

นิพนธ์ต้นฉบับ

การตั้งกอและการสร้างลำของไผ่ไร่ และไผ่ข้าวหลาม ภายหลังการออกดอก
ในป่าผสมผลัดใบ สถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี

Clumps and Culms Establishment of *Gigantochloa albociliata* and
Cephalostachyum pergracile after Gregarious Flowering in the
Mixed Deciduous Forest at Mae Klong Watershed Research Station,
Kanchanaburi Province

อริษา โต้นวูธ¹

Arisa Tonwoot¹

ดอกรัก มารอด¹

Dokrak Marod¹

¹ ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand,

Email: dokrak.m@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 10 สิงหาคม 2550

รับลงพิมพ์ 16 ตุลาคม 2550

ABSTRACT

All studies were conducted at Mae Klong Watershed Research Station, Kanchanaburi province during June 2005 to October 2006. The 20 sample plots of 1 m x 1 m were used for both species in each different site, open gap and under crown canopy. All clumps were dug from the sample plots and washed to measure the size according to their ages and species for their growth analyses. Light conditions were taken by hemispherical photos at the same sites both in the rainy and dry.

The results showed that growth of bamboos was highly correlated to their aged clumps. Their growth was significantly different between the sites for both *Gigantochloa albociliata* and *Cephalostachyum pergracile* ($Z = -20.065$ and -17.470 , $p < 0.001$, respectively). Light intensity played an important role on clump establishment. The standard overcast sky distribution (SOC %) was higher in the dry season than in the rainy season of both areas; open gap (16.26 and 7.75%, respectively) and under crown canopy (4.21 and 2.18%, respectively). To estimate the period on clump establishment, the growth rate equations were analyzed and applied. The results showed that both *G. albociliata* and *C. pergracile* rapidly succeeded to establish in the short time period, especially under gap condition, 27.17 ± 0.29 and 12.30 ± 0.87 years, respectively and much longer time under the crown canopy condition, 66.74 ± 0.70 and 28.78 ± 2.05 years, respectively.

To promote the bamboo plantations, thus, light intensity in the planting sites should be considered as the principle components. In addition, sources of planting materials are also important in rough approximation of flowering periods.

Keywords: *Gigantochloa albociliata*, *Cephalostachyum pergracile*, mixed deciduous forest, forest dynamics, bamboo flowering

บทคัดย่อ

การศึกษาการตั้งกอและการสร้างลำของไผ่ไร่ และไผ่ข้าวหลาม ภายหลังการออกดอกตายขุย ได้ดำเนินการที่สถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี ระหว่างเดือนมิถุนายน 2548 ถึงเดือนตุลาคม 2549 โดยวางแผนตัวอย่างขนาด 1 เมตร x 1 เมตร เพื่อชุดตัวอย่างกอไผ่ที่อยู่ระหว่างการตั้งตัวของไผ่ทั้งสองชนิด จำนวนชนิดละ 20 แปลง ในพื้นที่เปิดโล่งและพื้นที่ใต้เรือนยอด นำไผ่ที่ได้มาล้างและวัดขนาดตามอายุของลำไผ่ในแต่ละกอ เพื่อหาความสัมพันธ์ของการเติบโตของไผ่กับขนาดชั้นอายุ เปรียบเทียบปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดระหว่างฤดูกาล ในแต่ละพื้นที่โดยการวิเคราะห์ภาพถ่ายเรือนยอด

ผลการศึกษาพบว่า การเติบโตของไผ่ไร่และไผ่ข้าวหลามมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอายุของกอทั้งสองพื้นที่ ไผ่ไร่ในชั้นอายุเดียวกันมีความโตแตกต่างกันระหว่างพื้นที่เปิดโล่งและใต้เรือนยอด โดยขนาดของลำไผ่ไร่และไผ่ข้าวหลาม ภายใต้พื้นที่เปิดโล่งมีขนาดใหญ่กว่าภายใต้เรือนยอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($Z = -20.065$ และ -17.470 , $p < 0.001$, ตามลำดับ) ปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดมีผลโดยตรงต่อระยะเวลาในการตั้งกอของไผ่ไร่ และมีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งระหว่างฤดูกาลและพื้นที่ โดยในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดมากกว่าในฤดูฝน ทั้งในพื้นที่เปิดโล่ง (16.26 และ 7.75 % ตามลำดับ) และใต้เรือนยอด (4.21 และ 2.18% ตามลำดับ) และจากการประยุกต์ใช้สมการการเจริญเติบโตของไผ่เพื่อทำการประเมินอายุการตั้งกอเป็นกอเต็มวัย ระหว่างสองพื้นที่ พบว่า ไผ่ทั้งสองชนิด ที่เกิดขึ้นจากการงอกจากเมล็ด ใช้ระยะเวลาในการตั้งกอภายใต้พื้นที่เปิดโล่งสั้นกว่าภายใต้เรือนยอด โดยไผ่ไร่และไผ่ข้าวหลาม มีอายุประมาณ 27.17 ± 0.29 และ 12.30 ± 0.87 ปี ตามลำดับ ภายใต้พื้นที่เปิดโล่ง และอายุจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเจริญเติบโตภายใต้พื้นที่เรือนยอด ที่มีปริมาณแสงสว่างต่ำ โดยมีอายุประมาณ 66.74 ± 0.70 และ 28.78 ± 2.05 ปี ตามลำดับ

ดังนั้น การส่งเสริมการปลูกไผ่ ควรคำนึงถึงปัจจัยด้านแสงสว่างของพื้นที่เป็นหลัก รวมถึงต้องคำนึงถึงแหล่งที่มาของท่อนพันธุ์หรือหน่อที่นำมาใช้ปลูก เนื่องจากมีผลต่อการประเมินอายุของกอว่าใกล้ถึงช่วงอายุขัยของไผ่หรือไม่ เพราะหากถึงอายุขัยเมื่อไผ่ออกดอกก็จะตายขุยทันที

คำสำคัญ: ไผ่ไร่ ไผ่ข้าวหลาม ป่าผสมผลัดใบ พลัดป่าไม้ การออกดอกของไผ่

คำนำ

ในปัจจุบันทรัพยากรป่าไม้ถูกบุกรุกและลดปริมาณลงไปเรื่อยๆ ซึ่งสวนทางกับความต้องการใช้ไม้ที่เพิ่มขึ้นอยู่ตลอดเวลาจนกระทั่งต้องมีการนำเข้าไม้จากต่างประเทศ การเลือกใช้ทรัพยากรอื่นทดแทนจึงควรเป็นทางเลือกหนึ่งที่เราควรเร่งดำเนินการ ไม้ไผ่ถือได้ว่ามีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งได้ ทั้งด้านอุตสาหกรรมในครัวเรือนและอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ แหล่งของไม้ไผ่ที่นำมาใช้กันส่วนใหญ่นั้นมาจากป่าธรรมชาติ แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากการใช้ไม้ไผ่รวมถึงหน่อไม้

สำหรับการบริโภคเกินกำลังการผลิต ประกอบกับไม้ไผ่เป็นพืชที่ออกดอกและให้เมล็ดเพียงครั้งเดียวแล้วก็ตาย (monocarpic species) จึงอาจทำให้เกิดปัญหาสำหรับการจัดการเพื่อใช้ไผ่อย่างยั่งยืนได้ ถึงแม้ว่าการออกดอกตายขุยของไผ่อาจเกิดขึ้นได้หลายรูปแบบ คือ 1) ออกบางลำในบางกอ 2) ออกบางกอในบางชนิด และ 3) ออกทุกกอทั้งพื้นที่ (Marod et al., 2005)

อย่างไรก็ตามการที่จะรู้อายุขัยของไม้ไผ่แต่ละชนิดนั้นนับว่าเป็นเรื่องที่ยากมาก เนื่องจากไผ่แต่ละชนิดมีอายุไม่เท่ากันและส่วนใหญ่มีอายุได้หลายสิบปี ในทำนองเดียวกันการตั้งตัวของไม้ไผ่จนกระทั่ง

เติบโตเป็นกอไผ่ที่โตเต็มวัย (mature clump) ที่พร้อมสำหรับการให้ผลผลิตทั้งในเชิงการบริโภคหน่อและการใช้ลำไผ่สำหรับด้านอุตสาหกรรมใช้เวลาค่อนข้างนานจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเร่งดำเนินการศึกษาเพื่อนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้สำหรับการวางแผนการจัดการทรัพยากรไม้ไผ่ในพื้นที่ธรรมชาติอย่างยั่งยืน เนื่องจากการออกดอกและตายขุขของไม้ไผ่จัดเป็นเหตุการณ์ที่ไม่ได้เกิดขึ้นบ่อยนักในธรรมชาติ ประกอบกับในพื้นที่ศึกษามีไม้ 2 ชนิดคือ ไผ่ไร่ (*Gigantochloa albociliata*) และไผ่ข้าวหลาม (*Cephalostachyum pergracile*) ออกดอกและตายขุขเมื่อปี พ.ศ. 2541 และ 2543 ตามลำดับ (Marod *et al.*, 2005) จึงเป็นโอกาสที่ดีสำหรับการศึกษาพลวัตป่าไม้ (forest dynamics) ภายหลังการออกดอกของไม้ไผ่

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษารูปแบบของการตั้งกอและการสร้างลำของไม้ไผ่ในป่าธรรมชาติ โดยพิจารณาถึงขนาดความโตของไม้ไผ่ที่สัมพันธ์กับอายุกอ ภายใต้อินทรีย์ที่เปิดโล่งและใต้เรือนยอด ที่มีปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดแตกต่างกัน เพื่อหาสมการการเติบโตเมื่อไม้ไผ่เริ่มตั้งกอ (ประมาณ

10 ปี) สำหรับประยุกต์ใช้ในการประเมินหาอายุของกอไผ่ที่โตเต็มวัยก่อน หรืออายุขัย (longevity) ของไผ่ก่อนออกดอก เริ่มศึกษาตั้งแต่ มิถุนายน 2548 ถึง ตุลาคม 2549

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ดำเนินการศึกษาในพื้นที่สถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง อำเภอกองคา จังหวัดกาญจนบุรี มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 109 ตารางกิโลเมตร และมีความสูงจากระดับน้ำทะเลระหว่าง 100 - 950 เมตร ปริมาณน้ำฝนรายปี 1,538.9 มิลลิเมตร ฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุด 265.4 มิลลิเมตร ในเดือนกันยายน และต่ำสุด 2.2 มิลลิเมตร ในเดือนธันวาคม อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 27.1 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 29.6 องศาเซลเซียส ในเดือนเมษายน และต่ำสุด 23.9 องศาเซลเซียส ในเดือนธันวาคม (Table 1) (สถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง, 2549)

Table 1. Climatic data of Mae Klong Watershed Research Station during 1997-2006

Month	Relative humidity (%)	Amount of rainfall (mm)	Water evaporation (mm)	Temperature (°C)		
				Max	Min	Average
January	78.8	13.5	3.3	33.3	14.7	24.0
February	75.6	36.6	4.2	35.7	16.0	30.8
March	73.8	56.9	4.7	37.8	17.6	27.9
April	78.1	85.8	5.0	38.1	20.6	29.3
May	83.3	239.9	3.6	34.7	21.9	27.7
June	85.2	207.1	2.6	32.8	22.1	27.4
July	86.4	239.9	2.2	31.7	22.0	26.9
August	86.6	247.6	2.2	33.0	22.6	26.9
September	85.4	283.5	2.8	33.2	21.8	27.7
October	86.4	178.0	3.0	33.0	21.2	27.1
November	110.3	25.8	3.3	33.0	18.5	25.5
December	81.1	4.3	3.3	31.5	15.4	23.5
Total	-	1618.9	-	-	-	-
Average (Month⁻¹)	84.3	134.8	3.4	34.0	19.5	27.1

สังคมพืชที่พบในพื้นที่แบ่งได้ 4 ชนิด คือ 1) ป่าผสมผลัดใบ (mixed deciduous forest) ที่ไม่มีไม้สัก (*Tectona grandis*) ไม้ชั้นรองมักปกคลุมด้วยไม้ไผ่ ที่สำคัญได้แก่ ไผ่ไร่ (*G. albociliata*) ไผ่ผากมัน (*G. hasskarliana*) ไผ่บงคำ (*Bambusa tulda*) และไผ่ข้าวหลาม (*C. pergracile*) เป็นต้น 2) ป่าเต็งรัง (deciduous dipterocarp forest) พบบริเวณไหล่เขาและพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ชนิดไม้เด่นคือ เต็ง (*Shorea obtusa*) รัง (*S. siamensis*) ก่อพะ (*Quercus kerrii*) และกาสามปีก (*Vitex peduncularis*) เป็นต้น 3) ป่าดิบแล้ง (dry evergreen forest) พบกระจายอยู่บริเวณใกล้แหล่งน้ำ และตามร่องห้วยในพื้นที่ พรรณไม้ที่สำคัญ เช่น ยางแดง (*Dipterocarpus turbinatus*) ยางนา (*D. alatus*) ไผ่เจียว (*Parashorea stellata*) และตะเคียนทอง (*Hopea odorata*) และ 4) พื้นที่ที่ผ่านการบุกรุก ส่วนใหญ่แล้วเปลี่ยนพื้นที่ป่าเพื่อทำการเกษตร ปัจจุบันได้มีการจัดการพื้นที่และปล่อยให้มีการทดแทนตามธรรมชาติ (Suksawang, 1993) สังคมพืชเบิกนำที่พบส่วนใหญ่ คือ พังหระใหญ่ (*Trema orientalis*) กล้วยป่า (*Musa acuminata*) สาบเสือ (*Eupatorium odoratum*) อ้อ (*Arundo*

donax) และพืชเลื้อย (climbers) เป็นต้น (คอกรัก, 2538)

การเลือกพื้นที่ป่าผสมผลัดใบ

เลือกพื้นที่ป่าผสมผลัดใบจากนั้นแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ลักษณะ (treatments) คือ พื้นที่เปิดโล่ง (open gap) และพื้นที่ที่ได้รับการปกคลุมของเรือนยอด (under crown canopy) ทำการสุ่มวางแปลงขนาด 1 เมตร x 1 เมตร จำนวน 20 แปลง ที่พบไผ่ทั้งสองชนิดอยู่ ในแต่ละพื้นที่ นับจำนวนกอและจุดกอไผ่ทั้งหมดที่พบภายในแปลง จากนั้นนำกอไผ่ที่ได้มาล้างน้ำให้สะอาดเพื่อวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูงชิดดิน (diameter at basal height, Do) ของลำไผ่ทุกลำในแต่ละกอ โดยจำแนกขนาดตามอายุของลำไผ่สำหรับการนับอายุไม้ไผ่ในระบบเหง้ากอ (sympodial rhizome) โดยทั่วไปเหง้ามีลักษณะโค้งงอเหง้าของไผ่ปีที่ 2 เกิดจากตาบนเหง้าไผ่ปีที่ 1 และเหง้าไผ่ปีที่ 3 เกิดจากตาบนเหง้าไผ่ปีที่ 2 เช่นนี้ตามลำดับ (Figure 1) จึงสามารถประยุกต์ใช้ในการประเมินอายุของกอและลำไผ่จากลักษณะการเติบโตเช่นนี้ได้ (McClure, 1966)

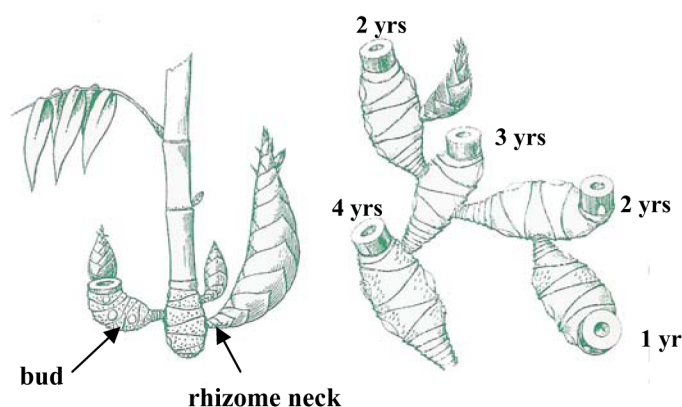


Figure 1. The characteristics of sympodial rhizome bamboos and the estimation of aged culms. Source: McClure (1966).

การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูงชนิดดินของไม้แต่ละชนิด ใช้ความสัมพันธ์แบบเส้นโค้งเลขชี้กำลัง (exponential) หรือ เรียกว่าการเติบโตแบบเลขชี้กำลัง (exponential growth) ดังนี้

$$Y = ae^{rx}$$

เมื่อ Y = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (เซนติเมตร)

X = อายุของ (ปี) a และ r = ค่าคงที่

เมื่อได้สมการการเติบโตแล้ว นำสมการที่ได้มาประยุกต์ใช้เพื่อการประเมินอายุของกอไม้ที่โตเต็มวัยก่อนออกดอก โดยใช้ข้อมูลทุกตัวที่มีความโดดเด่นของลำไวกอที่โตเต็มที่ก่อนออกดอก ซึ่งจะทำให้ทราบถึงอายุขัยของไม้ในแต่ละชนิดได้

การถ่ายภาพเรือนยอด

การถ่ายภาพเรือนยอดด้วยเลนส์ตาปลา (fish-eye lens) ทุก ๆ แปลงสำรวจ เพื่อหาปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอด (standard overcast sky distribution, SOC%) ทั้งสองพื้นที่ เปรียบเทียบระหว่างฤดูกาล โดยวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยโปรแกรม FEW 52 b (Ishizuka and Kanazawa, 1991)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของข้อมูลการเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับชนิดดินซึ่งทดสอบโดยใช้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของขนาดลำไม้ในแต่ละชั้นอายุของไม้ทั้งสองชนิดพื้นที่ โดยใช้วิธี Kruskal Wallis Test เปรียบเทียบความแตกต่างค่าปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดของทั้งสองพื้นที่ในแต่ละฤดูกาลและเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของขนาดลำไม้ในทุกชั้นอายุที่เท่ากันของไม้แต่ละชนิดในสองพื้นที่ ด้วยวิธี Mann-Whitney U Test

ผลและวิจารณ์

การตั้งกอและการสร้างลำของไม้ไฟ

ผลการศึกษาพบว่า การตั้งกอและการเติบโตของลำไฟไร่และไฟข้าวหลามมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอายุของกอไฟ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งระหว่างชั้นอายุและระหว่างพื้นที่ (Table 2) กล่าวคือ เมื่ออายุของกอไฟเพิ่มขึ้นขนาดของลำไฟที่แตกหน่อในป่านั้นๆ ก็โตเพิ่มขึ้นด้วย และภายใต้พื้นที่โล่งไฟมีการเจริญเติบโตดีกว่าพื้นที่ใต้เรือนยอด ยกเว้นขนาดของไฟไร่ อายุ 1 ปี ที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพื้นที่ ($Z = -0.89$, $p = 0.369$) เนื่องจากการเจริญของลำในปีแรกนั้นได้อาหารจากเมล็ดโดยตรง ทำให้ขนาดลำไฟอายุ 1 ปี มีขนาดไม่แตกต่างกันระหว่างพื้นที่เปิดโล่งและใต้เรือนยอด

ไฟไร่ มีอายุของกอประมาณ 8 ปี และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยสูงสุดที่ระดับชนิดดินของกอที่อยู่ในพื้นที่เปิดโล่งและใต้เรือนยอด เท่ากับ 1.13 และ 0.42 เซนติเมตร ตามลำดับ ผลการหาสมการการเติบโตในพื้นที่เปิดโล่งและใต้เรือนยอด ได้สมการดังนี้ $Y = 0.2149 e^{0.2184(x)}$, $R^2 = 0.94$ และ $Y = 0.2001 e^{0.0955(x)}$, $R^2 = 0.95$ ตามลำดับ (Figure 2) และเมื่อประยุกต์ใช้สมการเพื่อประเมินอายุของกอไม้ที่โตเต็มวัย โดยนำขนาดของลำไฟก่อนการออกดอกและตายขุย ไปแทนค่าในสมการพบว่า ไฟไร่ใช้ระยะเวลาในการตั้งตัวเป็นกอที่โตเต็มวัยสั้นมากเมื่อเทียบกับการเจริญภายใต้พื้นที่เรือนยอด โดยมีอายุของกอเท่ากับ 27.17 ± 0.29 และ 66.74 ± 0.70 ปี ตามลำดับ

ไฟข้าวหลาม มีอายุของกอประมาณ 6 ปี และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยสูงสุดที่ระดับชนิดดินของกอที่อยู่ในพื้นที่เปิดโล่งและใต้เรือนยอดเท่ากับ

1.35 และ 0.57 เซนติเมตร ตามลำดับ ผลการหาสมการการเติบโตในพื้นที่เปิดโล่งและใต้เรือนยอด ได้สมการดังนี้ $Y = 0.2697e^{0.2725(x)}$, $R^2 = 0.99$ และ $Y = 0.2379e^{0.132(x)}$, $R^2 = 0.95$ ตามลำดับ (Figure 2) และเมื่อประยุกต์ใช้สมการเพื่อประเมินอายุของการตั้งกองจนโตเต็มวัย พบว่า ไม้ข้าวหลามมีแนวโน้มเช่นเดียวกับไม้ไผ่คือ ใช้ระยะเวลาสั้นเมื่อขึ้นอยู่ในพื้นที่เปิดโล่ง โดยมีอายุใกล้เคียงกับ 12.30 ท.0.87 และ 28.78 ± 2.05 ปี ในพื้นที่เปิดโล่งและใต้เรือนยอดตามลำดับ

ระหว่างที่ทำการศึกษากการตั้งกองของไม้ไผ่และไม้ข้าวหลาม ภายหลังการออกดอกและตายขุย พบว่า ไม้บงคำ ประสบความสำเร็จในการตั้งกองกระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่ และส่วนใหญ่เป็นกองเก่าที่เกิดจากเมล็ดของไม้ภายหลังการตายขุยเดิม อย่างไรก็ตามไม่มีรายงานถึงช่วงเวลาที่แน่นอนของการออกดอกตายขุยของไม้ชนิดนี้ และกองที่ปรากฏส่วนใหญ่เป็นกองขึ้น (suppress sapling clumps) คือ เจริญอยู่ภายใต้สภาพข้อจำกัดในเรื่องของปริมาณแสง จึงมีขนาดเล็กทั้งกองและลำ ภายหลังไม้ไผ่และไม้ข้าวหลามตายและถูกไฟป่าเผาซากกอง มีพื้นที่โล่งเพิ่มมากขึ้น เปิดโอกาสให้กองขึ้นของไม้บงคำ ขยายขนาดกองและลำโตขึ้นมากคลุมพื้นที่เดิมเกือบทั้งหมด และเนื่องจากไม่ทราบอายุแน่นอนของกอง ทำให้ต้องประมาณอายุของกองและลำไม้บงคำเช่นเดียวกับวิธีการนับอายุของไม้ไผ่และไม้ข้าวหลาม ผลการประเมินอายุของไม้บงคำ พบว่า มีอายุของกองระหว่าง 10 - 15 ปี และการเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยที่ระดับจิตดินในแต่ละชั้นอายุเดียวกันระหว่าง 2 พื้นที่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่อายุ 1 ปี ถึงอายุ 10 ปี ($p < 0.001$) (Table 2) โดยมีความโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยสูงสุดที่ระดับจิตดินของกองที่อยู่ในพื้นที่เปิดโล่งและใต้เรือนยอด เท่ากับ 0.76 และ

0.71 เซนติเมตร ตามลำดับ ผลการหาสมการการเติบโตของไม้บงคำ อายุกองประมาณ 10 ปี ในพื้นที่เปิดโล่งและใต้เรือนยอด ได้สมการ คือ $Y = 0.186e^{0.154(x)}$, $R^2 = 0.97$ และ $Y = 0.168e^{0.159(x)}$, $R^2 = 0.97$ ตามลำดับ (Figure 3) และเมื่อประยุกต์ใช้สมการดังกล่าวเพื่อหาอายุกองโตเต็มวัย พบว่า ไม้บงคำใช้เวลาในการตั้งตัวเมื่อเริ่มจากสภาวะที่มาจากกองไม้ที่ถูกบดบังแสงค่อนข้างยาวนาน เมื่อเทียบกับไม้ไผ่และไม้ข้าวหลามภายใต้พื้นที่เปิดโล่ง และพบว่าระยะเวลาในการตั้งกองจนโตเต็มที่ของไม้บงคำไม่มีความแตกต่างกันระหว่างใต้พื้นที่เปิดโล่งและพื้นที่เรือนยอด มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 41.49 ± 0.44 และ 44.51 ± 0.47 ปี ตามลำดับ เนื่องจากไม้บงคำในระยะวัยรุ่นที่เจริญอยู่ภายใต้สภาพที่ไม่เอื้อต่อการเจริญทั้งในด้านแสงสว่างที่ไม่เพียงพอต่อการสังเคราะห์แสง รวมถึงไฟป่าที่เกิดขึ้นได้บ่อยครั้งได้เผาทำลายลำไม้เหล่านี้ลง ทำให้กองไม้บงคำมีโอกาสน้อยที่จะสะสมอาหารเพื่อใช้สำหรับการแตกหน่อในปีต่อไป ไปส่งผลให้มีอัตราการเจริญค่อนข้างต่ำ ทำให้การตั้งกองต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวนานกว่าไม้สองชนิดแรก

ผลการประเมินอายุการตั้งกองจนโตเต็มวัยหรืออายุขัยของไม้ พบว่า ไม้แต่ละชนิดใช้เวลาไม่เท่ากัน อย่างไรก็ตามจะใช้เวลาสั้นเมื่อเจริญอยู่ในพื้นที่เปิดโล่งที่มีแสงสว่างมาก จากการรายงานของ Marod et al., (2005) พบว่ากล้าไม้ข้าวหลาม มีความหนาแน่นและการอัตราการรอดตายสูงมาก ประมาณ 1,250 ลำต่อตารางเมตร และ 58 % ต่อปี ตามลำดับ ผลดังกล่าวทำให้กล้าไม้มีการแข่งขันกันสูงมาก ทั้งภายในชนิดพันธุ์และกับพรรณพืชอื่นๆ โดยเฉพาะปัจจัยแสงสว่าง ดังนั้นเมื่อกล้าไม้เจริญภายใต้พื้นที่เรือนยอดที่มีร่มเงาสูง การเติบโตเป็นไปอย่างช้าๆ ทำให้ใช้เวลาการตั้งกองยาวนานขึ้นไปอีก สอดคล้อง

การศึกษาการเติบโตของกล้าไม้ชนิดอื่นๆ เช่น กล้าไม้ตะเคียนทองในพื้นที่โล่งมีอัตราการเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางดีกว่าภายใต้เรือนยอดของกระถินยักษ์ (ธิตี, 2534) เนื่องจากปริมาณแสงที่พืชได้รับมีผลต่อการสังเคราะห์แสงทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณที่แตกต่างกัน (วงจันทร์, 2535)

โดยปกติพืชทั่วไปสามารถสังเคราะห์แสงได้มากขึ้น เมื่อปริมาณแสงเพิ่มมากขึ้น (ประนอม, 2542; Salisbury and Ross, 1992) อย่างไรก็ตามอัตราการสังเคราะห์แสง นอกจากจะผันแปรตามปริมาณความเข้มแสงแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสง ได้แก่ อุณหภูมิ ลม และความชื้น โดยปกติอัตราการสังเคราะห์แสงของต้นไม้มีอัตราเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงอุณหภูมิระดับหนึ่ง หลังจากนั้นอัตราสังเคราะห์แสงจะค่อนข้างคงที่หรือลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น

ความชื้นในดินถือเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้น้ำของพืชสำหรับการเจริญเติบโตเช่นกัน และเนื่องจากสังคมพืชในพื้นที่ศึกษาเป็นป่าผสมผลัดใบที่ความชื้นของดินมีความผันแปรโดยตรงกับปริมาณน้ำฝนรายเดือน (อมรรตน์, 2544; Marod *et al.*, 1999) อย่างไรก็ตามความชื้นในดินไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพื้นที่ใต้เรือนยอดกับพื้นที่เปิดโล่ง แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาลเฉพาะภายใต้พื้นที่เปิดโล่ง (ปิยะ, 2548) ซึ่งพบว่า กล้าไม้ไผ่มีการเจริญเติบโตทางความสูงในช่วงฤดูฝนได้ดีมาก โดยเฉพาะในพื้นที่เปิดโล่ง ประมาณ 0.99 เซนติเมตรต่อเดือน (Marod *et al.*, 2005) ส่วนใหญ่พรรณไม้ในเรือนยอดชั้นบนจะได้รับอิทธิพลของปัจจัยเหล่านี้เต็มที่ แต่พรรณไม้ในเรือนยอดชั้นรองและพรรณไม้ในระดับไม้พุ่มและไม้พื้นล่าง มักจะได้รับอิทธิพลของปัจจัยเหล่านี้ลดลงตามลำดับ (นิตยา, 2528) กล่าวคือ กล้าไม้ไผ่ที่งอกอยู่ภายใต้พื้นที่เรือนยอด จะ

ได้รับปัจจัยสำคัญเหล่านี้น้อยกว่าภายใต้พื้นที่เปิดโล่ง ทำให้ระยะเวลาการตั้งกอยาวนานกว่าปกติ แสดงว่าปริมาณแสงมีผลโดยตรงต่อระยะเวลาในการตั้งกอกของไม้ไผ่ โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับที่ตั้งกอกของไผ่บงคำ ที่พบเฉพาะกอนาขนาดเล็กภายใต้พื้นที่เรือนยอด (ถูกบดบังแสง) และในพื้นที่เปิดโล่ง (เดิมเคยถูกบดบังแสงโดยไผ่ไร่และไผ่ข้าวหลาม) พบว่าระยะเวลาสำหรับการตั้งกอกของไผ่บงคำ ไม่มีความแตกต่างกันและต้องใช้เวลา (มากกว่า 40 ปี) เพื่อโตเป็นกอเต็มวัย เพราะการเจริญในระยะแรกเป็นไปอย่างช้าๆ เนื่องจากการบดบังแสงสว่างของเรือนยอดไม้ใหญ่ ส่งผลให้ไผ่เกิดการสังเคราะห์แสงได้ลดลง (Kozlowski *et al.*, 1991) กอไผ่จึงเติบโตในลักษณะของกอที่งั้น (dormancy clump) เพื่อรอช่วงเวลาที่ยังงั้นแวดล้อมเหมาะสมต่อการตั้งกอก เช่น เมื่อไผ่ไร่ที่เป็นไผ่เด่นในพื้นที่ตายลงส่งผลให้เกิดพื้นที่โล่งมากขึ้น ทำให้ไผ่บงคำได้รับแสงสว่าง และปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ เต็มที่ จึงเจริญเติบโตจนสามารถตั้งเป็นกอไผ่ที่โตปกคลุมพื้นที่ได้มากกว่า ไผ่ไร่และไผ่ข้าวหลามที่ส่วนใหญ่เจริญมาจากเมล็ด

ความสัมพันธ์ของปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดต่อการเติบโตของไผ่

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอด (standard overcast sky distribution, SOC%) ภายใต้พื้นที่เปิดโล่งและพื้นที่เรือนยอด พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($Z = -4.57$, $p < 0.001$) ทั้งในระหว่างฤดูแล้ง และในฤดูฝน ($Z = -4.70$, $p < 0.001$) โดยค่าปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดเฉลี่ยในฤดูแล้ง เท่ากับ 16.26 และ 4.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 7.75 และ 2.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Marod *et al.*, (2002) ที่รายงานว่า ปริมาณแสงส่อง

ผ่านเรือนยอดมีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ทั้งในฤดูกาลเดียวกันและต่างฤดูกาลกัน และความแตกต่างจากปริมาณแสงดังกล่าวส่งผลต่อการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับชนิดดินของลำไ้ไร้และไ้ข้าวหลาม กล่าวคือ ภายใต้อากาศที่เปิดโล่งขนาดความโตของลำไ้ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($Z = -0.53, p = 0.594$) แต่พื้นที่ไ้เรือนยอดพบว่า ความโตมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($Z = -3.776, p < 0.001$) แสดงว่า แสงสว่างไ้เรือนยอดมีความผันแปรสูง ทำให้ลำไ้ได้รับปริมาณแสงที่น้อยและไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน ที่นอกเหนือจากการบดบังของแสงจากพรรณไม้ในระดับเรือนยอดแล้ว เรือนยอดที่แน่นทึบของไม้ไ้ที่ปกคลุมอยู่เดิมก็มีส่วนอย่างมากต่อการลดปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดที่จะผ่านลงมายังพื้นป่า (Marod et al., 1999; นิติยา, 2528) ดังนั้นจึงพบว่าไม้ไ้ไม่มีการเติบโตได้ดีโดยเฉพาะภายใต้อากาศที่เปิดโล่ง

ผลของการศึกษาในครั้งนี้ แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดต่อการเติบโตของไ้ได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับการศึกษาของ Oliver and Larsen (1996) ที่พบว่า เมื่อหมู่ไม้เติบโตไ้ระยะหนึ่ง เรือนยอดจะขยายเข้ามาชิดกันและซ้อนทับกันทำให้ช่องว่างระหว่างต้นไม้ถูกจำกัด อัตราการเติบโตของต้นไม้จะเริ่มลดลงเนื่องจากเรือนยอดที่ซ้อนทับกันนั้นทำให้กิ่งด้านล่างๆ ได้รับแสงน้อย ส่งผลให้การสังเคราะห์แสงน้อยลง มีผลให้กิ่งด้านล่างค่อยๆ แห้งตาย

สรุป

การเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางของลำไ้ภายใต้อากาศที่เหมาะสมมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอายุของกอ คือ เมื่ออายุของกอเพิ่มขึ้นขนาดของลำหรือหน่อไ้ที่แตกมาใหม่ก็จะมีขนาดโตขึ้น และขนาดของลำในแต่ละชั้นอายุของไ้ไร้และไ้ข้าว

หลาม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ระหว่างพื้นที่เปิดโล่งและไ้เรือนยอด ยกเว้นไ้ไร้ชั้นอายุ 1 ปี ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($Z = -0.89, p = 0.369$) เนื่องจากพลังงานหรืออาหารที่ได้รับสำหรับหน่อไ้เหล่านั้นเกิดจากเมล็ดโดยตรง และเนื่องจากลำไ้ในปีแรกมีความหนาแน่นและการแข่งขันกันสูงมากทั้งสองพื้นที่ การเจริญเติบโตจึงไม่แตกต่างกันมากนัก

ปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งระหว่างพื้นที่ ($Z = -4.57, p < 0.001$) และระหว่างฤดูกาล ($Z = -4.70, p < 0.001$) โดยปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นในฤดูแล้งและลดลงเมื่อเข้าสู่ฤดูฝน ทั้งในพื้นที่เปิดโล่ง (16.26 และ 4.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และพื้นที่ไ้เรือนยอด (7.75 และ 2.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) การตั้งกอของไม้ไ้ไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอด ภายใต้อากาศที่เปิดโล่งการเจริญเติบโตของลำไ้มีขนาดใหญ่กว่าภายใ้เรือนยอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งไ้ไร้และไ้ข้าวหลาม ($Z = -20.06$ และ $-17.47, p < 0.001$, ตามลำดับ)

อย่างไรก็ตามไ้บางคำที่เกิดจากกอที่ถูกบดบัง (suppress clump) อายุกอ ประมาณ 10 ปี แม้การเติบโตจะมีความสัมพันธ์เป็นไปทิศทางเดียวกับไ้ไร้และไ้ข้าวหลาม แต่พบว่า ความโตของไ้บางคำในชั้นอายุเดียวกันระหว่างพื้นที่ไ้เรือนยอดกับพื้นที่เปิดโล่ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ทั้งนี้เนื่องจากเป็นกอไ้ที่เกิดขึ้นอยู่ในพื้นที่อยู่ก่อนแล้วและถูกบดบังแสงโดยไ้ไร้เดิมก่อนการตายขยุย ทำให้ปริมาณแสงมีไม่เพียงพอต่อการเติบโตของไ้บางคำ และกอที่พบจึงอยู่ในลักษณะของกออันจนเมื่อพื้นที่เปิดโล่ง จึงเปิดโอกาสให้ไ้บางคำขยายขนาดของกอเข้ายึดครองพื้นที่ไ้ทั่วไป ไม้ไ้สามารถตั้งกอโตเต็มวัย ได้ในระยะเวลาสั้นเมื่อเจริญอยู่ในพื้นที่เปิดโล่งที่มีปริมาณแสงเพียงพอ และ

สมการประเมินอายุของไม้ไร่และไม้ข้าวหลาม ในพื้นที่เปิดโล่ง คือ $Y = 0.2149 e^{0.2184(x)}$, $R^2 0.94$ และ $Y = 0.2697 e^{0.2725(x)}$, $R^2 0.99$ ตามลำดับ และจากการประเมินอายุพบว่า ไม้ทั้งสองชนิดใช้เวลาในการตั้งเป็นกอเต็มวัย เท่ากับ 27.17 ± 0.29 และ 12.30 ± 0.87 ปี ตามลำดับ ส่วนไม้พงดำที่เกิดจากกอไม้ที่อยู่ระหว่างการงัน เนื่องจากถูกบดบังแสงสว่าง ต้องใช้เวลาในการตั้งเป็นกอก่อนข้างนานกว่าไม้สองชนิดแรก (ประมาณ 41.49 ± 0.44 ปี)

การส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกสวนไม้เพื่อนำผลผลิตของไม้ทั้งหน่อและลำมาใช้ประโยชน์ ควรพิจารณาปัจจัยที่สำคัญคือ ปริมาณแสงสว่างในพื้นที่รวมถึงแหล่งที่มาของกล้า ท่อนพันธุ์หรือหน่อไม้ เนื่องจากการนำไม้มาปลูกนั้นอายุของกอที่ปลูกต้องนับต่อเนื่องจากอายุของกอเดิม ซึ่งหากหน่อที่นำมาขยายพันธุ์มีอายุใกล้เคียงกับช่วงอายุขัยของไม้ ก็จะทำให้การส่งเสริมการปลูกไม้ล้มเหลว เนื่องจากไม้ที่ปลูกจะออกดอกและตายชุก ก่อนที่จะเก็บผลผลิต เช่นที่เคยเกิดขึ้นกับการปลูกไม้เต็ง และมีการออกดอกพร้อมกันทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2537 ทั้งๆ ที่เกษตรกรเพิ่งเริ่มปลูกไม้ได้เพียง 4-5 ปี เท่านั้น อย่างไรก็ตาม การได้กล้าไม้ที่เกิดจากเมล็ดถือเป็นสิ่งที่กระทำได้ยากเช่นกัน

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาการตั้งกอและสร้างลำของไม้ไร่ภายหลังการออกดอกตายชุก ในป่าธรรมชาติควรมีเก็บข้อมูลในระยะยาว เพื่อให้ได้รับข้อมูลการปรับตัวของพืชในแต่ละช่วงเวลาและติดตามการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตในด้านต่าง ๆ ของพรรณพืชและไม้ที่สัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อม เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่สมบูรณ์สำหรับการวางแผนการจัดการป่าไม้ในอนาคต

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ดอกรัก มารอด. 2538. แบบแผนการทดแทนชั้นพันธุ์ไม้ในสังคมป่าผสมผลัดใบของสถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธิตี วิสารัตน์. 2534. การเจริญเติบโตและ ผลผลิตตะเคียนทอง. แหล่งที่มา: <http://www.forest.go.th/Private/taken3.htm>, 20 เมษายน 2546.
- ประนอม ผาสุข. 2542. ความผันแปรตามฤดูกาลของโครงสร้างเรือนยอดและอัตราการสังเคราะห์แสงของพรรณไม้เด่น 3 ชนิดในป่าเบญจพรรณ จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปิยะ ภิญโญ. 2548. ความสัมพันธ์ระหว่างกล้วยป่ากับสัตว์กินผลไม้ในป่าผสมผลัดใบ ที่สถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิตยาเลาะห์จินดา. 2528. นิเวศวิทยา. ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วงจันทร์ วงศ์แก้ว. 2535. หลักสรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วัฒนา สุนทรชัย. 2546. เรียนสถิติด้วย SPSS ภาควิชาสถิติวิทยา. วิทยาพัฒนา, กรุงเทพฯ.

- สถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี. 2549.
ลักษณะภูมิอากาศบริเวณสถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่
กลอง จังหวัดกาญจนบุรี (พ.ศ.2541-2546).
สถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลอง, จังหวัดกาญจนบุรี.
- Dranfield, S., and E.A. Widjaja, (eds.) 1995. **Plant
Resource of South-East Asia (PROSEA)
No. 7, Bamboos.** Bogor, Indonesia.
- Hoshizaki, K. 1999. **Regeneration Dynamic of a
Sub-dominant Tree Aesculus Turbinate in
a Beech-Dominated Forest: Interactions
Between Large-Seeded Tree Guild and
Seed/seedling Consumer Guild.** Doctoral
Thesis, Kyoto University.
- Ishizuka, M. and Y. Kanazawa. 1991. Development
of the software FishEye (BKK). pp.1-15. *In*
Ishizuka, M. *et al.*, (eds.) **Development of
the Software for Silviculture Research.**
Research and training in re-afforestation
project in Thailand, Royal Forest
Department, Bangkok, Thailand.
- Kozlowski, T.T., P. J. Kramer and S.G. Pallardy. 1991.
**The Physiological Ecology of Woody
Plants.** Academic Press, Inc., New York.
- Kutintara, U., D. Marod, M. Takahashi and T.
Nakashizuka. 1995. Growth and dynamics
of bamboos in a tropical seasonal forest. pp
15-19. *In: The International Workshop on the
Changes of Tropical Forest Ecosystems
by EL Niño and Others.* National
Research Council, Thailand.
- Marod, D., U. Kutintara, H. Tanaka and T.
Nakashizuka. 2002. The effects of drought
and fire on seed and seedling dynamics in a
tropical seasonal forest in Thailand. **J. Plant
Ecol.** 161: 41-57.
- Marod, D., U. Kutintara, H. Tanaka and T.
Nakashizuka. 2004. The effects of drought
and fire on seedling survival and growth
under contrasting light conditions in a
seasonal tropical forest. **J. Veg. Sci.** 15:
691-700.
- Marod, D., U. Kutintara, , C. Yarwudhi, T. Hiroshi
and T. Nakashisuka. 1999. Structural
dynamics of a natural mixed deciduous forest
in western Thailand. **J. Veg. Sci.** 10: 777-
786.
- Marod, D., V. Neumrat, S. Panuthai, H. Tanaka , H.
And P. Sahunalu. 2005. The forest
regenerationn after gregarious flowering of
bamboo (*Cephalostachyum pergracile*) at
Mae Klong Watershed Research Station,
Kanchanaburi province. **Kasetsart J.** (Nat.
Sci.) 39: 588-593.
- McClure, F.A., 1966. **The Bamboos: A Fresh
Perspective.** Harvard University Press.
Cambridge, Massachusetts.
- Oliver, C. D. and B.C.. Larsen. 1996. **Forest Stand
Dynamics.** The Permission Department John
Wiley and Sons, Inc, USA. 520 p. *Cited* D.

- J. Watson. 1947. Comparative physiological studies on the growth of field crops I. Variation in net assimilateion rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Ann. Bot.** 11: 41-76.
 - Pearcy, R.W. 1990. Sunflecks and photosynthesis in plant canopies. Annual Review of Plant Physiology. **Plant Mol. Biol.** 41: 421-453.
 - Salisbury, F.B. and C.W. Ross, 1992. **Plant Physiology.** Wadsworth Publishing Company, California.
 - Suksawang, S. 1993. **Site Overview: Thong Phaphoom Study Site.** Royal Forest Department, Bangkok.
-