นิพนธ์ต้นฉบับ

การเติบโต มวลชีวภาพ และปริมาณสารอาหารของสายต้นอะเคเซียลูกผสม ในจังหวัดสระแก้ว

Growth, Biomass and Nutrient Content of Acacia Hybrid Clones in Sa Kaeo Province

จิรนิติ เชิงสะอาด **Jiraniti Choengsaad**
รุ่งเรือง พูลศิริ* **Roongreang Poolsiri***
สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ **Sapit Diloksumpun**

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, 10900 Thailand
*Corresponding Author, E-mail: fforrrp@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 5 พฤศจิกายน 2558 รับลงพิมพ์ 21 ธันวาคม 2558

ABSTRACT

Growth, biomass and nutrient of acacia hybrid clones planted in Sa Kaeo province was conducted by using randomized complete block design (RCBD) in 4 years old acacia hybrid clones. The spacing of tree planting was 3x3 m with 4 blocks. Each block consisted of 6 clones, i.e., 1, 3, 5, 14, 18 and 19. Each clone planted 24 trees.

The result showed that diameter at ground level, DBH and total height were highest in clone 14 and were lowest in clone 18. Survival rates of clone 3, 5 and 14 were highest and were lowest in clone 18 and 19. Aboveground biomass of clone 1 was highest (76.22 t ha^{-1}) and clone 18 was lowest (18.88 t ha^{-1}). Calcium cententrations of stem and branch were highest followed by nitrogen, potassium and phosphorus but magnesium of those were lowest. Meanwhile, leaf had highest in calcium concentration followed by nitrogen, potassium and magnesium but phosphorus in that was lowest.

Nutrient accumulation in stem and branch had the same trend. Calcium was highest followed by nitrogen, potassium and phosphorus but magnesium of those was lowest. While, leaf had highest the calcium accumulation followed by nitrogen, potassium, magnesium and phosphorus.

Keywords: growth, biomass, nutrient content, clone, acacia hybrid, Sa Kaeo

บทคัดย่อ

การเติบโต มวลชีวภาพ และปริมาณสารอาหารของสายต้นอะเคเซียลูกผสมที่ปลูกในจังหวัดสระแก้ว ได้ทำการศึกษาโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) ในแปลงปลูกไม้อะเคเซียลูกผสม อายุ 4 ปี โดยมีระยะปลูก 3×3 เมตร จำนวน 4 บล็อก บล็อกละ 6 สายต้น ในแต่ละสายต้นปลูก จำนวน 24 ต้น ได้แก่ สายต้น 1, 3, 5, 14, 18 และ 19

ผลการศึกษาพบว่า การเติบโตของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงมีมากที่สุดในสายต้น 14 และน้อยที่สุดในสายต้น 18 ส่วนอัตราการรอดตาย สายต้น 3, 5 และ 14 มีค่ามากที่สุด และน้อยที่สุดในสายต้น 18 และ 19 ขณะที่มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน สายต้น 1 มีค่ามากที่สุด (76.22 ตันต่อเฮกตาร์) และสายต้น 18 มีค่าน้อยที่สุด (18.88 ตันต่อเฮกตาร์) นอกจากนี้ความเข้มข้นของแคลเซียมในส่วนของลำต้นและกิ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียมน้อยที่สุด ขณะที่ส่วนของใบมีความเข้มข้นของแคลเซียมมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ไนโตรเจน โพแทสเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัสน้อยที่สุด

ปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนของลำต้น และกิ่ง มีแนวโน้มเหมือนกัน คือ ปริมาณแคลเซียมมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียมน้อยที่สุด ขณะที่ในส่วนของใบการสะสมของแคลเซียมมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ไนโตรเจน โพแทสเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส

คำสำคัญ: การเติบโต มวลชีวภาพ ปริมาณสารอาหาร สายต้น อะเคเซียลูกผสม สระแก้ว

คำนำ

ไม้สกุลอะเคเซีย เป็นไม้โตเร็วชนิดหนึ่งที่มีการกระจายพันธุ์อยู่ทั่วโลกประมาณ 1,300 ชนิด โดยมีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติตั้งแต่ทวีปออสเตรเลีย เอเชีย แอฟริกา จนถึงทวีปอเมริกา ซึ่งเป็นไม้ที่สามารถเติบโตได้ในทุกสภาพพื้นที่ และยังมีคุณสมบัติในการตรึงไนโตรเจนทำให้มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการปรับปรุงดิน ประเทศไทยได้มีการนำเข้ามาปลูกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2478 ซึ่งคุณสมบัติของเนื้อไม้สกุลนี้เหมาะแก่การทำเฟอร์นิเจอร์ และเป็นไม้ใช้สอยได้เป็นอย่างดี (Luangviriyasaeng, 2013)

ในช่วงแรกได้มีการนำเข้ากระถินณรงค์ซึ่งเป็นไม้สกุลอะเคเซียชนิดหนึ่งจากต่างประเทศ เพราะเชื่อว่าสามารถเติบโตได้ดีในสภาพพื้นที่ที่เสื่อมโทรม และเป็นไม้ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายประการ เนื้อไม้มีคุณภาพดี เป็นไม้เนื้อแข็ง จึงได้มีการนำมาปลูกในรูปแบบของสวนป่าในประเทศไทย (Luangviriyasaeng *et al.*, 1995) หลังจากนั้นได้มีการปรับปรุงพันธุ์ไม้สกุลอะเคเซียให้มีความเหมาะสมกับประเทศไทยมากขึ้น เกิดเป็นไม้อะเคเซียลูกผสมสายต้น (clone) ต่างๆ ทำให้ในปัจจุบันทั้งภาครัฐและเอกชนให้ความสนใจกับไม้อะเคเซียลูกผสมกันมาก มีการส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าไม้อะเคเซียลูกผสมต่างๆ และได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมไม้ซึ่งมีแนวโน้มความต้องการในการใช้ไม้สูงขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์สายต้นอะเคเซียลูกผสมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อให้ได้มาซึ่งสายต้นที่มีลักษณะตามความต้องการ แต่ทั้งนี้การเติบโตของแต่ละสายต้นก็ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ปลูกและการจัดการดูแล เพื่อให้ได้สายต้นอะเคเซียลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงจึงต้องเลือกสายต้นที่เหมาะกับสภาพพื้นที่นั้นๆ ด้วยเช่นกัน

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการเติบโต มวลชีวภาพ และปริมาณสารอาหารในส่วนต่างๆ ของสายต้นอะเคเซียลูกผสมที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดสระแก้ว

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ดำเนินการในพื้นที่สวนป่าบริษัท สโตร่า เอ็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ 86 หมู่ที่ 4 ตำบลหนองตะเคียนบอน อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว ซึ่งเป็นจังหวัดชายแดนด้านตะวันออกตอนบนของประเทศ อำเภอวัฒนานครมีเนื้อที่ประมาณ 1,560.12 ตารางกิโลเมตร สภาพทั่วไปของพื้นที่โดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบถึงราบสูง และมีภูเขาสูงสลับซับซ้อน มีระดับความสูงจากน้ำทะเล 74 เมตร สภาพภูมิอากาศแบ่งเป็น 3 ฤดูกาล 1) ฤดูร้อน เริ่มต้นแต่เดือนกุมภาพันธ์-เมษายน 2) ฤดูฝน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-ตุลาคม ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,296-1,539 มิลลิเมตร 3) ฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-มกราคม อากาศเย็นและมีหมอกในตอนเช้า อุณหภูมิโดยเฉลี่ย 27.50-28.78 องศาเซลเซียส (Department of Information Technology and Communications, 2015) นอกจากนี้ในพื้นพี่ตำบลหนองตะเคียนบอน ประกอบด้วยกลุ่มชุดดินที่ 6, 22, 31, 35, 35gm, 38, 40, 40gm, 41, 48 และ 48gm ซึ่งมีลักษณะเป็นดินเหนียว ดินร่วนละเอียด ดินร่วนหยาบ ดินร่วนเหนียว และดินตื้นถึงก้อนหินหรือเศษหิน ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นด่าง การระบายน้ำเลวถึงดีปานกลาง และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง (Division of Soil Survey and Soil Resources Research, Land Development Department, 2015)

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) ในแปลงปลูกไม้อะเคเซียลูกผสม อายุ 4 ปี ในพื้นที่สวนป่าของจังหวัดสระแก้ว โดยมีระยะปลูก 3x3 เมตร จำนวน 4 บล็อก บล็อกละ 6 สายต้น ในแต่ละสายต้นปลูก จำนวน 24 ต้น ได้แก่ สายต้น 1, 3, 5, 14, 18 และ 19 ดังรายละเอียดใน Table 1

Table 1 Clone details of 6 acacia hybrid clones.

Code No.	Clone ID	Female Parent	Male Parent
1	1/1/11	NT1	QLD1
3	1/1/16	NT2	AM
5	13/8/7	PNG1	QLD2
14	29/16/24	QLD1	QLD3
18	32/18/24	QLD2	NT3
19	33/19/9	QLD2	PNG1

Remarks: NT = Northern Territories, QLD = Queensland, PNG = Papua New Guinea, AM = *Acacia mangium*

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

การเก็บข้อมูลมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโดยทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (D_0) เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงทั้งหมด (H) ของต้นไม้ทุกต้นในแปลง นำค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมาแจกแจงความถี่ 5 อันตรภาคชั้น แล้วกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยในแต่ละอันตรภาคชั้น จากนั้นเลือกต้นไม้ตามขนาดที่กำหนด แล้วตัดต้นไม้ที่ระดับชิดดิน บันทึกความสูงทั้งหมดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน (D_0) ที่ระดับความสูง 0.30 เมตร (D_{30}) และทุกๆ 1 เมตรจนถึงปลายยอด จากนั้นตัดไม้ที่ระดับความสูง 0.30 เมตรขึ้นไปทุกๆ 1 เมตร ออกเป็น

ท่อนๆ จนถึงปลายยอด บันทึกน้ำหนักสดของลำต้น กิ่ง และใบ แยกเป็นรายท่อน สุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละส่วนของต้นไม้แต่ละต้น บันทึกน้ำหนักสด หลังจากนั้นนำตัวอย่างดังกล่าวไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่อเนื่อง 24-48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักคงที่ ที่ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แล้วบันทึกน้ำหนักแห้งเพื่อที่จะนำไปประมาณค่าน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพ และหาปริมาณสารอาหารต่อไป

การวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์มวลชีวภาพ โดยคำนวณหาร้อยละความชื้น จากนั้นเปลี่ยนน้ำหนักสดให้เป็นน้ำหนักแห้ง แล้วสร้างสมการแอลโลเมตรี (allometric equation) ตาม Satoo and Senda (1958) 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

เมื่อได้สมการแล้วนำสมการที่หาได้มาคำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของแต่ละสายต้นที่ทำการศึกษา

การวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร นำตัวอย่างส่วนลำต้น กิ่ง และใบ ที่อบที่อุณหภูมิ 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) เพื่อหาปริมาณสารอาหารที่สะสมในส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณสารอาหารทั้งหมดที่สะสมในแต่ละสายต้น

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของมวลชีวภาพและปริมาณสารอาหารในส่วนต่างๆ ของสายต้นอะเคเซียลูกผสมแต่ละสายต้น โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

ผลและวิจารณ์

การเติบโต

1. การเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน

อะเคเซียลูกผสมแต่ละสายต้นมีการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินที่แตกต่างกันไป จากการศึกษาพบว่า สายต้น 14 มีการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้น 5, 1, 3, 19 และสายต้น 18 มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินของไม้อะเคเซียลูกผสมทั้ง 6 สายต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (Table 2)

Table 2 Growth of 6 acacia hybrid clones.

Clones	D_0 (cm)	DBH (cm)	Height (m)	Survival rate (%)
1	13.90±1.39^{bc}	10.46±1.26^{ab}	10.73±0.36^{bc}	91.67±9.62
3	12.51±0.52^{c}	9.78±0.64^{b}	10.35±0.65^{c}	100.00±0.00
5	14.25±0.86^{ab}	10.89±0.59^{ab}	11.30±0.46^{ab}	100.00±0.00
14	15.52±1.09^{a}	11.34±0.62^{a}	11.84±0.63^{a}	100.00±0.00
18	10.69±1.34^{d}	7.57±0.75^{c}	9.05±0.83^{d}	87.50±25.00
19	12.36±0.57^{c}	9.87±0.55^{b}	10.25±0.60^{c}	87.50±15.96
F-value	11.18**	11.71**	10.13**	

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

2. การเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก

การเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก พบว่า สายต้น 14 มีการเติบโตมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้น 5, 1, 19, 3 และสายต้น 18 มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้อะเคเซียลูกผสมทั้ง 6 สายต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (Table 2)

3. การเติบโตทางความสูง

จากการศึกษา พบว่า การเติบโตของไม้อะเคเซียลูกผสมทั้ง 6 สายต้น มีการเติบโตทางความสูงที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยมีค่าความสูงในลักษณะเดียวกันกับการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน กล่าวคือ สายต้น 14 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้น 5, 1, 3, 19 และสายต้น 18 มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด (Table 2)

4. อัตราการรอดตาย

อัตราการรอดตายของไม้อะเคเซียลูกผสมทั้ง 6 สายต้น พบว่า สายต้น 3, 5 และสายต้น 14 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้น 1 และน้อยที่สุดในสายต้น 18 และ 19 (Table 2)

จากการศึกษาของ Luangviriyasaeng *et al.* (1995) พบว่า สายพันธุ์อะเคเซียที่มาจากออสเตรเลียและปาปัวนิวกินี มีการเติบโตที่ดีกว่าสายพันธุ์ภายในประเทศไทย นอกจากนี้ Kha *et al.* (2005) ได้ศึกษาการเติบโตและความสูงทั้งหมดของไม้อะเคเซียลูกผสม 3 ชนิด อายุ 3 ปี พบว่า ไม้อะเคเซียลูกผสม (Acacia hybrids) มีการเพิ่มพูนทั้งสองมิติดีกว่ากระถินเทพา (*Acacia mangium*) และกระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis*) ที่ปลูกในพื้นที่อำเภอ Ba Vi, Yen Thanh และมีค่าสูงสุดในพื้นที่อำเภอ Long Thanh ในประเทศเวียดนาม

อย่างไรก็ตามผลการศึกษาของ Kumar *et al.* (2011) พบว่า การเติบโตของกระถินณรงค์อายุ 2, 3, 4, 5 และ 6 ปี ใน Karnataka ประเทศอินเดีย มีการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก เท่ากับ 2.60, 3.10, 4.50, 5.20 และ 6.30 เซนติเมตร ตามลำดับ และการเติบโตทางความสูง เท่ากับ 2.60, 4.90, 5.40, 7.50 และ 6.80 เมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าไม้อะเคเซียลูกผสมทั้ง 6 สายต้นที่ทำการศึกษา ในขณะที่ Haruthaithanasan *et al.* (2010) รายงานการเติบโตของไม้โตเร็ว 4 ชนิด ได้แก่ กระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินเทพณรงค์ ที่ปลูกในระยะ 1×1 เมตร ในพื้นที่แปลงทดลอง อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว และอำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี พบว่า แปลงกระถินเทพณรงค์ จังหวัดสระแก้วโตดีที่สุด รองลงมาได้แก่ กระถินเทพา และกระถินยักษ์ โดยมีการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก เท่ากับ 7.40,

7.40 และ 5.80 เซนติเมตร ตามลำดับ และการเติบโตทางความสูง เท่ากับ 12.90, 11.90 และ 9.60 เมตร ตามลำดับ และผลการศึกษาการเติบโตในสวนป่าไม้อะเคเซียที่มีระยะปลูก 1.5×2 เมตร และ 2×4 เมตร จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่า กระถินณรงค์ กระถินคราสสิคาร์ป้าและกระถินออลาโคคาร์ป้า มีการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเพิ่มมากขึ้น เมื่อมีระยะปลูกมากขึ้น ส่วนการเติบโตทางความสูงมีความแตกต่างกันไม่มากนัก (Kietvuttinon and Tiyanon, 1997)

สมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน (D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมดกับมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ได้แก่ มวลชีวภาพลำต้น (Ws) มวลชีวภาพกิ่ง (Wb) และมวลชีวภาพใบ (Wl) ของไม้อะเคเซียลูกผสมทั้ง 6 สายต้น โดยอาศัยรูปแบบสมการ allometric relation ดังแสดงใน Table 3 ซึ่งได้จากการเลือกสมการที่มีความสัมพันธ์ดีที่สุด

Table 3 Allometric equations of 6 acacia hybrid clones.

Clones	Equation	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	$Ws = 0.2317(DBH^2H)^{0.6669}$	0.9373
	$Wb = 0.0078(DBH^2H)^{1.0203}$	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
	$Wl = 0.0061(DBH^2H)^{0.8496}$	0.8329
19	$Ws = 1.1664(DBH^2H)^{0.4016}$	0.8480
	$Wb = 0.0030(DBH^2H)^{1.1861}$	0.8296
	$Wl = 0.0195(DBH^2H)^{0.7340}$	0.7501

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

ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า สมการที่ใช้ในการประมาณมวลชีวภาพของอะเคเซียทั้ง 6 สายต้น ส่วนใหญ่สอดคล้องกับการศึกษาของ Kira and Shidei (1967) ที่พบว่า การนำเอาความสูงทั้งหมด (H) มาเป็นตัวแปรอิสระร่วมกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสอง $(DBH)^2$ ในรูปของ $(DBH)^2H$ จะทำให้สามารถประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพได้อย่างถูกต้องที่สุด เนื่องจาก $(DBH)^2H$ เป็นค่าโดยประมาณของปริมาตร

ไม้ ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับมวลชีวภาพหรือน้ำหนัก ยกเว้น มวลชีวภาพกิ่งของสายต้น 1 และมวลชีวภาพใบของสายต้น 3 ที่ต้องใช้ความสูงทั้งหมด (H) เป็นตัวแปรอิสระร่วมกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินยกกำลังสอง $(D_0)^2$ ในรูปของ $(D_0)^2H$ เนื่องจากทำให้สมการดังกล่าวมีความสัมพันธ์มากที่สุด

มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้อะเคเซียลูกผสมทั้ง 6 สายต้น (Table 4) พบว่า มวลชีวภาพของลำต้นมีมากที่สุดในสายต้น 14 (38.61 ตันต่อเฮกตาร์) มวลชีวภาพของกิ่งและใบมีมากที่สุดในสายต้น 1 โดยมีค่าเท่ากับ 35.08 และ 5.98 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และสายต้น 18 มีค่ามวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง และใบน้อยที่สุด เท่ากับ 14.28, 3.12 และ 1.48 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ในขณะที่มวลชีวภาพรวม (ลำต้น กิ่ง และใบ) สายต้น 1 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้น 14, 5, 3, 19 และสายต้น 18 มีค่าน้อยที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินระหว่างสายต้น พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) นอกจากนี้จากผลการศึกษายังเห็นได้ว่าสายต้น 1 มีมวลชีวภาพของลำต้นและกิ่งใกล้เคียงกัน เนื่องมาจากสายต้น 1 เกิดการแตกนางหลายนาง จึงส่งผลทำให้มวลชีวภาพของกิ่งนั้นมีค่าใกล้เคียงกับลำต้น

Table 4 Aboveground biomass (t ha^{-1}) of 6 acacia hybrid clones.

clones	Stem	Branch	Leaf	Total
1	35.16±6.17^{ab}	35.08±7.97^{a}	5.98±0.85^{a}	76.22±14.95^{a}
3	26.55±1.80^{bc}	10.31±1.25^{b}	5.04±0.59^{a}	41.90±3.20^{bc}
5	33.71±7.06^{ab}	12.60±2.34^{b}	3.99±0.53^{b}	50.30±9.93^{bc}
14	38.61±8.26^{a}	14.75±3.47^{b}	3.25±0.76^{b}	56.61±12.52^{b}
18	14.28±4.49^{d}	3.12±0.93^{c}	1.48±0.47^{c}	18.88±5.90^{d}
19	19.73±4.63^{cd}	12.30±2.86^{b}	3.33±0.74^{b}	35.36±8.12^{c}
F-value	10.84**	30.33**	21.67**	15.54**

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

จากการศึกษาของ Peawsa-ad and Viriyabuncha (2002) ได้ศึกษามวลชีวภาพของกระถินเทพาอายุ 7 ปี ระยะปลูก 1×3 เมตร ในพื้นที่สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า มวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และมวลชีวภาพทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 85.10, 7.50, 3.40 และ 95.80 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ นอกจากนี้มวลชีวภาพของ *Acacia nilotica* อายุ 4 ปี มีระยะปลูก 0.6×0.6 เมตร และอายุ 8 ปี มีระยะปลูก 2×2 เมตร ที่เมือง Hisar ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของอินเดีย พบว่า มวลชีวภาพของกิ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ลำต้น เปลือก ใบ และผล ตามลำดับ (Singh and Toky, 1995) อย่างไรก็ตามการศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพในสภาพสวนป่ามีความแตกต่างกันในเรื่องของชนิดไม้ อายุ ระยะปลูก ทั้งในสวนป่าท้องที่เดียวกันหรือต่างท้องที่ก็ตาม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาสมการความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่นๆ เพื่อใช้คาดคะเนปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพต่างๆ ของไม้ที่ต้องการศึกษา (Poolsiri, 1997)

ปริมาณสารอาหาร

ความเข้มข้นของสารอาหารในไม้อะเคเซียลูกผสมทั้ง 6 สายต้น พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารในใบมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ กิ่ง และ

ลำต้น ตามลำดับ โดยลำต้น กิ่ง และใบมีปริมาณความเข้มข้นของ Ca มากที่สุด และมีปริมาณความเข้มข้นของ Mg น้อยที่สุดในส่วนของลำต้นและกิ่ง แต่ในส่วนของใบมีปริมาณความเข้มข้นของ P น้อยที่สุด นอกจากนี้ ปริมาณเข้มข้นของ N, Ca และ Mg ในส่วนของลำต้นทั้ง 6 สายต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ขณะที่ปริมาณความเข้มข้นของ N, K, Ca และ Mg ในส่วนของใบทั้ง 6 สายต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) อย่างไรก็ตามปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวในข้างต้น ในส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ นั้น มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (Table 5)

Table 5 Nutrient concentration (% dry weight) of 6 acacia hybrid clones.

Parts	Clones	N	P	K	Ca	Mg
Stem	1	0.46±0.08^{ab}	0.08±0.03	0.10±0.03	0.52±0.12^{b}	0.02±0.01^{b}
	3	0.67±0.15^{a}	0.08±0.03	0.18±0.04	0.91±0.13^{b}	0.04±0.02^{ab}
	5	0.49±0.24^{ab}	0.06±0.04	0.17±0.13	1.70±1.83^{ab}	0.06±0.03^{a}
	14	0.26±0.03^{b}	0.15±0.18	0.10±0.01	3.05±1.78^{a}	0.04±0.00^{ab}
	18	0.41±0.06^{b}	0.09±0.02	0.14±0.04	0.75±0.20^{b}	0.05±0.01^{ab}
	19	0.47±0.23^{ab}	0.08±0.03	0.20±0.09	1.35±1.00^{b}	0.06±0.02^{a}
	F-value	3.48*	0.70^{ns}	1.92^{ns}	3.37*	2.69*
Branch	1	1.03±0.15	0.12±0.04	0.29±0.06	3.18±1.18	0.11±0.01
	3	1.09±0.16	0.10±0.03	0.24±0.05	4.29±0.78	0.09±0.02
	5	0.96±0.10	0.09±0.03	0.25±0.03	3.61±0.71	0.12±0.02
	14	0.85±0.05	0.19±0.22	0.24±0.10	3.15±1.52	0.08±0.03
	18	1.11±0.17	0.14±0.03	0.29±0.10	3.34±1.00	0.10±0.02
	19	0.84±0.31	0.12±0.02	0.31±0.15	3.37±1.57	0.11±0.03
	F-value	2.16^{ns}	0.63^{ns}	0.57^{ns}	0.65^{ns}	2.29^{ns}
Leaf	1	2.92±0.10^{a}	0.15±0.05	0.74±0.13^{a}	2.85±0.51^{c}	0.26±0.04^{b}
	3	2.66±0.09^{bc}	0.13±0.02	0.41±0.03^{c}	4.47±1.08^{ab}	0.40±0.11^{a}
	5	2.67±0.14^{bc}	0.15±0.03	0.54±0.07^{b}	5.48±1.05^{a}	0.39±0.10^{a}
	14	2.77±0.11^{bc}	0.16±0.01	0.59±0.08^{b}	3.77±1.15^{bc}	0.26±0.05^{b}
	18	2.64±0.07^{c}	0.16±0.03	0.57±0.04^{b}	2.94±0.43^{c}	0.30±0.03^{ab}
	19	2.81±0.12^{ab}	0.15±0.03	0.73±0.06^{a}	2.89±0.41^{c}	0.25±0.02^{b}
	F-value	5.20**	0.50^{ns}	13.42**	8.16**	4.67**

Remarks: ** = highly significant difference ($p \leq 0.01$), * = significant difference ($p \leq 0.05$),
^{ns} = non significant difference ($p>0.05$)

ปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนของลำต้น กิ่ง และใบของไม้อะเคเซียลูกผสมทั้ง 6 สายต้น ดังแสดงใน Table 6 พบว่า Ca มีปริมาณการสะสมมากที่สุด ยกเว้น ในใบของสายต้น 1 ที่มีปริมาณการสะสม N มากที่สุด ขณะที่ปริมาณการสะสม Mg ในส่วนของลำต้นและกิ่งมีน้อยที่สุด ยกเว้น ส่วนของใบทุกสายต้น และกิ่งในสายต้น 5 ที่มีปริมาณการสะสม P น้อยที่สุด

อย่างไรก็ตามปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนของลำต้น พบว่า N มีค่ามากที่สุดในสายต้น 3 ส่วนปริมาณการสะสม P และ Ca มีมากที่สุดในสาย

ต้น 14 และปริมาณการสะสม K และ Mg มีมากที่สุดในสายต้น 5 ในขณะที่ส่วนของกิ่งสายต้น 1 มีปริมาณการสะสม N, P, K, Ca และ Mg มากที่สุด และส่วนของใบมีปริมาณการสะสม N, P และ K ในสายต้น 1 มากที่สุดเช่นกัน แต่ Ca และ Mg มีการสะสมมากที่สุดในสายต้น 3 นอกจากนี้ปริมาณการสะสม N, P, Ca, K และ Mg ทั้งในส่วนของลำต้น กิ่ง และใบน้อยที่สุดในสายต้น 18 และเมื่อพิจารณาปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ ทั้ง 6 สายต้น พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

Table 6 Nutrient contents (kg/ha^{-1}) of 6 acacia hybrid clones.

Parts	Clones	N	P	K	Ca	Mg
Stem	1	161.73±28.39^{a}	28.13±4.94^{b}	35.16±6.17^{b}	186.34±32.71^{c}	7.03±1.24^{de}
	3	177.91±12.08^{a}	21.24±1.44^{bc}	47.79±3.24^{ab}	241.63±16.41^{c}	10.62±0.72^{cd}
	5	165.20±34.60^{a}	20.23±4.24^{bc}	57.31±12.01^{a}	573.15±120.05^{b}	20.23±4.24^{a}
	14	100.38±21.55^{b}	57.91±12.43^{a}	38.61±8.29^{b}	1177.54±252.83^{a}	15.45±3.32^{b}
	18	58.54±18.40^{c}	12.85±4.04^{c}	19.99±6.29^{c}	107.09±33.67^{c}	5.71±1.79^{e}
	19	92.72±21.78^{bc}	15.78±3.71^{c}	39.46±9.27^{b}	266.32±62.56^{c}	11.84±2.78^{bc}
	F-value	16.56**	28.42**	9.75**	45.61**	16.67**
Branch	1	361.32±82.05^{a}	42.10±9.56^{a}	101.73±23.10^{a}	1115.53±253.32^{a}	38.59±8.77^{a}
	3	112.36±13.58^{b}	10.31±1.25^{cd}	24.74±2.99^{bc}	442.20±53.62^{b}	9.28±1.12^{bc}
	5	120.89±22.44^{b}	11.34±2.10^{cd}	31.48±5.84^{b}	454.62±84.40^{b}	15.11±2.81^{b}
	14	125.40±29.52^{b}	26.56±6.25^{b}	35.41±8.34^{b}	464.70±109.39^{b}	11.80±2.78^{b}
	18	34.60±10.39^{c}	4.37±1.31^{d}	9.04±2.71^{c}	104.10±31.28^{c}	3.12±0.93^{c}
	19	103.32±24.07^{b}	14.76±3.44^{c}	38.13±8.88^{b}	414.49±96.55^{b}	13.53±3.15^{b}
	F-value	33.53**	30.52**	33.41**	27.36**	34.11**
Leaf	1	174.74±24.97^{a}	8.98±1.28^{a}	44.28±6.33^{a}	170.55±24.37^{b}	15.56±2.22^{b}
	3	134.03±15.79^{b}	6.55±0.77^{b}	20.66±2.43^{b}	225.24±26.53^{a}	20.16±2.37^{a}
	5	106.53±14.22^{bc}	5.99±0.80^{b}	21.55±2.87^{b}	218.64±29.18^{a}	15.56±2.08^{b}
	14	90.01±20.97^{c}	5.20±1.21^{b}	19.17±4.46^{b}	122.51±28.55^{c}	8.45±1.97^{c}
	18	38.98±12.38^{d}	2.36±0.75^{c}	8.42±2.67^{c}	43.41±13.79^{d}	4.43±1.41^{d}
	19	93.58±20.93^{c}	5.00±1.12^{b}	24.31±5.44^{b}	96.24±21.53^{c}	8.33±1.86^{c}
	F-value	23.73**	18.25**	29.86**	34.11**	34.74**

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

จากการศึกษาของ Atipanumpai (1989) พบว่าปริมาณความเข้มข้นของ N ในใบกระถินเทพา อายุ 30 เดือน จากหลายๆ ถิ่นกำเนิด อยู่ในช่วงร้อยละ 1.99-2.74 โดยน้ำหนักแห้ง และสำหรับไม้ใบกว้างในเขตร้อน เช่น ซ้อ มีปริมาณความเข้มข้นของ N ในใบอยู่ในช่วงร้อยละ 1.39-2.10 โดยน้ำหนักแห้ง และจะมีค่าแตกต่างกันตามตำแหน่งของเรือนยอด (Evans, 1979) ในขณะที่ยูคาลิปตัส ดีกลุปต้า มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.64-2.04 โดยน้ำหนักแห้ง โดยมีอัตราส่วน N/P เท่ากับ 10.40 (Lamb, 1977) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ศักยภาพของไม้อะเคเซียลูกผสมมีความเข้มข้นของสารอาหารที่สูงกว่าอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่า ปริมาณ

ความเข้มข้นของ N ในใบอยู่ในช่วงร้อยละ 2.64-2.94 โดยน้ำหนักแห้ง ในขณะที่ปริมาณ N ในใบของกระถินณรงค์ ที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ลำเภาลำทราย จังหวัดกาญจนบุรี มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 1.99-2.32 (Rotchanametakul, 1998)

สรุป

1. สายต้น 14 มีการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดิน และการเติบโตทางความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้น 5, 1, 3, 19 และ 18 มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด

2. สายต้น 14 มีการเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้น 5, 1, 19, 3 และ 18 มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด

3. อัตราการรอดตายของสายต้น 3, 5 และสายต้น 14 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้น 1 และน้อยที่สุดในสายต้น 18 และ 19

4. สายต้น 1 มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมทั้งหมดมากที่สุด (76.22 ตันต่อเฮกตาร์) รองลงมาคือ สายต้น 14, 5, 3, 19 และ 18 มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด (18.88 ตันต่อเฮกตาร์) โดยที่มวลชีวภาพของลำต้นสายต้น 14 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ส่วนมวลชีวภาพของกิ่งและใบ สายต้น 1 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด

5. ความเข้มข้นของ Ca ส่วนของลำต้นและกิ่งมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ N, K, P และ Mg น้อยที่สุด ขณะที่ส่วนของใบมีความเข้มข้นของ Ca มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ N, K, Mg และ P น้อยที่สุด

6. ปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนของลำต้น และกิ่ง มีแนวโน้มเหมือนกัน คือ Ca > N > K > P > Mg ยกเว้น สายต้น 14 ในส่วนของลำต้นที่มี P > K และสายต้น 5 ในส่วนของกิ่งที่มี Mg > P ขณะที่ในส่วนของใบการสะสมของ Ca > N > K > Mg > P ยกเว้นสายต้น 1 ที่มี N > Ca

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ สามารถเลือกอะเคเซียลูกผสมสายต้น 14 นำมาปลูกในพื้นที่จังหวัดสระแก้วได้เนื่องจากมีอัตราการรอดตาย ขนาดเส้นผ่านศูนย์เพียง ความสูง และมีมวลชีวภาพส่วนลำต้นมากที่สุด นอกจากนี้ผลการศึกษายังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเลือกปลูกสายต้นอะเคเซียลูกผสม เพื่อช่วยในการจัดการและเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพของสายต้นอะเคเซียในพื้นที่อื่นๆ ที่มีลักษณะพื้นที่ใกล้เคียงกันได้

คำนิยม

ขอขอบคุณ บริษัท สโตร่า เอ็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด และห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำการวิจัย และวิเคราะห์ข้อมูล

REFERENCES

Atipanumpai, L. 1989. *Acacia mangium*: Studies on the genetic variation in ecological and physiological characteristics of a fast-growing plantation tree species. **Acta Forestalia Fennica** 206: 1-92.

Attanandana, T. and J. Chancharoensook. 1999. **Soil and Plant Analysis**. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok.

Department of Information Technology and Communications. 2015. **About Province.** Available Source: http://www.sakaeo.go.th/websakaeo/location.php, June 9, 2015.

Division of Soil Survey and Soil Resources Research, Land Development Department. 2015. **Nong Takhian Bon Subdistrict, Watthana Nakhon District, Sa Kaeo Province.** Available Source: http://oss101.ldd.go.th/web_thaisoilinf/

east/Sakaew/sak_map/sk_man62/2705/270510_home.html, July 8, 2015.

Evans, J. 1979. The effects of leaf position and leaf age in foliar analysis of *Gmelina arborea*. **Plant Soil** 52: 547-552.

Haruthaithanasan, M., K. Haruthaithanasan, A. Thanawat, S. Phromlert and A. Baysangchan. 2010. The potential of *Leucaena leucocephala*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Acacia mangium* and *Acacia spp.* (*mangium x auriculaeformis*) as plantation crops for energy, pp. 579-586. *In* **Proceedings of 48th Kasetsart University Annual Conference: Plants.** Kasetsart University, Bangkok.

Jackson, M.L. 1958. **Soil Chemical Analysis**. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.

Kha, L.D., N.D. Hai, H.H. Thinh, P.V. Tuan and L.B. Thinh. 2005. **Clonal Tests of Natural Hybrids at Ba Vi, Yen Thanh and Bau Bang (Report for Registration New Varieties)**. Forest Science Institute of Vietnam, Vietnam.

Kietvuttinon, B. and P. Tiyanon. 1997. Production of 1.5 m x 2 m and 2 m x 4 m spacings of acacias plantations at Prachuab Kiri Khan province. **Research paper.** Silvicultural Research Division, Forest Research Bureau, Royal Forest Department, Bangkok. (in Thai)

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.

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(3): 1339-1344.

Lamb, D. 1977. Relationships between growth and foliar nutrient concentrations in *Eucalyptus deglupta*. **Plant Soil** 47: 495-508.

Luangviriyasaeng, V. 2013. **Economic Fast-Growing Tree Improvement for Farmer and Community.** Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department, Bangkok. (in Thai)

_____, K. Pinyopusarerk, K. Pitpreecha, A. Simsiri and B. Kiatvuttinand. 1995. Early growth of *Acacia auriculiformis* progeny trials. **Thai J. For.** 14: 81-93.

Peawsa-ad, K. and C. Viriyabuncha. 2002. Growth, yield and aboveground biomass of *Acacia mangium* willd. **Research paper.** Silvicultural Research Division, Forest Research Bureau, Royal Forest Department, Bangkok. (in Thai)

Poolsiri, R. 1997. **Effect of Stand Density on Tree Form, Growth Rate and Yield of 12 Year-Old *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.** M.S. Thesis, Kasetsart University.

Rotchanametakul, P. 1998. **Provenance Variation in Growth Performances, Leaf Nitrogen Contents and Stomatal**

Conductances of *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. M.S. Thesis, Kasetsart University.

Satoo, T. and M. Senda. 1958. Materials for the studies of growth in stand. IV. Amount of leaves and production of wood in young plantation of *Chameacyparis obtusa*. **Bull. Tokyo Univ. For.** 54: 7-100.

Singh, V. and O.P. Toky. 1995. Biomass and net primary productivity in *Leucaena*, *Acacia* and *Eucalyptus*, short rotation, high density ('Energy') plantation in arid India. **J. Arid Environ.** 31: 301-309.