

นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลของความเข้มแสงต่อการเติบโตและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง
ของกล้าไม้ป่ายืนต้น

Effect of Light Intensity on Growth and Photosynthesis Related Variables
of Forest Tree Seedlings

สุริวรรณ มุลจันทร์¹

นิสา เหล็กสูงเนิน^{1*}

สุวิมล อุทัยรัมย์¹

บุญธิดา ม่วงศรีเมืองคี²

Suriwan Moonchun¹

Nisa Leksungnoen^{1*}

Suwimon Uthairatsamee¹

Boontida Moungsrimuangdee²

¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

² ศูนย์การจัดการศึกษาเพื่อชุมชน วิทยาลัยโพธิวิชชาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Bodhivijjalaya College Srinakharinwirot University, Bangkok 10110, Thailand

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

รับต้นฉบับ 7 กรกฎาคม 2560

รับลงพิมพ์ 15 สิงหาคม 2560

ABSTRACT

Growth and related photosynthetic parameters were studied in three forest tree seedlings; *Hopea odorata* Roxb., *Dalbergia cochinchinensis* Pierre and *Tectona grandis* L.f.. Seedlings were transferred to 25 cm diameter pots filled with soil media and placed under different light intensities including 100% (light on canopy), 40% (light under canopy) and 10% (light above the ground forest) at the nursery in the Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok for 1 year. The objectives of the study were 1) to study growth, chlorophyll content, chlorophyll efficiency, and specific leaf area in different species and light intensities and 2) to manage the areas of plantation, degraded lands, or natural forest for increasing biodiversity based on this study.

All 3 species had the greatest growth rate under full light intensity (100%) and *T. grandis* also performed best under medium light intensity (40%). Growth in all species decreased at the low light intensity (10%). Chlorophyll, which is the essential element in photosynthesis, tended to decrease when light intensity increased while chlorophyll efficiency varied within species. Chlorophyll contents in *H. odorata* was higher than both of *D. cochinchinensis* and *T. grandis*. Moreover, low light intensity resulted in reduction in leaf thickness in order to acclimate

to capture more light. Although, growth rate of all species was low under the low light intensity, *D. cochinchinensis* showed the highest growth followed by *H. odorata* and *T. grandis*. Overall, *D. cochinchinensis* was recommended for planting under limited-light condition such as the natural forest covered with plant canopy. *H. odorata* was recommended to establish in the open area for restoration propose while *T. grandis* can be planted after *H. odorata* because the medium light is in favor for Teak growth.

Keywords: Light intensity, Growth, Chlorophyll, Specific leaf area, Ironwood, Siamese rosewood, Teak

บทคัดย่อ

การเติบโตและการวัดค่าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงในกล้าไม้ป่า 3 ชนิด ได้แก่ ตะเคียนทอง (*Hopea odorata* Roxb.) พะยุง (*Dalbergia cochinchinensis* Pierre) และสัก (*Tectona grandis* L.f.) ที่ปลูกในกระถางพลาสติกสีดำ ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร ภายใต้ความเข้มแสงร้อยละ 100 (แสงเหนือเรือนยอด) ร้อยละ 40 (แสงภายใต้เรือนยอดร่มไม้ใหญ่) และร้อยละ 10 (แสงบนพื้นป่า) บริเวณโรงเรียนคณะวนศาสตร์ เป็นระยะเวลา 1 ปี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาการเติบโต ปริมาณและประสิทธิภาพของคลอโรฟิลล์ที่ส่งผลโดยตรงต่อการสร้างอาหารของพืช และพื้นที่ผิวใบจำเพาะที่เกิดจากการปรับตัวภายใต้ความเข้มแสง 3 ระดับ เปรียบเทียบในกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิด และ 2) นำข้อมูลมาเป็นพื้นฐานในการจัดการพื้นที่ปลูกป่าเพื่อฟื้นฟูธรรมชาติจากการถูกทำลาย หรือการปลูกเสริมในพื้นที่ที่ต้องการความหลากหลายทางธรรมชาติ

กล้าไม้ทั้ง 3 ชนิดมีอัตราการเติบโตสูงที่สุดเมื่อได้รับแสงเต็มที่ (ร้อยละ 100) และสักยังสามารถเติบโตในสภาพความเข้มแสงปานกลาง (ร้อยละ 40) โดยกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิดมีการเติบโตที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเข้มแสงต่ำสุด (ร้อยละ 10) ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มแสงสูงในทุกชนิด ในขณะที่ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงนั้นผันแปรภายในชนิด โดยตะเคียนทองมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าพะยุงและสัก แต่คลอโรฟิลล์ในกล้าสักมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงกว่ากล้าพะยุงและตะเคียนทอง และเมื่อพิจารณาพื้นที่ผิวใบจำเพาะ พบว่า ใบปรับตัวให้บางลงเพื่อรับแสงเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มแสงลดลง โดยรวมแล้วกล้าพะยุงมีการเติบโตดีกว่าตะเคียนทองและสักเมื่ออยู่ในสภาพแสงที่จำกัดมาก (ร้อยละ 10) จึงเหมาะที่จะปลูกในพื้นที่ เพื่อเพิ่มความหลากหลายในพื้นที่ที่มีไม้อื่นขึ้นอยู่ก่อนแล้วอย่างหนาแน่น ในขณะที่ตะเคียนทองนั้นเหมาะที่จะปลูกเพื่อฟื้นฟูพื้นที่ที่ถูกทำลายและเปิดโล่ง ส่วนสักเหมาะที่จะปลูกภายหลังการปลูกตะเคียนทอง ทั้งนี้เพื่อให้มีร่มเงาเล็กน้อยซึ่งเหมาะสมกับการเติบโตของสัก

คำสำคัญ: ความเข้มแสง การเติบโต คลอโรฟิลล์ พื้นที่ผิวใบจำเพาะ ตะเคียนทอง พะยุง สัก

คำนำ

การเติบโตของพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในซึ่ง
เป็นกระบวนการต่างๆ ของพืชแต่ละชนิด โดยขึ้นอยู่กับ

ลักษณะทางพันธุกรรมและปัจจัยภายนอกคือ สภาพ
แวดล้อมในบริเวณที่อยู่อาศัยของพืช ซึ่งแสงเป็นปัจจัย
แวดล้อมหนึ่งที่สำคัญที่ส่งผลต่อการเติบโตของพืช

เนื่องจากแสงเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อผลิตอาหารให้กับส่วนต่างๆ ของพืช (กิลล์และคณะ, 2552) โดยพืชแต่ละชนิดมีความต้องการความเข้มแสงในการเติบโตที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการปรับตัวทางสรีรวิทยาและสัณฐานวิทยาของพืช (Pinho *et al.*, 2012; Böhnke and Bruelheide, 2013) คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุสำคัญในการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ผันแปรไปตามความเข้มแสงและขึ้นอยู่กับชนิดพืช เช่นจากการศึกษาของ Phonguodume *et al.* (2012) เรื่องผลของความเข้มแสงในไม้ผลัดใบเขตร้อน 5 ชนิดพบว่า ตำแหน่งของใบที่ได้รับแสงมีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ที่แตกต่างกัน โดย กระบากล (*Anisoptera costata*), มะคำโมง (*Azelia xylocarpa*), ยางนา (*Dipterocarpus alatus*) มีค่าน้อยเมื่ออยู่ตำแหน่งด้านล่าง แต่ พะยุง (*Dalbergia cochinchinensis*) และตะเคียนทอง (*Hopea odorata*) กลับมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีการปรับตัวของพื้นที่ผิวใบจำเพาะ (พื้นที่ผิวใบต่อน้ำหนักใบแห้ง) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยส่วนใหญ่พืชที่ทนร่มจะมีค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะต่ำและพืชที่ไม่ทนร่มมีค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะสูง (Reich *et al.*, 2003) โดยการปรับตัวของพืชเพื่อให้สามารถอยู่ในที่ร่มได้จากการศึกษาการปรับตัวของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงต่อการเติบโตของ Evans and Poorter (2001) พบว่าค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะของไม้ 10 ชนิดที่ทำการศึกษามีค่าเพิ่มขึ้น 2 เท่าเมื่อปริมาณแสงลดลงและจากการศึกษาค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะของหญ้าเขตร้อนในประเทศบราซิลมีค่าเพิ่มขึ้นที่ความเข้มแสงร้อยละ 30 (Filho, 2000) และมีการปรับตัวของพื้นที่ผิวใบจำเพาะที่มีค่าเพิ่มขึ้นเพื่อช่วยให้ไม้หนุ่มไม่ผลัดใบ 8 ชนิดสามารถอยู่รอดได้ภายใต้ร่มเงาในป่าเขตอบอุ่นไม่ผลัดใบ (Lusk, 2002) การเติบโตของไม้ยืนต้นนั้นมีความสัมพันธ์กับการสร้างเนื้อไม้ ซึ่งไม้ป่าที่นิยมนำเนื้อไม้มาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในประเทศไทย ได้แก่ ตะเคียนทอง (*Hopea*

odorata Roxb.) พะยุง (*Dalbergia cochinchinensis* Pierre) และสัก (*Tectona grandis* Linn.f.) โดยนิยมนำมาใช้ก่อสร้างและทำเครื่องเรือน ซึ่งในปัจจุบันความต้องการเนื้อไม้เหล่านี้มีมากแต่กำลังผลิตยังไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงควรส่งเสริมให้มีการปลูกเพื่อใช้เนื้อไม้ในพื้นที่สวนป่าหรือพื้นที่เสื่อมโทรมร่วมกับไม้โตเร็วอื่นๆ เพื่อให้เกิดการทดแทนเป็นปารัชมชาติต่อไปในอนาคตเป็นการเพิ่มความหลากหลายทางชนิดพรรณ

การศึกษากการเติบโตของพืชภายใต้สภาพแสงที่แตกต่างกันในขณะที่เป็นกล้าไม้ที่อยู่ภายใต้ร่มไม้ใหญ่จนถึงการพัฒนาเป็นไม้หนุ่มสามารถแก่อย่างแสงได้ในตะเคียนทอง พะยุง และสักนั้นยังมีอยู่น้อย โดยการศึกษาส่วนใหญ่เป็นไม้เศรษฐกิจ *Acacia mangium*, *A. auriculiformis*, ไม้ป่าปลูก (*Hopea helferi* และ *H. odorata*) และไม้ต่างประเทศ (*Dyera costulata*, *Dipterocarpus baudii*, *Neobalanocarpus heimii* และ *Pouteria sp.*) (สาพิศ, 2545; Lee *et al.*, 2000; Kenzo *et al.*, 2008; Phonguodume *et al.*, 2012) ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษากการเติบโต ปริมาณและประสิทธิภาพของคลอโรฟิลล์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และพื้นที่ผิวใบจำเพาะที่เกิดจากการปรับตัวภายใต้สภาพความเข้มแสงที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ความเข้มแสงร้อยละ 100 (ความเข้มแสงในระดับเรือนยอดที่ไม่มีร่มไม้บัง) ความเข้มแสงร้อยละ 40 (ปริมาณแสงสว่างสัมพัทธ์โดยประมาณที่ระดับ 1 เมตรเหนือพื้นดินในพื้นที่ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง) และความเข้มแสงร้อยละ 10 (ปริมาณแสงสว่างสัมพัทธ์โดยประมาณที่ระดับพื้นดินและระดับ 1 เมตรเหนือพื้นดินในพื้นที่ป่าดิบแล้ง) (สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้ และพันธุ์พืช, 2556) และ 2) เพื่อนำข้อมูลมาเป็นพื้นฐานในการจัดการพื้นที่ปลูกป่าเพื่อเศรษฐกิจ ปลูกเพื่อปลูกป่าฟื้นฟูธรรมชาติจากการถูกทำลาย หรือการปลูกเสริมในพื้นที่ที่ต้องการความหลากหลายทางธรรมชาติ

อุปกรณ์ และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

บริเวณโรงเรือนในคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยทำการศึกษาตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2559 ซึ่งมีข้อมูลสภาพอากาศแสดง

ดัง Figure 1 สำหรับการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ชุด ตามระดับความเข้มแสง 3 ระดับ โดยแต่ละชุดการทดลองมีขนาด 1.5×2 เมตร ประกอบด้วย ความเข้มแสงร้อยละ 100 (แสงเหนือเรือนยอด) ร้อยละ 40 (แสงภายใต้เรือนยอดร่มไม้ใหญ่) และร้อยละ 10 (แสงบนพื้นป่า)

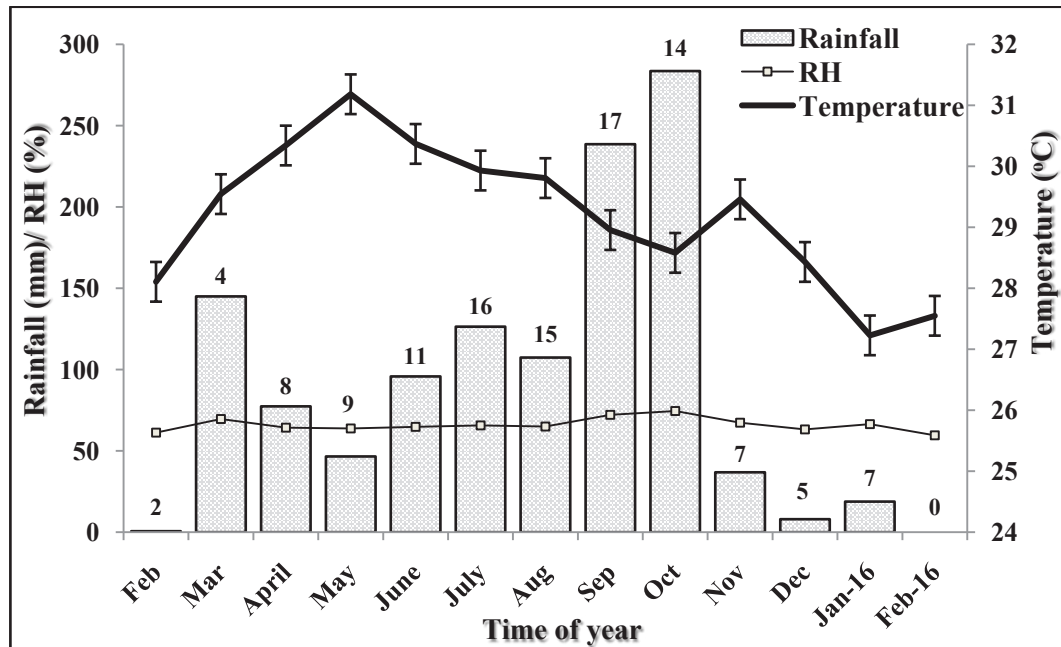


Figure 1 Rainfall amounts (mm) (bar), days of rain (number in each bar), mean of humidity (%) (solid line with a square) and temperature (C°) (solid line) from February 2015 to February 2016 at the Faculty of Forestry, Kasetsart University.

ออกแบบโรงเรือนโดยควบคุมโรงเรือนให้มีความเข้มแสงต่างกัน โดยคลุมด้วยตาข่ายกรองแสงพลาสติกสีดำที่มีปริมาณการกรองแสงที่แตกต่างกัน ดังนี้

- 1) ความเข้มแสงร้อยละ 100 ไม่มีการใช้ตาข่ายกรองแสง โดยให้ได้รับแสงตามธรรมชาติ
- 2) ความเข้มแสงร้อยละ 40 ใช้ตาข่ายกรองแสงร้อยละ 60 เพื่อให้ได้รับปริมาณแสงร้อยละ 40 ของแสงตามธรรมชาติ
- 3) ความเข้มแสงร้อยละ 10 ใช้ตาข่ายกรองแสงร้อยละ 80 ซ้อนทับกัน 2 ชั้น เพื่อให้ได้รับปริมาณแสงร้อยละ 10 ของแสงตามธรรมชาติ

ใช้ตาข่ายกรองแสงกันพื้นที่ทั้งด้านบนและด้านข้างโดยรอบเพื่อให้ปริมาณแสงที่ได้รับเป็นไปตามที่กำหนดไว้ ทำการวัดปริมาณความเข้มแสง (Lux) ในแต่ละพื้นที่ทดลองด้วยเครื่องมือวัดแสงและอุณหภูมิอัตโนมัติ (Model HOBO UA-002-64, Pendant Temp/Light, 64 K, Onset Computer Cooperation, Bourne, MA, USA) จำนวน 3 เครื่องในแต่ละความเข้มแสง ดังค่าวัดทุกๆ 1 นาที เป็นเวลาต่อเนื่อง 1 เดือนก่อนการศึกษา เพื่อให้ได้ความเข้มแสงที่มีค่าใกล้เคียงกับระดับที่กำหนดไว้คือ ความเข้มแสงร้อยละ 40 มีค่าร้อยละ 41.32 ± 0.81 และความเข้มแสงร้อยละ 10 มีค่าร้อยละ 10.16 ± 0.45

การเตรียมกล้าไม้

จัดหากกล้าไม้แต่ละชนิดให้มีขนาดใกล้เคียงกัน ได้แก่ ตะเคียนทอง มีความสูงประมาณ 30-50 เซนติเมตร พะยูง มีความสูงประมาณ 30-50 เซนติเมตร และสัก มีความสูงประมาณ 70-100 เซนติเมตร จากแหล่งเดียวกันคือ จังหวัดปทุมธานี ทำการย้ายกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิด ลงปลูกในกระถางพลาสติกสีดำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร เติมนดินผสมสำเร็จพร้อมปลูกที่มีส่วนผสมของดินขุยมะพร้าว ใบก้ามปู และมะพร้าวสับ ใส่ปุ๋ยเม็ดละลายช้า สูตร 14-14-14 (Osmocote Suffolk, UK) ปริมาณ 200 กรัมในทุกกระถาง จากนั้นนำกระถางกลุ่มวางกระจายบนโต๊ะเหล็กที่สูง 30 เซนติเมตรเหนือพื้นดินในโรงเรือน โดยแต่ละระดับความเข้มแสงมีกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิด ชนิดละ 7 ต้น รวมทั้งหมด 63 ต้น

$$\text{การเติบโตสัมพัทธ์ (\%)} = \frac{\text{การเติบโตในเดือนกุมภาพันธ์ 2559} - \text{การเติบโตในเดือนกุมภาพันธ์ 2558}}{\text{การเติบโตในเดือนกุมภาพันธ์ 2558}} \times 100$$

2. การเก็บข้อมูลสรีรวิทยาของพืชแต่ละระดับความเข้มแสง

ทำการเก็บข้อมูลทางสรีรวิทยาทุกเดือน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2559 (ระยะเวลา 12 เดือน) และนำค่ามาเฉลี่ยเพื่อลดความผันแปรของสภาพอากาศรายเดือนในรอบปี

2.1 วัดปริมาณคลอโรฟิลล์

วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ (Chlorophyll content) โดยใช้เครื่อง SPAD (Model SPAD-502, Konica Minolta Holdings Co. Ltd., Tokyo, Japan) โดยอาศัยหลักการวัดการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นสีแดงและอินฟราเรดและทำการคำนวณออกมาเป็นสัดส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ หน่วยที่วัดได้ คือ SPAD ทำการวัดในช่วงเวลา 8.00- 10.00 น. โดยสุ่มวัดใบที่สมบูรณ์และโตเต็มที่ในแต่ละต้นทั่วทั้งต้นเพื่อให้เป็นตัวแทนของใบที่มีอายุแตกต่างกัน โดยแต่ละต้นเลือก 10 ใบ และแต่ละใบทำการวัดให้ทั่วพื้นที่ใบจำนวน 10 ครั้งแล้วนำมาเฉลี่ยเป็นตัวแทนแต่ละใบ ทำการวัดทั้ง 7

การเก็บข้อมูล

1. การวัดการเติบโต

ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง และจำนวนใบของกล้าไม้ทุกต้นก่อนทำการศึกษาดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558 และทำการวัดอีกครั้งในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 เพื่อวิเคราะห์การเติบโตสัมพัทธ์ (relative growth rate) รายปีของแต่ละต้นภายใต้สภาพแสงที่แตกต่างกัน

การวัดการเติบโตแบ่งออกเป็น 1) การเติบโตทางด้านความโต (diameter) ที่ระดับความสูงจากคอราก 5 เซนติเมตร 2) การเติบโตทางด้านความสูง ตั้งแต่โคนจนถึงปลายยอด และ 3) การเพิ่มปริมาณใบของแต่ละชนิด ซึ่งการเติบโตสัมพัทธ์คำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

ต้น ในแต่ละชนิด และในแต่ละความเข้มแสง แล้วนำค่าเฉลี่ยที่ได้ในรอบปีมาเปรียบเทียบ

2.2 วัดประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสง

วัดค่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photochemistry efficiency) ด้วยเครื่อง Chlorophyll fluorometer (Model OS-30p+, Hand Held, Opti-Sciences, Inc., USA) ด้วยวิธีการ JIP test โดยใช้ดัชนีชี้วัดการทำงานโดยรวม (performance index: PI_{ABS}) ไม่มีหน่วย (Unitless) ในการศึกษานี้ครั้งนี้ ทำการวัดในช่วงก่อนมีแสงอาทิตย์เพื่อช่วยลดความผันแปรของแสงที่จะส่งผลต่อการวัดค่านี้ สุ่มเลือกใบที่โตเต็มที่และอายุใบไม่แก่หรืออ่อนจนเกินไป โดยเลือกใบที่ 2 หรือ 3 จากยอด ใช้คลิปที่มากับตัวเครื่องมือหนีบใบพืชเพื่อไม่ให้บริเวณนั้นไม่ได้รับแสง ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมก่อนการให้แสงเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นใช้เครื่องมือที่มีส่วนให้แสงในช่วงคลื่นที่พืชใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งพืชจะถูกกระตุ้นและเกิดกระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน และทำการวัดค่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์

ด้วยแสง สุ่มวัด 2 ใบจากแต่ละต้น (ทั้งหมด 7 ต้น) ในแต่ละชนิดและระดับความเข้มแสง จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้แสงของคลอโรฟิลล์เพื่อเปรียบเทียบ

3. การศึกษาพื้นที่ผิวใบจำเพาะ (Specific Leaf Area)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (12 เดือน) ทำการเก็บใบที่โตเต็มที่ประมาณใบที่ 2-3 จากส่วนยอดของกล้าไม้แต่ละชนิดในแต่ละระดับความเข้มแสง ต้นละ 1 ใบ จำนวน 7 ต้น ใส่ในถุงกระดาษเพื่อนำมาหาขนาดพื้นที่ใบ ด้วยโปรแกรม ImageJ และชั่งน้ำหนักใบสด (Model XT620M, ทศนิยม 3 ตำแหน่ง, Series 320XT, Precisa Gravimetrics AG, Dietikon, Switzerland) จากนั้นนำตัวอย่างใบอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักแห้งของใบ โดยค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะ สามารถคำนวณได้ดังนี้ (Cornelissen *et al.*, 2013)

$$\text{พื้นที่ผิวใบจำเพาะ (ตารางเซนติเมตร/กรัม)} = \frac{\text{พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)}}{\text{น้ำหนักแห้ง (กรัม)}}$$

วิเคราะห์ผลทางสถิติ

การศึกษานี้เป็นแบบ Two way factorials โดยมีปัจจัยหลัก (main factors) 2 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดพืช 3 ชนิด และระดับความเข้มแสง 3 ระดับ โดยวิธีสุ่มแบบทั่ว (completely randomized design) ที่มีจำนวนต้น 7 ต้น (จำนวนซ้ำแตกต่างกันตามวิธีที่อธิบายในแต่ละหัวข้อ) ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) ด้วยโปรแกรม SAS version 9.0 (SAS Institution Inc., NC, USA) ด้วย GLM procedure และเปรียบเทียบความแตกต่างเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธี Least Square Mean (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

ผลและวิจารณ์

อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของกล้าไม้

อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของกล้าไม้ตะเคียนทอง พะยูง และสัก แบ่งออกเป็น การเติบโตทางด้านความโตสัมพัทธ์ (Figure 2) การเติบโตทางด้านความสูงสัมพัทธ์ (Figure 3) และการเพิ่มปริมาณใบสัมพัทธ์ (Figure 4) ความโตและความสูงสัมพัทธ์มีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกัน โดยความเข้มแสงที่สูงส่งผลให้กล้าไม้มีความโตและความสูงมากกว่ากล้าไม้ในที่ร่ม ตะเคียนทองและพะยูงนั้นมีความสูงและความโตสัมพัทธ์สูงที่สุดที่ระดับความเข้มแสงสูง (ร้อยละ 100) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Phonguodume *et al.* (2012) ที่พบว่าพะยูง มีการเติบโตที่ความเข้มแสงสูง ส่วนความเข้มแสงปานกลางถึงต่ำนั้นส่งผลให้การเติบโตลดลง ส่วนสักในการศึกษารั้งนี้มีการเติบโตดีในแสงระดับปานกลางถึงสูง ในขณะที่แสงระดับต่ำนั้นสักมีการเติบโตลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยัง ความสูงสัมพัทธ์ของกล้าไม้ทั้งสามชนิดมีความผันแปรค่อนข้างสูง ส่งผลให้โดยรวมแล้วแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 3) แต่อย่างไรก็ตามกล้าไม้ตะเคียนทองที่ความเข้มแสงร้อยละ 10 มีความสูงสัมพัทธ์น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับความเข้มแสงอื่นๆ และเมื่อเทียบกับพะยูงและสัก ซึ่งผลครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของส่วนปลูกป่าภาคเอกชน กรมป่าไม้ (2553) ที่สรุปว่า ตะเคียนทองเป็นพืชที่ต้องการแสงและมีการเติบโตช้าในที่ความเข้มแสงต่ำ ซึ่งระดับแสงที่ร้อยละ 40 นั้นถือว่าเพียงพอสำหรับตะเคียนทองในการเติบโตด้านความสูง โดยมีความสูงสัมพัทธ์ที่ใกล้เคียงกับกล้าไม้ตะเคียนทองที่ได้รับแสงเต็มที่ (ร้อยละ 100)

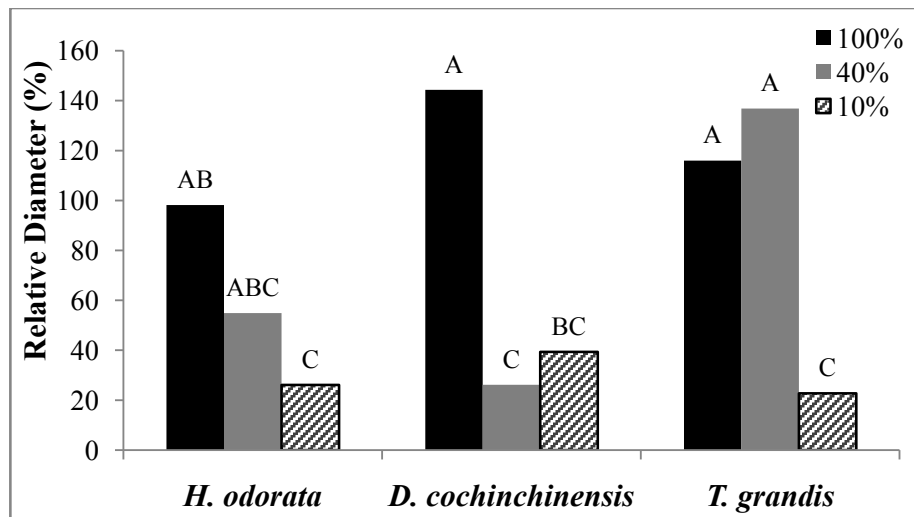


Figure 2 Relative diameter of *H. odorata*, *D. cochinchinensis* and *T. grandis* seedlings under different lightintensities (100, 40 and10 %).

Remark: The letters above the bars showed significant difference at $P \leq 0.05$

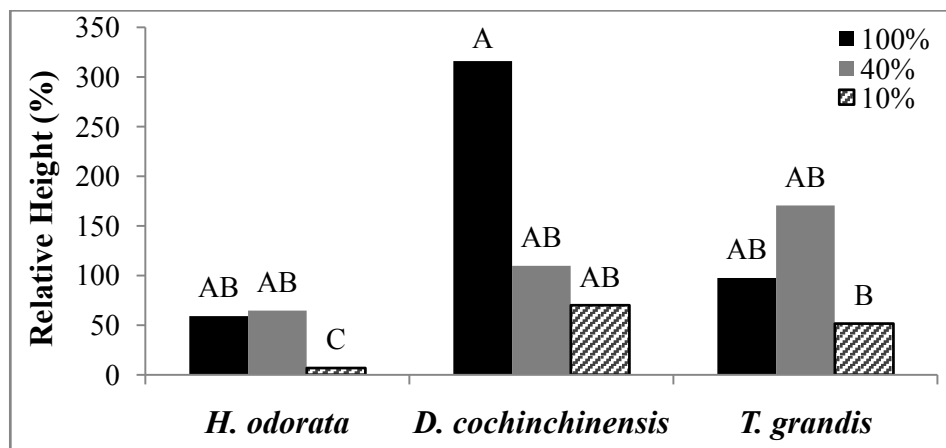


Figure 3 Relative height of *H. odorata*, *D. cochinchinensis* and *T. grandis* seedlings under different lightintensities (100, 40 and10 %).

Remark: The letters above the bars showed significant difference at $P \leq 0.05$

อย่างไรก็ตามในช่วงแรกของกล้าไม้และใน ระยะไม้หนุ่มควรมีการอนุบาลภายใต้เรือนยอดก่อนที่จะเปิดให้ได้รับแสงเต็มที่ แม้ว่าในพะยูนและสักจะมีความสูงสัมพัทธ์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พะยูนมีแนวโน้มของการเติบโตทางด้านความสูงสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเมื่อสภาพความเข้มแสงเพิ่มขึ้น และมีความสูงสัมพัทธ์มากที่สุดที่ความเข้มแสงสูงสุด ในขณะที่สักมีความสูงสัมพัทธ์สูงสุดที่ความเข้มแสงปานกลาง (ร้อยละ 40) ซึ่งน้อยกว่าปริมาณแสงที่ วิลาวรรณ

และวพรรณ (2556) ระบุไว้ว่าความเข้มแสงที่เหมาะสมต่อการเติบโตและการพัฒนาของสักอยู่ระหว่างร้อยละ 75-90 ซึ่งเป็นไปได้ว่าความเข้มแสงที่กล่าวถึงอาจหมายถึงต้นสักที่โตเต็มที่ อย่างไรก็ตามกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิดเมื่ออยู่ในสภาพที่มีความเข้มแสงต่ำ ความสูงสัมพัทธ์มีแนวโน้มลดลง

ปริมาณใบสัมพัทธ์ของกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิดภายใต้ความเข้มแสงต่างระดับกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 4) โดยตะเคียนทองมีปริมาณ

ใบสัมพัทธ์ต่ำที่สุดเมื่อปริมาณแสงร้อยละ 10 ในขณะที่พะยูนมีปริมาณใบสัมพัทธ์สูงที่สุด อย่างไรก็ตามกล้าพะยูนและสักมีปริมาณใบสัมพัทธ์ที่แตกต่างกันอย่างไม่น่าสำคัญทางสถิติ จากการศึกษาของ Phonguodume *et al.*

(2012) ที่ศึกษาพะยูนและตะเคียนทองพบว่า พะยูนจะมีปริมาณใบสูงขึ้นเมื่อเติบโตภายใต้ความเข้มแสงสูง เช่นเดียวกับตะเคียนทองที่มีปริมาณใบสูงสุดที่สภาพความเข้มแสงสูง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้

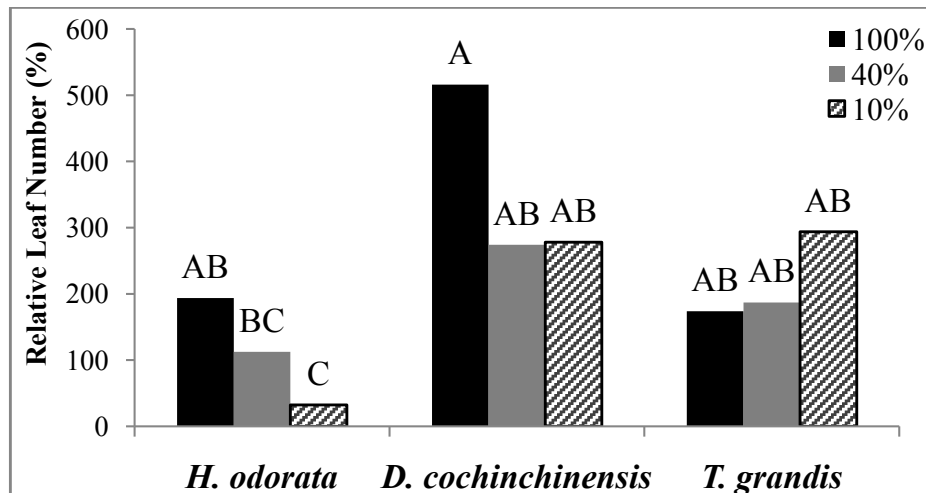


Figure 4 Relative leaf number of *H. odorata*, *D. cochinchinensis* and *T. grandis* seedlings under different light intensities (100, 40 and 10 %).

Remark: The letters above the bars showed significant different at $P \leq 0.05$

การเติบโตสัมพัทธ์ของกล้าไม้ตะเคียนทองพะยูน และสัก แสดงให้เห็นว่ากล้าไม้ทุกชนิดเติบโตได้ดีที่ความเข้มแสงสูงสุดที่ไม่มีอะไรมาบัง แต่ในกล้าสักนั้นภายใต้ความเข้มแสงร้อยละ 40 มีการเติบโตที่แตกต่างอย่างไม่น่าสำคัญทางสถิติกับความเข้มแสงที่สูงเมื่อพิจารณาที่ความเข้มแสงร้อยละ 10 ซึ่งมีสภาพร่มและได้รับแสงจำกัด กล้าไม้พะยูนมีการเติบโตสัมพัทธ์ที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงแนะนำให้ปลูกในพื้นที่ได้เรือนยอดไม้ใหญ่ที่มีแสงจำกัด

ลักษณะทางสรีรวิทยาของกล้าไม้

ลักษณะทางสรีรวิทยาในการศึกษานี้แบ่งออกเป็น ปริมาณคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll content) (Figure 5) ประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงของ

คลอโรฟิลล์ (Performance Index) (Figure 6) และพื้นที่ผิวใบจำเพาะ (Specific Leaf Area) (Figure 7) โดยปริมาณคลอโรฟิลล์มีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อความเข้มแสงเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้อง Dias *et al.* (2007) ที่ศึกษาใบพืชในวงศ์มะม่วง (*Anacardiaceae*) (*Lithraea molleoides* (Vell.)) พบว่าใบในที่ร่มมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าใบในที่แจ้งอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับแสงเมื่อต้องอยู่ในสภาพที่มีความเข้มแสงจำกัด (สาพิศ, 2545) การศึกษานี้พบว่า ตะเคียนทองมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุด รองลงมาคือสัก และพะยูนตามลำดับ (Figure 5) โดยกล้าไม้ตะเคียนทองที่ได้รับแสงเต็มที่จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลับไม่พบความแตกต่างนี้ในกล้าพะยูนและสัก

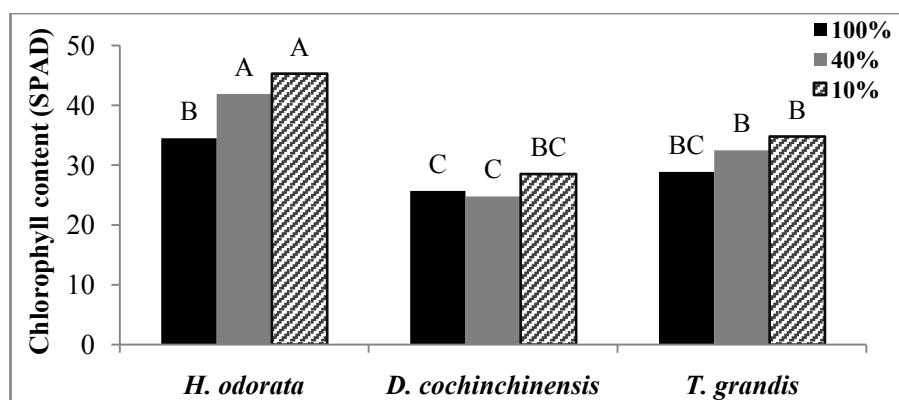


Figure 5 Chlorophyll content (SPAD unit) of *H. odorata*, *D. cochinchinensis* and *T. grandis* seedlings under different light intensities (100, 40 and 10 %).

Remark: The letters above the bars showed significant different at $P \leq 0.05$

ค่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นค่าที่บอกถึงประสิทธิภาพของการถ่ายทอดอิเล็กตรอนภายในใบที่จะเกิดกระบวนการปฏิกิริยาการใช้แสง (light reaction) สามารถวัดได้เป็นค่าดัชนีการทำงานของคลอโรฟิลล์ (Performance Index) ค่าที่มาก หมายถึงประสิทธิภาพการทำงานของคลอโรฟิลล์ที่ดักจับแสงเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานในการสร้างอาหารมีสูงตามไปด้วย ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าสัสมิมีประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ พะยูงและตะเคียนทอง ตามลำดับ (Figure 6) โดยความเข้มแสงที่สูงหรือต่ำไป (ร้อยละ 100 และ 10) จะลดประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงในสัสมิและตะเคียนทอง แต่ความเข้มแสงสูงกลับส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงในพะยูง แม้ว่าในทางสถิติแล้วค่าที่ได้จะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญก็ตาม

จากค่าปริมาณคลอโรฟิลล์และประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงที่มีความสัมพันธ์กับการเติบโตของกล้าไม้ จากผลของการเติบโตจะเห็นได้ว่า พะยูงมีการเติบโตที่ดีที่สุดในสภาพความเข้มแสงร้อยละ 100 อีกทั้งยังมีปริมาณใบสัมพัทธ์สูงส่งผลให้การเติบโตดี

ตามไปด้วย แม้ปริมาณคลอโรฟิลล์และประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงจะอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนในตะเคียนทองแม้มีปริมาณสัดส่วนคลอโรฟิลล์สูงที่สุด แต่มีประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงน้อยที่สุด ประกอบกับปริมาณใบสัมพัทธ์ที่มีค่าน้อย จึงทำให้การเติบโตมีค่าน้อยกว่าชนิดอื่นๆ ส่วนสัสมิมีปริมาณคลอโรฟิลล์ปานกลางแต่มีประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด เมื่อพิจารณาปริมาณใบสัมพัทธ์มีระดับปานกลางจึงส่งผลให้การเติบโตอยู่ระดับปานกลาง อย่างไรก็ตามปริมาณคลอโรฟิลล์และประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงนั้นเป็นเพียงกระบวนการในส่วนของการปฏิกิริยาการใช้แสง (Light reaction) ซึ่งไม่รวมถึงกระบวนการตรึงคาร์บอน (Calvin cycle) ที่เกี่ยวข้องกับการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ที่เข้าไปทางปากใบเพื่อสังเคราะห์เป็นน้ำตาล (ลิลลี่ และคณะ, 2552) โดยในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ทำการวัดในส่วนการตรึงคาร์บอน จึงควรมีการศึกษาต่อไปในอนาคตเพื่อตรวจวัดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงให้ครบวงจร และสามารถนำมาทำนายการเติบโตของกล้าไม้ได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น

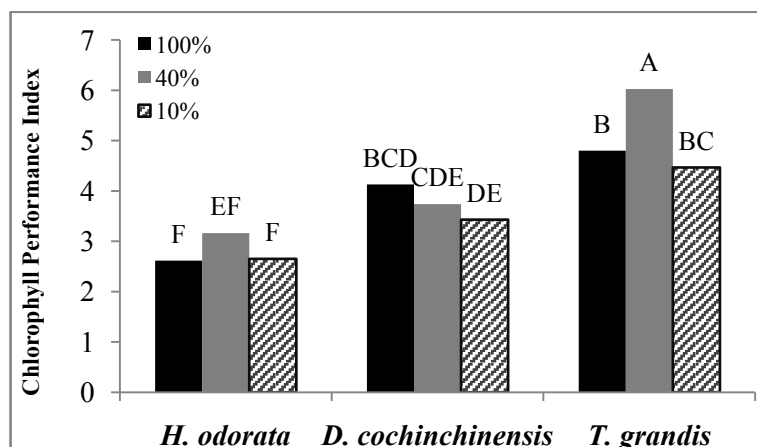


Figure 6 Chlorophyll performance index of *H.odorata*, *D. cochinchinensis* and *T. grandis* seedlings under different lightintensities (100, 40 and10 %).

Remark: The letters above the bars showed significant different at $P \leq 0.05$

ค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะ (Specific Leaf Area) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ โดยทั่วไปชนิดพันธุ์ที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม มีแนวโน้มที่พื้นที่ผิวใบจำเพาะมีค่าสูงกว่าในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่ากล้าไม้ตะเคียนทองมีค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะใกล้เคียงกันในแต่ละความเข้มแสง แต่พบว่าค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะมีค่าสูงขึ้นเมื่อความเข้มแสงลดลงในกล้าไม้พะยูงและสักอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งถือเป็นการปรับตัวของใบให้สามารถเพิ่มพื้นที่ในการรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้สูงสุดเพื่อเพิ่ม

ประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงเมื่ออยู่ในสภาพแสงต่ำ สอดคล้องกับการศึกษาของ Perrin and Mitchell (2013) ที่ศึกษาผลของสภาพร่มเงาต่อการเติบโต มวลชีวภาพ และลักษณะสัณฐานวิทยาใน European yew (*Taxus baccata* L.) ซึ่งค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มแสงลดลงเช่นเดียวกัน บางชนิดพันธุ์ที่เติบโตในสภาพร่มเงาสูง จะมีค่าพื้นที่ผิวใบจำเพาะสูง คือ ค่าความหนาแน่นใบน้อย เช่น *Aristotelia chilensis*, *Embothrium coccineum* (Lusk, 2002)

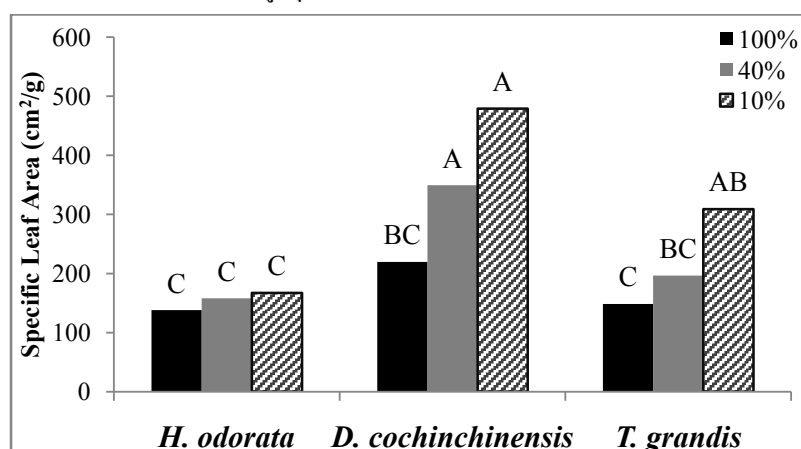


Figure 7 Specific leaf area (SLA:cm²/g) of *H.odorata*, *D. cochinchinensis* and *T. grandis* seedlings under different lightintensities (100, 40 and 10 %).

Remark: The letters above the bars showed significant different at $P \leq 0.05$.

สรุป

กล้าไม้ทั้ง 3 ชนิดเติบโตได้ดีที่สุดในความเข้มแสงร้อยละ 100 คือ ได้รับแสงเต็มที่และสักเดิบโตได้ดีที่สุดในความเข้มแสงสูงสุดและร้อยละ 40 คือ ได้รับแสงปานกลางโดยกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิดมีการปรับตัวของปริมาณและประสิทธิภาพของคลอโรฟิลล์และพื้นที่ผิวใบจำเพาะต่อความเข้มแสงในแต่ละระดับที่แตกต่างกัน โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น ซึ่งประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงของคลอโรฟิลล์จะน้อยที่สุดเมื่ออยู่ในความเข้มแสงต่ำ (ร้อยละ 10) ส่วนพื้นที่ผิวใบจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มแสงลดลง ซึ่งเป็นการปรับตัวเพื่อให้มีประสิทธิภาพในสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยการปรับตัวทางด้านลักษณะทางสรีรวิทยาเหล่านี้จึงทำให้กล้าไม้ป่าทั้ง 3 ชนิดมีการเติบโตที่ดีแตกต่างกันในแต่ละระดับความเข้มแสง จากการศึกษาชี้แนะได้ว่า หากพื้นที่ที่มีแสงเต็มที่ เช่น พื้นที่เสื่อมโทรม หรือพื้นที่สวนป่าเปิดโล่งสามารถใช้กล้าไม้ทั้ง 3 ชนิดนี้ได้ แต่หากเป็นพื้นที่ที่มีพืชอื่นขึ้นอยู่บ้างแล้ว มีความเข้มแสงปานกลางควรปลูกสักเนื่องจากสามารถเติบโตได้ดีในระดับแสงปานกลางเช่นกัน แต่หากพื้นที่ที่มีแสงที่จำกัดมาก กล้าไม้พะยูงมีความเหมาะสมมากกว่ากล้าไม้ชนิดอื่น เนื่องจากมีการเติบโตที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับตะเคียนทองและสัก

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ลิลลี่ กาวิตะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์ และสุริยา ดันติวิวัฒน์. 2552. **สรีรวิทยาของพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิลาวัณย์ วิเชียรพันธุ์ และวรพรรณ หิมพานต์. 2556. **ปัจจัยต่อการเติบโตของสัก**. องค์ความรู้ไม้สักไทย. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สาพิศ ร้อยอ่ำแพง. 2545. ลักษณะโครงสร้างของเรือนยอดและความผันแปรของคุณสมบัติของใบที่อยู่ในเรือนยอดของลูกผสมตามธรรมชาติของ

กระถิ่นเตาและกระถิ่นณรงค์. น. 174-191.

ใน รายงานนวนววัฒนวิจัยประจำปี พ.ศ. 2545.

ส่วนนวนววัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า.

2553. ตะเคียนทอง. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช. 2556. การ

ศึกษาความหลากหลายและศักยภาพของไม้ต้น ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูจอง-นายอย เพื่อใช้ในงานภูมิทัศน์. กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

Böhnke, M. and H. Bruehlheide. 2013. How do evergreen and deciduous species respond to shade? tolerance and plasticity of subtropical tree and shrub species of South-East China. **Environmental and Experimental Botany** 87: 179-190.

Cornelissen, J.H.C., N. Pérez-Harguindeguy, S. DíazA, E. Garnier, S. Lavorel, H. Poorter, P. Jaureguiberry, M.S. Bret-Harte, W.K. Cornwell, J.M. Craine, D.E. Gurvich, C. Urcelay, E.J. Veneklaas, P.B. Reich, L. Poorter, I.J. Wright, P. Ray, L. Enrico, J.G. Pausas, A.C. de Vos, N. Buchmann, G. Funes, F. Quétier, J.G. Hodgson, K. Thompson, H.D. Morgan, H. terstege, M.G.A. van der HeijdenS, L. SackT, B. BlonderU, P. Poschlod, M.V. Vaieretti, G. Conti, A.C. Staver and S. Aquino. 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany** 61: 186-195.

Dias, J., J.A. Pimenta, M.E. Medri, M.R.T. Boeger and C.T. de Freitas. 2007. Physiological aspects of sun and shade leaves of *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. (Anacardiaceae). **Brazilian**

- Archives of Biology and Technology** 50: 91-99.
- Evans, J.R. and H. Poorter. 2001. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant, Cell and Environment** 24: 755-767.
- Filho, M.B.D. 2000. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachlaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesq. agropec. bras., Brasília** 35 (12): 2335-2341.
- Kenzo, T., R. Yoneda, Y. Matsumoto, M.A. Azani and N.M. Majid. 2008. Leaf photosynthetic and growth response on four tropical tree species to different light conditions in degraded tropical secondary forest, peninsular Malaysia. **Japan Agricultural Research Quarterly** 42 (4): 299-306.
- Lee, D.W., S.F. Oberbauer, P. Johnson, B. Krishnapilay, M. Mansor, H. Mohamad and S.K. Yap. 2000. Effects of irradiance and spectral quality on leaf structure and function in seedlings of two southeast Asian *Hopea* (*Dipterocarpaceae*) species. **American Journal of Botany** 87 (4): 447-455.
- Lusk, C.H. 2002. Leaf area accumulation helps juvenile evergreen trees tolerate shade in a temperate rainforest. **Oecologia Springer-Verlag** 132: 188-196.
- Perrin, P.M. and F.J.G. Mitchell. 2013. Effect of shade on growth, biomass allocation and leaf morphology in European yew (*Taxus baccata* L.). **European Journal of Forest Research** 132: 211-218.
- Phonguodume, C., D.K. Lee, S. Sawathvong, Y.D. Park, W.M. Ho and E.A. Combalicer. 2012. Effects of light intensities on growth performance, biomass allocation and chlorophyll content of five tropical deciduous seedlings in Lao PDR. **Environmental Science and Management** 15: 60-67.
- Pinho, P., K. Jokinen and L. Halonen. 2012. Horticultural lighting – present and future challenges. **Lighting Research and Technology** 44 (4): 427-437.
- Reich, P.B., I.J. Wright, J. Cavender-Bares, J.M. Craine, J. Oleksyn, M. Westoby and M.B. Walters. 2003. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. **Int. J. Plant Sci** 164: 143-164.
-