000-2,200 มิลลิเมตรตามลำดับ โดยแปลงทดสอบสายต้นยูคาลิปตัสทั้งหมดอยู่ในชุดดินโพินพิสัย

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

การเก็บข้อมูลมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโดยทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (1.30 เมตรเหนือพื้นดิน, DBH) และความสูงทั้งหมด (H) ของต้นยูคาลิปตัสทุกต้นในแปลง นำค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมาแจกแจงความถี่ 5 อันดับภาคขึ้น แล้วกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยในแต่ละอันดับภาค

ขึ้น จากนั้นเลือกต้นไม้ตามขนาดที่กำหนดแล้วตัดต้นไม้ที่ระดับซิดดิน บันทึกความสูงทั้งหมดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับซิดดิน (D_0) ที่ระดับความสูง 0.30 เมตร (D_{30}) และทุกๆ 1 เมตรจนถึงปลายยอด จากนั้นตัดไม้ที่ระดับความสูง 0.30 เมตรขึ้นไปทุกๆ 1 เมตรออกเป็นท่อนๆ จนถึงปลายยอด บันทึกน้ำหนักสดของลำต้น กิ่ง และใบ แยกเป็นรายท่อน สุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละส่วนของต้นไม้แต่ละต้น บันทึกน้ำหนักสดหลังจากนั้นนำตัวอย่างดังกล่าวไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่อเนื่อง 24-48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักคงที่ บันทึกน้ำหนักแห้งเพื่อที่จะนำไปประมาณค่าน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพต่อไป

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ ของยูคาลิปตัสทุกสายต้น เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์มวลชีวภาพ โดยคำนวณหาร้อยละความชื้น จากนั้นเปลี่ยนน้ำหนักสดให้เป็นน้ำหนักแห้งแล้วสร้างสมการแอลโลเมตริก (allometric equation) ตาม Kira and Shidei (1967) คือ

$$Y = aX^h$$

หรือ $\log Y = \log a + h \log X$

เมื่อ Y = มวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ของต้นไม้
 X = parabolic volume ในรูป D และ D^2H ซึ่ง D และ H คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับต่างๆ และความสูงทั้งหมดของต้นไม้

a, h = ค่าคงที่

เมื่อได้สมการแล้วนำมาสมการที่ได้มาคำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของยูคาลิปตัสทั้ง 5 สายต้นที่ทำการศึกษา

การวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร นำตัวอย่างส่วนลำต้น กิ่ง และใบที่สุ่มเก็บมาทั้งหมด มาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักคงที่ แล้วนำไปบดละเอียด และวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารต่างๆ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) โดยใช้วิธี dry

combustion (Jackson, 1958) ด้วยเครื่อง CHNS Analyzer ส่วนฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) สกัดโดยวิธี wet ashing ด้วยกรด HNO_3 - HClO_4 acid mixture ในอัตราส่วน 5:2 และวิเคราะห์ปริมาณ P (vanadomolybdate yellow color) ด้วยเครื่อง spectrometer วิเคราะห์ปริมาณ K, Ca และ Mg โดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrometer (Attanandana and Chancharoensook, 1999) เพื่อหาปริมาณสารอาหารที่สะสมในส่วนต่างๆ ของต้น ไม้ นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณสารอาหารทั้งหมดที่สะสมในแต่ละสายต้น

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของมวลชีวภาพ และปริมาณสารอาหารในส่วนต่างๆ ของยูคาลิปตัสแต่ละสายต้น โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

ผลและวิจารณ์

ผลผลิตของยูคาลิปตัส

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการประเมินหาผลผลิตของยูคาลิปตัสออกมาในรูปของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินต่อพื้นที่ โดยการสร้างสมการแอลโลเมตริก (allometric equation) (Table 1) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Petmak *et al.* (1987) เพื่อใช้คำนวณหาผลผลิตจากความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกกับความสูง ได้ผลการศึกษาดังนี้

1. พื้นที่อำเภอวังสามหมอ จังหวัดอุดรธานี (WM) พบว่า ยูคาลิปตัสสายต้น SF5 มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนลำต้น กิ่ง และใบ มากกว่าทุกสายต้น ทำให้สายต้น SF5 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมสูงที่สุด (144.59 ตันต่อเฮกเตอร์) รองลงมาได้แก่ SF4, SF3, SF1 และ SF2 ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งแต่ละสายต้นมีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสายต้น SF5 มีความแตกต่างกับสายต้น SF2 ในขณะที่สายต้นอื่นๆ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. พื้นที่อำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม (BP) พบว่า สายต้น SF1 มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในทุกๆ ส่วน สูงที่สุด ซึ่งมวลชีวภาพของกิ่งและใบแต่ละสายต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสายต้น SF1 มีความแตกต่างกับทุกสายต้น และสายต้น SF2 และ SF3 มีความแตกต่างกับ SF4 สำหรับมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวม พบว่า สายต้น SF1 มีค่าสูงที่สุด (129.73 ตันต่อเฮกเตอร์) รองลงมาคือ SF4, SF3, SF2 และ SF5 ตามลำดับ (Table 2) โดยที่ผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมแต่ละสายต้นมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3. พื้นที่อำเภอเซกา จังหวัดบึงกาฬ (SK) พบว่า มวลชีวภาพเหนือพื้นดินส่วนลำต้นของสายต้น SF4 มีค่ามากที่สุด ขณะที่กิ่งของสายต้น SF1 มีค่ามากที่สุด และใบของสายต้น SF2 มีค่ามากที่สุด ส่วนมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวม พบว่า สายต้น SF4 มีค่าสูงที่สุด (158.26 ตันต่อเฮกเตอร์) รองลงมาคือ SF1, SF5, SF3 และ SF2 ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งแต่ละสายต้นมีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการศึกษาพบว่า มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของแต่ละสายต้นใน 3 พื้นที่ มีค่ามากกว่าการศึกษาของ Insuan (2005) ที่ศึกษาศักยภาพของพื้นที่สำหรับการปลูกยูคาลิปตัสในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างพบว่า พื้นที่ที่เหมาะสมและไม่เหมาะสมกับการปลูกยูคาลิปตัสให้ผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวม 67.5 และ 31.06 ตันต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ แต่มีค่าใกล้เคียงกับมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมของยูคาลิปตัสยูโรฟิลล่าอายุ 4 ปี (77.63 ตันต่อเฮกเตอร์) และ 5 ปี (90.93 ตันต่อเฮกเตอร์) (Chernkhuntod, 2007) และ Baker *et al.* (2003) ที่ศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมของยูคาลิปตัสยูโรฟิลล่าอายุ 5 ปี มีค่าเท่ากับ 82.5 ตันต่อเฮกเตอร์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และสภาพพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน ตลอดจนในปัจจุบันการปรับปรุงพันธุ์ยูคาลิปตัสให้มีสายต้นที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ที่มีความหลากหลายของสายพันธุ์มากขึ้น จึงทำให้มีการเติบโตอย่างสม่ำเสมอและมีผลผลิตมวลชีวภาพที่เพิ่มมากขึ้น

Table 1 Allometric equation of various 5-year-old eucalypt clones at three sites.

Clones	WM			BP			SK		
	Equation	R ²	Equation	R ²	Equation	R ²	Equation	R ²	R ²
SF1	$W_s = 0.0432DBH^2H^{0.9137}$	0.9990**	$W_s = 0.0082DBH^2H^{1.1063}$	0.9948**	$W_s = 0.0104DBH^2H^{1.0781}$	0.9901**			
	$W_b = 0.0005DBH^2H^{1.2326}$	0.9744**	$W_b = 0.0146DBH^2H^{0.7902}$	0.9394**	$W_b = 0.0012DBH^2H^{1.0945}$	0.9892**			
	$W_l = 0.0008DBH^2H^{1.0509}$	0.9777**	$W_l = 0.0558DBH^2H^{0.5575}$	0.9666**	$W_l = 0.0012DBH^2H^{0.9909}$	0.9652**			
SF2	$W_s = 0.0903DBH^2H^{0.8068}$	0.9632**	$W_s = 0.0273DBH^2H^{0.9469}$	0.9945**	$W_s = 0.0277DBH^2H^{0.9279}$	0.9747**			
	$W_b = 0.0005DBH^2H^{1.1470}$	0.9676**	$W_b = 0.3439DBH^2H^{0.4024}$	0.9591**	$W_b = 0.0718DBH^2H^{0.5937}$	0.9127**			
	$W_l = 0.0193DBH^2H^{0.6310}$	0.9620**	$W_l = 0.0510DBH^2H^{0.5318}$	0.9524**	$W_l = 0.1018DBH^2H^{0.4957}$	0.9201**			
SF3	$W_s = 0.0233DBH^2H^{1.0101}$	0.9943**	$W_s = 0.0200DBH^2H^{1.0125}$	0.9904**	$W_s = 0.0247DBH^2H^{0.9757}$	0.9985**			
	$W_b = 0.0027DBH^2H^{1.0262}$	0.9723**	$W_b = 0.7859DBH^2H^{0.2863}$	0.9470**	$W_b = 0.0006DBH^2H^{1.1936}$	0.9087**			
	$W_l = 0.0027DBH^2H^{0.8931}$	0.9733**	$W_l = 0.0412DBH^2H^{0.5560}$	0.9015**	$W_l = 0.0101DBH^2H^{0.7306}$	0.9629**			
SF4	$W_s = 0.0228DBH^2H^{1.005}$	0.9925**	$W_s = 0.0278DBH^2H^{0.9803}$	0.9982**	$W_s = 0.0122DBH^2H^{1.0644}$	0.9903**			
	$W_b = 0.0002DBH^2H^{1.3355}$	0.9307**	$W_b = 0.0020DBH^2H^{0.9391}$	0.8359*	$W_b = 0.0001DBH^2H^{1.5962}$	0.9555**			
	$W_l = 0.0012DBH^2H^{0.9407}$	0.9662**	$W_l = 0.0056DBH^2H^{0.7200}$	0.8544*	$W_l = 0.0063DBH^2H^{0.7115}$	0.9087**			
SF5	$W_s = 0.0461DBH^2H^{0.9130}$	0.9857**	$W_s = 0.0132DBH^2H^{1.0699}$	0.9977**	$W_s = 0.0155DBH^2H^{1.0306}$	0.9973**			
	$W_b = 0.0005DBH^2H^{1.2312}$	0.9713**	$W_b = 0.0281DBH^2H^{0.7145}$	0.9049**	$W_b = 0.0520DBH^2H^{0.6401}$	0.9597**			
	$W_l = 0.0390DBH^2H^{0.9566}$	0.9402**	$W_l = 0.0256DBH^2H^{0.6305}$	0.9645**	$W_l = 0.0112DBH^2H^{0.6883}$	0.9762**			

Remarks: W_s = stem biomass (kg), W_b = branch biomass (kg), W_l = leaf biomass (kg), DBH = diameter at breast height (cm), H = total height (m),

R^2 = coefficient of determination, ** highly relative significant difference ($p \leq 0.01$), * relative significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 2 Aboveground biomass (ton/ha) of various eucalypt clones at three sites.

clones	WM			
	Stem	Branch	Leaf	Total
SF 1	91.09 ^{ab}	15.92 ^a	5.40 ^{ab}	112.42 ^{ab}
SF 2	71.88 ^b	6.94 ^b	3.56 ^c	82.38 ^b
SF 3	102.93 ^a	13.54 ^{ab}	4.5b ^c	120.97 ^{ab}
SF 4	111.28 ^a	16.08 ^a	3.40 ^c	130.76 ^a
SF 5	117.95 ^a	20.35 ^a	6.29 ^a	144.59 ^a
F-value	4.18 [*]	5.16 [*]	5.44 [*]	4.17 [*]
clones	BP			
	Stem	Branch	Leaf	Total
SF 1	110.12	12.87 ^a	6.74 ^a	129.73
SF 2	58.48	9.01 ^b	3.76 ^b	71.25
SF 3	73.97	8.19 ^b	3.70 ^b	85.85
SF 4	85.01	4.37 ^c	2.07 ^c	91.44
SF 5	53.62	6.94 ^{bc}	3.29 ^c	63.86
F-value	3.76 ^{ns}	8.45 [*]	13.64 ^{**}	3.81 ^{ns}
clones	SK			
	Stem	Branch	Leaf	Total
SF 1	133.19	17.81	6.99	158.01
SF 2	87.48	12.02	7.29	106.80
SF 3	88.91	14.49	4.39	107.79
SF 4	141.87	13.15	3.27	158.26
SF 5	134.16	14.39	4.73	153.28
F-value	2.17 ^{ns}	0.89 ^{ns}	3.53 ^{ns}	1.63 ^{ns}

Remarks: Means followed by the same letter within each column were not significant differences (DMRT = 0.05)

** = highly significant difference ($p \leq 0.01$)

* = significant difference ($p \leq 0.05$)

ns = non significant difference ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาผลผลิตมวลชีวภาพรวมแต่ละสายต้นทั้ง 3 พื้นที่ พบว่า สายต้น SF4 ในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับสายต้น SF5 ส่วนในสายต้น SF1, SF2 และ SF3 ทั้ง 3 พื้นที่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

นอกจากนี้ยังพบว่า ความแตกต่างของสายต้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ

Nualngam (2002) ที่พบว่า มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในสวนป่ายูคาลิปตัส มีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องของสภาพพื้นที่ และพันธุกรรม โดยส่วนลำต้นจะมีมวลชีวภาพสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ กิ่ง และใบ ตามลำดับ (Bernardo *et al.*, 1998)

ปริมาณสารอาหารที่สะสมในยูคาลิปตัส

จากการศึกษาปริมาณสารอาหารที่สะสมในยูคาลิปตัสในแต่ละสายต้นทั้ง 3 พื้นที่ พบว่า ปริมาณ

ความเข้มข้นของสารอาหารในแต่ละส่วนของยูคาลิปตัส มีแนวโน้มเดียวกัน โดยที่ส่วนของใบมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ กิ่ง และลำต้น ตามลำดับ (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Toky and Singh (1995) ที่ทำการศึกษาพลวัตของสารอาหารในไม้ *Eucalyptus tereticornis* และ Deans *et al.* (2003) ที่ศึกษาปริมาณสารอาหารในยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส และไม้อื่นๆ ในพื้นที่แห้งแล้งของเซเนกัล พบว่า ใบมีความเข้มข้นของสารอาหารมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ผล เปลือก กิ่ง และลำต้น ตามลำดับ สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบสารอาหารที่สะสมในส่วนต่างๆ ทั้งหมด 5 ชนิดด้วยกัน คือ N, P, K, Ca และ Mg โดยในแต่ละพื้นที่ได้ผลการศึกษาดังนี้

1. พื้นที่อำเภอสว่างสามหมอก จังหวัดอุดรธานี (WM) พบว่า ส่วนลำต้นมีปริมาณของการสะสมสารอาหารมากที่สุด โดยที่สายต้น SF5 มีการสะสมของปริมาณ N, K และ Mg ซึ่งปริมาณ N และ Mg ที่สะสมในแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่สายต้น SF5 มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ และแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันของ K อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณการสะสม P พบว่า สายต้น SF3 มีค่าสูงที่สุด ซึ่งยูคาลิปตัสแต่ละ

สายต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยที่สายต้น SF3 มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ ส่วนปริมาณการสะสม Ca พบว่า สายต้น SF4 มีปริมาณการสะสมมากที่สุด ซึ่งแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยที่สายต้น SF3, SF4 และ SF5 มีความแตกต่างจากสายต้น SF1 และ SF2 (Table 4)

2. พื้นที่อำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม (BP) พบว่า ส่วนลำต้นมีการสะสมสารอาหารมากที่สุด โดยที่สายต้น SF1 มีการสะสม N, P, K และ Mg สูงที่สุด ซึ่งปริมาณ N มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ปริมาณ P ของแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยที่สายต้น SF1 และ SF5 แตกต่างจากสายต้น SF2, SF3 และ SF4 ส่วนการสะสมปริมาณ K และ Mg พบว่าแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่สายต้น SF1 แตกต่างกับสายต้นอื่นๆ และสายต้น SF4 มีปริมาณการสะสม Ca สูงที่สุด ซึ่งแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยที่สายต้น SF4 แตกต่างกับสายต้นอื่นๆ และ SF1 กับ SF5 มีความแตกต่างจากสายต้น SF2 (Table 4)

Table 3 Nutrient concentration (% dry weight) of various eucalypt clones at three sites.

Parts	Clones	WM					BP					SK				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Stem	SF1	0.16 ^b	0.08	0.19	0.26	0.04 ^b	0.10	0.05 ^b	0.21 ^a	0.17 ^b	0.06 ^b	0.11 ^b	0.09	0.21	0.38	0.05
	SF2	0.22 ^a	0.10	0.20	0.42	0.06 ^{ab}	0.14	0.05 ^c	0.16 ^{bc}	0.18 ^b	0.05 ^b	0.18 ^a	0.20	0.24	0.21	0.05
	SF3	0.24 ^a	0.14	0.17	0.52	0.05 ^b	0.15	0.03 ^c	0.15 ^c	0.26 ^b	0.06 ^b	0.12 ^b	0.10	0.19	0.52	0.05
	SF4	0.20 ^{ab}	0.10	0.17	0.56	0.05 ^b	0.12	0.04 ^c	0.19 ^{ab}	0.66 ^a	0.07 ^b	0.11 ^b	0.15	0.24	0.59	0.05
	SF5	0.26 ^a	0.07	0.17	0.43	0.08 ^a	0.13	0.15 ^a	0.19 ^{ab}	0.55 ^a	0.09 ^a	0.15 ^{ab}	0.14	0.16	0.31	0.06
F-value		3.75 [*]	1.56 ^{ns}	1.19 ^{ns}	2.28 ^{ns}	3.92 [*]	2.24 ^{ns}	9.70 ^{**}	4.46 ^{**}	7.25 ^{**}	4.94 ^{**}	4.29 [*]	1.18 ^{ns}	0.59 ^{ns}	1.40 ^{ns}	0.20 ^{ns}
Branch	SF1	0.39	0.06	0.41	0.79	0.18 ^a	0.25	0.10	0.43 ^{ab}	0.51	0.16 ^a	0.30	0.09	0.49	0.74	0.13 ^a
	SF2	0.37	0.08	0.41	0.77	0.14 ^{ab}	0.37	0.07	0.39 ^b	0.36	0.10 ^c	0.37	0.22	0.51	0.62	0.09 ^b
	SF3	0.39	0.11	0.42	1.05	0.13 ^{ab}	0.40	0.06	0.42 ^b	0.65	0.14 ^{ab}	0.34	0.13	0.48	0.74	0.11 ^a
	SF4	0.41	0.09	0.48	0.79	0.08 ^c	0.31	0.11	0.45 ^{ab}	0.48	0.08 ^c	0.26	0.10	0.56	0.52	0.04 ^c
	SF5	0.42	0.09	0.45	0.79	0.11 ^{bc}	0.40	0.10	0.49 ^a	0.64	0.10 ^{bc}	0.34	0.10	0.47	0.44	0.08 ^b
F-value		0.72 ^{ns}	0.48 ^{ns}	1.75 ^{ns}	0.83 ^{ns}	5.73 ^{**}	2.72 ^{ns}	0.52 ^{ns}	3.28 [*]	1.46 ^{ns}	5.65 ^{**}	1.69 ^{ns}	2.17 ^{ns}	0.38 ^{ns}	1.86 ^{ns}	14.56 ^{**}
Leaf	SF1	1.65 ^a	0.14	0.86 ^{ab}	1.15 ^b	0.28 ^{bc}	1.84 ^a	0.15	0.88	1.08	0.28	1.68	0.12	0.97 ^{ab}	0.79 ^b	0.25 ^{bc}
	SF2	1.51 ^b	0.13	0.74 ^b	1.42 ^{ab}	0.33 ^a	1.64 ^b	0.11	0.94	1.17	0.31	1.65	0.22	0.79 ^c	1.18 ^b	0.30 ^a
	SF3	1.42 ^b	0.19	0.95 ^a	1.48 ^b	0.26 ^c	1.69 ^{ab}	0.12	1.02	1.07	0.27	1.72	0.18	0.99 ^{ab}	1.02 ^b	0.24 ^c
	SF4	1.50 ^b	0.11	1.01 ^a	1.74 ^a	0.25 ^c	1.60 ^b	0.14	1.12	0.91	0.29	1.50	0.16	1.02 ^a	1.62 ^a	0.20 ^d
	SF5	1.52 ^b	0.15	0.88 ^b	1.49 ^{ab}	0.30 ^{ab}	1.81 ^b	0.16	1.02	0.92	0.30	1.69	0.17	0.88 ^{bc}	1.63 ^a	0.28 ^{ab}
F-value		6.88 ^{**}	1.05 ^{ns}	4.82 ^{**}	3.67 [*]	7.93 ^{**}	4.64 ^{**}	0.75 ^{ns}	2.21 ^{ns}	0.56 ^{ns}	2.82 ^{ns}	1.63 ^{ns}	0.60 ^{ns}	5.82 ^{**}	5.98 ^{**}	17.94 ^{**}

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

3. พื้นที่อำเภอเซกา จังหวัดบึงกาฬ (SK) พบว่า ส่วนลำต้นมีปริมาณของการสะสมสารอาหารสูงที่สุด ซึ่งสายต้น SF5 มีการสะสม N สูงที่สุด และปริมาณการสะสม N แต่ละสายต้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และสายต้น SF4 มีปริมาณการสะสม P, K และ Ca สูงที่สุด ซึ่งแต่ละสายต้นมีปริมาณการสะสม P และ

K แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณการสะสม Ca แต่ละสายต้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่สายต้น SF4 มีความแตกต่างจากสายต้น SF2, SF3 และ SF5 และพบว่า สายต้น SF1 มีปริมาณการสะสม Mg สูงที่สุด โดยที่แต่ละสายต้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4)

Table 4 Nutrient content (kg/ha) of various eucalypt clones at three sites.

Clones	WM				
	N	P	K	Ca	Mg
SF1	300.48 ^b	91.70 ^c	284.63	428.19 ^b	83.00 ^b
SF2	239.03 ^b	82.19 ^c	199.21	403.87 ^b	64.01 ^b
SF3	362.48 ^{ab}	166.46 ^a	273.79	744.88 ^a	85.02 ^b
SF4	341.81 ^b	131.66 ^b	298.54	810.65 ^a	76.68 ^b
SF5	483.22 ^a	110.44 ^{bc}	344.61	765.35 ^a	131.37 ^a
F-value	5.73 ^{**}	14.38 ^{**}	3.38 ^{ns}	9.85 ^{**}	6.10 [*]
Clones	BP				
	N	P	K	Ca	Mg
SF1	266.48	124.86 ^a	342.87 ^a	324.35 ^b	102.55 ^a
SF2	177.96	40.63 ^b	163.34 ^b	179.36 ^c	48.68 ^b
SF3	206.31	27.14 ^b	178.93 ^b	284.05 ^{bc}	63.36 ^b
SF4	145.15	44.34 ^b	204.06 ^b	507.29 ^a	64.79 ^b
SF5	154.56	91.66 ^a	172.04 ^b	369.06 ^b	64.14 ^b
F-value	3.72 ^{ns}	9.65 ^{**}	5.84 [*]	13.99 ^{**}	4.65 [*]
Clones	SK				
	N	P	K	Ca	Mg
SF1	312.36	147.53	441.65	691.84 ^{ab}	100.61
SF2	321.33	215.62	330.24	342.60 ^c	73.51
SF3	229.09	114.39	278.57	614.41 ^{bc}	74.54
SF4	244.68	224.28	449.73	959.15 ^a	80.48
SF5	324.82	209.39	316.87	557.55 ^{bc}	97.96
F-value	0.91 ^{ns}	2.21 ^{ns}	1.74 ^{ns}	6.71 [*]	0.92 ^{ns}

Remarks: Means followed by the same letter within each column were not significant differences (DMRT = 0.05)

** = highly significant difference ($p \leq 0.01$)

* = significant difference ($p \leq 0.05$)

ns = non significant difference ($p > 0.05$)

จากการศึกษาปริมาณสารอาหารครั้งนี้ จะเห็นได้ว่าค่าของปริมาณการสะสมสารอาหารของยูคาลิปตัสแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องปัจจัยภายในของแต่ละสายต้นและปัจจัยภายนอกจากสภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นที่ ซึ่งสอดคล้องกับ Deans *et al.* (2003) ที่รายงานไว้ว่าปริมาณการสะสมสารอาหารของต้นไม้ นั้นจะมีความแตกต่างกันไปตามสายต้น ลักษณะพื้นที่ และสารอาหารที่ต้นไม้ได้รับจากดิน นอกจากนี้จากการศึกษาของ Harmand *et al.* (2004) พบว่ายูคาลิปตัสสะสมสารอาหารไว้ในส่วนของลำต้นมากที่สุด

สรุป

1. ยูคาลิปตัสสายต้น SF5 ในพื้นที่อำเภอวังสามหมอ จังหวัดอุดรธานี มีผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมมากที่สุด (144.59 ตันต่อเฮกแตร์) รองลงมา เป็นสายต้น SF4, SF3, SF1 และ SF2 ตามลำดับ ส่วนยูคาลิปตัสสายต้น SF1 ในพื้นที่อำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม มีปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมมากที่สุด (129.73 ตันต่อเฮกแตร์) รองลงมา เป็นสายต้น SF4, SF3, SF2 และ SF5 ตามลำดับ และยูคาลิปตัสสายต้น SF4 ในพื้นที่อำเภอเซกา จังหวัดบึงกาฬ มีปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมมากที่สุด (158.26 ตันต่อเฮกแตร์) รองลงมา เป็นสายต้น SF1, SF5, SF3 และ SF2 ตามลำดับ สำหรับการปลูกยูคาลิปตัสสายต้น SF1, SF2, SF3, SF4 และ SF5 ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยช่วงตั้งแต่ 1,600-2,200 มิลลิเมตร พบว่าสายต้นของยูคาลิปตัสจะเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อผลผลิตมวลชีวภาพ

2. ยูคาลิปตัสทุกสายต้นมีการสะสมแคลเซียมมากที่สุด รองลงมาคือ ไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม ซึ่งทั้ง 3 พื้นที่มีแนวโน้มเดียวกัน และส่วนของใบมีความเข้มข้นของสารอาหารมากที่สุด รองลงมาคือ กิ่ง และลำต้น ตามลำดับ ส่วนปริมาณสารอาหารที่สะสมในส่วนต่างๆ พบว่า ส่วน

ของลำต้นจะมีการสะสมสารอาหารมากที่สุด ซึ่งปริมาณการสะสมสารอาหารจะแตกต่างกันไปตามสายต้นและลักษณะของพื้นที่นั้นๆ

3. ยูคาลิปตัสสายต้น SF4 เป็นสายต้นที่เหมาะสมในการนำไปปลูกในพื้นที่จังหวัดอุดรธานี นครพนม และบึงกาฬ เนื่องจากมีแนวโน้มการเติบโตที่ดีตลอดจนให้ผลผลิตมวลชีวภาพสูงในทุกพื้นที่ศึกษา

4. ภายหลังการทำไม้ยูคาลิปตัสออก ควรทิ้งกิ่งและใบไว้ในพื้นที่ เพื่อให้สารอาหารที่เกิดจากการย่อยสลายซากกิ่งและใบ โดยจุลินทรีย์กลับคืนสู่ดิน ซึ่งเป็นการช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ให้เกิดขึ้นในอีกแนวทางหนึ่ง

คำนิยม

ขอขอบคุณ บริษัทสยามฟอเรสทรี จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำการวิจัยตลอดจนเจ้าหน้าที่ของบริษัทฯ ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลภาคสนามจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

REFERENCES

- Attanandana, T. and J. Chanchaoensook. 1999. **Soil and Plant Analysis**. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok.
- Baker, T., J. Morris, M. Duncan, Z. Ningnan, Y. Zengjiang, H. Zhihong and C. Guowei. 2003. Tree and stand growth and biomass relationships for *Eucalyptus urophylla* and *E. 12ABL* on the Leizhou Peninsula Guangdong province, China, pp. 174-182. *In Eucalypts in Asia, Proceedings of an International Conference*. 7-11 April 2003. Zhanjiang, Guangdong, People's Republic of China.

- Bernardo, A. L., M. G. F. Reis, G. G. Reis, R. B. Harrison and D. J. Firme. 1998. Effect of spacing on growth and biomass distribution in *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* and *E. urophylla* plantations in southeastern Brazil. **For. Ecol. Manage.** 104: 1-13.
- Chernkhuntod, C. 2007. **Aboveground Carbon Storage in *Eucalyptus urophylla* Plantation at Sakaerat Silvicultural Research Station, Nakhon Rachasima Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University.
- Deans, J. D., O. Diagne, J. Nizinski, D. K. Lindley, M. Seck, K. Ingleby and R. C. Munro. 2003. Comparative growth, biomass production, nutrient use and soil amelioration by nitrogen-fixing tree species in semi-arid Senegal. **For. Ecol. Manage.** 176: 253-264.
- Harmand, J. M., C. F. Njiti, F. Bernhard-Reversat and H. Puig. 2004. Aboveground and belowground biomass, productivity and nutrient accumulation in tree improved fallows in the dry tropics of Cameroon. **For. Ecol. Manage.** 188: 249-265.
- Insuan, W. 2005. **Physical Potential of Area for *Eucalyptus camaldulensis* Planting in the Lower Northeast Part.** M.S. Thesis, Kasetsart University.
- Jackson, M. L. 1958. **Soil Chemical Analysis.** Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.
- Khantong, Y. 1989. **Effect of Cutting Height on the Sprouting Ability of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. at Somdet Plantation Changwat Kalasin.** M.S. Thesis, Kasetsart University.
- Kira, T. and T. Shidei. 1967. Primary production and turnover of organic matter in difference forest ecosystems of the Western Pacific. **Jap. J. Ecol.** 17(2): 70-87.
- Nualngam, S. 2002. **Role of Reforestation on Carbon Sink and Some Soil Properties at Re-afforestation Research and Training Station, Changwat Nakhon Ratchasima.** M.S. Thesis, Kasetsart University.
- Petmak, P., B. Boontawee, S. Kiratiprayoon and S. Boonyuen. 1987. Stem biomass and volume tables of *Eucalyptus camaldulensis*. **Thai J. For.** 6 (3): 399-413.
- Royal Forest Department. 1994. **Farmer Manual (1): Economic Fast Growing Tree.** Private Reforestation Division, Reforestation Promotion Office, Royal Forest Department, Bangkok.
- Toky, O. P. and V. Singh. 1995. Nutrient dynamics in *Leucaena*, *Acacia* and *Eucalyptus*, short rotation, high density ('energy') plantations in arid India. **J. Arid Environ.** 31: 401-413.
- Ungvichian, I., K. Yuntasatha, P. Boonklinkhajorn and P. Buranasilpin. 1986. **Problem and Effect of *Eucalyptus* on Environment.** Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Bangkok.