

การสังเคราะห์แสงและการหายใจของกล้าไม้กระถินเทพา

๑. อิทธิพลของอุณหภูมิและแสง

PHOTOSYNTHESIS AND RESPIRATION OF *ACACIA MANGIUM* WILLD.

1. EFFECT OF TEMPERATURE AND LIGHT

ลดาวัลย์ อธิพันธุ์อำไพ*

Ladawan Atipanumpai

ABSTRACT

Results showed that photosynthesis and respiration increased as temperature and irradiance increased. The optimum temperature and irradiance for net photosynthesis of *A. mangium* were found to be 24 °C and 500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ respectively. Net photosynthesis rate was somehow 3-10 times greater than photorespiration rate.

Gas exchange characteristics of 10-month-old *Acacia mangium* seedlings was studied under laboratory condition. Twenty-four seedlings were randomly sampled from six provenances. Net photosynthesis, dark respiration and CO_2 compensation point were measured by using URAS II. Photorespiration and total photosynthesis rate were thereafter calculated.

Significant negative correlation of net photosynthesis and total dry weight of *A. mangium* seedlings was found. Respiration rate was however showed no significant correlation with total dry weight.

บทคัดย่อ

การศึกษาการแลกเปลี่ยนก๊าซของไม้กระถินเทพา ได้ทำการศึกษากับกล้าไม้กระถินเทพาอายุ ๑๐ เดือน จำนวน ๒๔ ต้น โดยการใช้เครื่องมือ URAS II วัดค่าการสังเคราะห์แสงสุทธิ การหายใจในที่มืด และค่า CO_2 compensation point แล้วคำนวณหาอัตราการหายใจในสภาพที่ได้รับแสง และการสังเคราะห์แสงรวม

ผลการศึกษาพบว่า การสังเคราะห์แสงและการหายใจมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิและความเข้มของแสงมากขึ้น อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดตรวจพบที่อุณหภูมิ ๒๔ °C และเมื่อได้รับปริมาณแสง ๕๐๐ $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ตามลำดับ อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของไม้กระถินเทพามีค่ามากกว่าอัตราการหายใจประมาณ ๓-๑๐ เท่า

อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิแสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางลบกับผลผลิตน้ำหนักแห้งของกล้าไม้ ในขณะที่อัตราการหายใจไม่ปรากฏลักษณะความสัมพันธ์ดังกล่าว

คำนำ

ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับขบวนการในการแลกเปลี่ยนก๊าซ ช่นได้แก่การสังเคราะห์แสงและการหายใจกันมากกับพันธุ์ไม้ในเขตหนาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับไม้ตระกูลสน สำหรับการศึกษากับพันธุ์ไม้ในเขตร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้ไคเรื้อนนั้นยังมีน้อยมาก

ขบวนการทางสรีรวิทยาของพืชนั้นถูกควบคุมโดยปัจจัยต่าง ๆ หลายอย่าง ทั้งที่เกี่ยวข้องกับพืชเอง และสิ่งแวดล้อมที่พืชขึ้นอยู่ ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อขบวนการสรีรวิทยาของพืชมีหลายอย่าง อาทิ แสง อุณหภูมิ ความแตกต่างของความดันไอ ธาตุอาหาร และน้ำ เป็นต้น

แสงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อขบวนการทางสรีรวิทยาของต้นไม้ โดยปกติสภาพสรีรวิทยาของต้นไม้จะแตกต่างกัน ภายใต้ความเข้มแสง และตำแหน่งของใบที่ได้รับแสงที่ต่างกัน Kramer และ Kozłowski (1979) กล่าวว่า โดยปกติใบกว้างจะมีการสังเคราะห์แสงสูงสุด ที่ระดับความเข้มของ

แสงต่ำกว่าไม้ตระกูลสน

อุณหภูมิเป็นปัจจัยแวดล้อมอีกปัจจัยหนึ่ง ที่มีผลทั้งโดยตรง และโดยอ้อม ต่อขบวนการทางสรีรวิทยาของต้นไม้ และได้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง แต่จะมีระดับอุณหภูมิหนึ่งที่เหมาะสมที่สุด สำหรับสรีรวิทยาของพันธุ์ไม้ นั้น ๆ แต่ละชนิด อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์แสงของพันธุ์ไม้ในเขตร้อน จะสูงกว่าของพันธุ์ไม้ในเขตหนาว

วัตถุประสงค์ของการศึกษากครั้งนี้ เพื่อศึกษาถึงการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้กระถินเทพา ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ไคเรื้อนทนการประสงคที่มีการปลูกกันมากในประเทศไทย ภายใต้สภาพแสงและอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ตลอดจนศึกษาถึงความสัมพันธ์ของลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าว กับผลผลิตน้ำหนักแห้งของกล้าไม้ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยา และการคัดเลือกพันธุ์ไม้กระถินเทพาคต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ

การศึกษากครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาที่สถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์ Hyvömlä ประเทศฟินแลนด์ ทำการวัดการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย Infrared Gas

Analyzer (Hartmann-Braun URAS II) ที่ติดกับ data-logger ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม และบันทึกข้อมูลที่ได้รับ ในการวัดแต่ละครั้ง กล้าไม้จะถูกนำเข้าไปในห้องทดลอง ทำการสุ่มตัวอย่างใบที่เจริญเติบโต

เดิมที และสมบูรณ์ ๑ ใบ โดยไม่ต้องเด็ดออกจากต้น หาพื้นที่ผิวใบ นำใบไม้ชิ้นใส่เข้าไปใน chamber ที่มีปริมาตร ๒.๓๑๒ คิว.ซม. และสามารถปรับอุณหภูมิได้ ใบไม้จะได้รับแสงในแนวตั้งฉากจากดวงไฟ HQI 400 W ซึ่งสามารถปรับระดับความเข้มของแสงได้ตามที่ต้องการ ความเข้มของแสงใน chamber วัดด้วย Li-1858/190SB ส่วนอุณหภูมิวัดด้วย copper-constantan thermocouple

วิธีการศึกษา

สุ่มตัวอย่างกล้าไม้กระดินเทพาที่สมบูรณ์ อายุ ๑๐ เดือน จำนวน ๒๔ ต้น จาก ๖ ดินกำเนิด ทำการวัดการแลกเปลี่ยนก๊าซกับกล้าไม้ทุกต้น ต้นละ ๑ ใบ โดยทำตามลำดับดังนี้

ที่ระดับความเข้มแสงคงที่ (1,000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ วัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซที่อุณหภูมิ ๑๘, ๒๔, ๓๐ และ ๓๖°C โดยในแต่ละระดับอุณหภูมิ จะปล่อยให้ใบไม้ปรับตัวอยู่นาน ๓๐ นาที ค่าที่วัดได้เป็นอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบไม้ นั้น ๆ ปรับเครื่องเป็นแบบระบบปิดเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในระบบจนถึงระดับ ๘๐๐ ppm วัดอัตราการสังเคราะห์

แสงสุทธิ เมื่อระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงจนถึงระดับ CO_2 compensation point ในแต่ละระดับอุณหภูมิ ด้วยวิธีการเดียวกันกับวิธีการข้างต้น

เมื่อวัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซในทุกระดับอุณหภูมิแล้ว ปรับเครื่องเป็นแบบระบบเปิดอีกครั้ง ตั้งไฟและปล่อยให้กล้าไม้อยู่ในความมืดสนิท วัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ เช่นเดียวกับครั้งแรก ค่าที่วัดได้เป็นอัตราการหายใจในที่มืดของใบนั้น

ที่ระดับอุณหภูมิคงที่ (๒๔°C) วัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ ที่ระดับความเข้มแสง ๓๐๐, ๖๐๐ และ ๑,๐๐๐ $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ โดยในแต่ละระดับแสง จะปล่อยให้ใบไม้ปรับตัวอยู่นาน ๓๐ นาที

เมื่อเสร็จสิ้นการวัดการแลกเปลี่ยนก๊าซกับกล้าไม้ทุก ๆ ต้นแล้ว ทำการวัดหาพื้นที่ผิวใบของกล้าไม้แต่ละต้น และหาน้ำหนักแห้งของกล้าไม้โดยการอบที่อุณหภูมิ ๗๐°C เป็นเวลา ๔๘ ชั่วโมง คำนวณหาค่าการหายใจในสภาพที่ได้รับแสง โดยวิธีการของ Forrester และคณะ (๑๙๖๖) และอัตราการสังเคราะห์แสงรวม ซึ่งได้จากผลบวกของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ กับค่าการหายใจในสภาพที่ได้รับแสง

ผลและวิจารณ์

อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซ
การสังเคราะห์แสง การสังเคราะห์แสง

สุทธิของไม้กระดินเทพามีอัตราเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จนถึงที่ระดับอุณหภูมิ

ประมาณ 25°C (ตารางที่ ๑) อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิจะเริ่มลดลง ในขณะที่อัตราการสังเคราะห์แสงรวมยังคงเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระดับอุณหภูมิประมาณ 30°C และเริ่มอยู่ในระดับที่คงที่แม้ว่าอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของการสังเคราะห์แสงรวม

เมื่อเทียบกับการสังเคราะห์แสงสุทธินั้น เป็นผลเนื่องมาจากการหายใจ (photorespiration) อุณหภูมิที่สูงมากเกินไปจะไปยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์หลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง

Table 1. Summary data on gas exchange characteristics at saturation light intensity of *A. mangium* seedlings maintained at four different temperatures. Standard deviations are indicated in parenthesis

Parameter	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)			
	18	24	30	36
Gross photosynthesis, $\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{h}$	8.47 (1.03)	9.14 (1.02)	9.02 (1.07)	8.25 (1.34)
Net photosynthesis, $\text{mgCO}_2/\text{g}/\text{h}$	12.69 (2.89)	13.71 (3.26)	13.53 (3.30)	12.38 (3.35)
Total photosynthesis, $\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{h}$	9.49 (1.14)	10.68 (1.24)	11.05 (1.31)	10.95 (1.56)
Total photosynthesis, $\text{mgCO}_2/\text{g}/\text{h}$	14.30 (3.87)	16.14 (4.76)	16.68 (4.78)	16.49 (4.64)
Dark respiration, $\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{h}$	0.48 (0.30)	0.86 (0.32)	1.21 (0.42)	1.76 (0.56)
Dark respiration, $\text{mgCO}_2/\text{g}/\text{h}$	0.73 (0.31)	1.28 (0.38)	1.81 (0.50)	2.64 (0.74)
Photorespiration, $\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{h}$	1.02 (0.94)	1.55 (1.25)	2.04 (1.28)	2.70 (1.25)
Photorespiration, $\text{mgCO}_2/\text{g}/\text{h}$	1.61 (1.18)	2.43 (1.70)	3.15 (1.70)	4.11 (1.59)
CO_2 compensation point, ppm	48.99 (18.80)	57.94 (18.20)	69.56 (18.20)	89.09 (17.80)

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์แสงกับอุณหภูมิของไม้กระดิ่งเทศมีรูปร่างโค้งเป็นแบบรูปไข่ (parabolic) ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับที่ได้มีผู้รายงานกับไม้ในเขตหนาวหลายชนิด เช่น ไม้ป็อปลาร์ (Luukkanen และ Kozlowski, 1972)

และ Sitka spruce (Neilson และคณะ, 1972) จากการประมาณค่าความสัมพันธ์ดังกล่าว พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์แสงของไม้กระดิ่งเทศอยู่ที่ประมาณ 25°C

อัตราการสังเคราะห์แสงของไม้กระถินเทศา เมื่อคำนวณต่อน้ำหนักแห้งของใบ จะมีค่าสูงกว่าเมื่อคำนวณต่อพื้นที่ผิวใบ (ด้านเดียว) ซึ่ง Zelawski และ Walker (1976) กล่าวว่า ลักษณะดังกล่าวเป็นคุณลักษณะทั่วไปของไม้ใบกว้าง อัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุดที่วัดได้ในไม้กระถินเทศา นี้ ไม่ได้นี้อีกสูงนัก เมื่อเทียบกับอัตราการสังเคราะห์แสงของพันธุ์ไม้ในเขตอบอุ่น เช่น Luukkanen และ Kozłowski (1972) รายงานอัตราเฉลี่ยของการสังเคราะห์แสงของไม้ปอปล้ำ มีค่าเท่ากับ $๑๘.๖ \text{ mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{h}$ อย่างไรก็ตาม Ladipo และคณะ (๑๙๘๔) เชื่อว่า การเจริญเติบโตที่รวดเร็วของพันธุ์ไม้โตเร็วในเขตร้อน แม้ว่าจะมีอัตราการสังเคราะห์แสงที่ต่ำกว่าพันธุ์ไม้โตช้าในเขตอบอุ่นนั้น เป็นเรื่องปกติ เนื่องจากในเขตร้อนมีเหตุการณ์เจริญเติบโตที่ยาวนานกว่าในเขตอบอุ่น

การหายใจ การหายใจของไม้กระถินเทศาทั้งในสภาพที่ได้รับแสง (photo-respiration) และในที่มืด (dark respiration) เพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (ตารางที่ ๑) อัตราการหายใจในสภาพที่ได้รับแสง มีค่าสูงกว่าอัตราการหายใจในที่มืด ประมาณ ๑.๖-๒.๒ เท่า โดยที่ความแตกต่างจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิมีค่ามากกว่าอัตราการหายใจประมาณ ๓-๑๐ เท่า โดยจะมีค่าน้อยลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อัตราการหายใจที่วัด

ได้ในไม้กระถินเทศามีค่าใกล้เคียงกับอัตราการหายใจของไม้ในป่าดิบเขตร้อน ซึ่งรวบรวมโดย Larcher (1969)

CO₂ compensation point ค่า CO₂ compensation point เป็นค่าที่นิยมใช้แสดงถึงประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของต้นไม้ (Luukkanen, 1976) เนื่องจากค่าดังกล่าวแสดงถึงความสมดุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกตรึงเข้าไปโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง และที่ถูกปล่อยออกมาเนื่องจากกระบวนการหายใจของพืช ค่า CO₂ compensation point ที่วัดได้จากการศึกษากลับนี้มีค่าค่อนข้างสูง (๔๕-๘๕ ppm) โดยมีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น อันเป็นลักษณะทั่วไปของพันธุ์ไม้ในกลุ่ม C₃ (Bykov และคณะ ๑๙๘๑) แต่ค่า CO₂ compensation point ของไม้กระถินเทศาที่วัดได้จากการศึกษากลับนี้มีความผันแปรระหว่างต้นมาก ซึ่งแตกต่างจากที่เคยพบกับพันธุ์ไม้ในเขตอบอุ่น (Luukkanen และ Kozłowski, 1972)

การแลกเปลี่ยนก๊าซต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของแสง

ที่อุณหภูมิคงที่ (๒๔° C) อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของไม้กระถินเทศามีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความเข้มของแสงเพิ่มขึ้น โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นที่รวดเร็วมากที่ระดับความเข้มของแสงต่ำกว่า ๖๐๐ $\mu\text{mol}/$

m^2/s (PAR) หลังจากนั้น อัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย หรือค่อนข้าง

จะคงที่ แม้ว่าความเข้มของแสงจะเพิ่มขึ้น (ตารางที่ ๒)

Table 2. Net photosynthetic rate in *A. mangium* seedlings at different light intensities. Standard deviations are indicated in parenthesis.

Parameter	Light intensity ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}/\text{PAR}$)			
	0	300	600	1000
Net photosynthesis, $\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{h}$	0.86 (0.32)	7.56 (1.28)	9.17 (1.29)	9.14 (1.03)
Net photosynthesis, $\text{mgCO}_2/\text{g}/\text{h}$	1.28 (0.38)	11.36 (2.17)	13.78 (3.70)	13.71 (3.33)

ไม้กระถินเทพา มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุดที่ระดับความเข้มของแสงประมาณ $500 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ซึ่งเรียกว่าจุดอิ่มตัวของแสง (light saturation) ซึ่งจุดนี้โดยทั่วไปมีค่าต่ำกว่าระดับความเข้มของแสงเต็มที่ (full sunlight) ในสภาพธรรมชาติมาก Larcher (1983) กล่าวว่า โดยปกติไม้ยืนต้นจะมีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากแสงแดดได้เต็มที่ เพียง ๑ ใน ๓ ของความเข้มของแสงเต็มที่เท่านั้น จุดอิ่มตัวของแสงที่วัดได้ในไม้กระถินยักษ์ โดย Naturahan และคณะ (๑๙๘๓) เท่ากับ $565 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับไม้กระถินเทพาในการศึกษาค้างนี้

การสังเคราะห์แสงที่ระดับต่างความเข้มของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จากการศึกษาพบว่า อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของไม้กระถินเทพาเพิ่มขึ้น เมื่อ

ระดับความเข้มของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ในทุกระดับอุณหภูมิ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของการเพิ่มขึ้นเป็นแบบเส้นตรง (รูปที่ ๑) ลักษณะดังกล่าวได้มีผู้ศึกษาและบันทึกไว้แล้วมากมายกับพันธุ์ไม้ชนิดต่าง ๆ (Beadle และคณะ, 1981, Teskey และ Stresttha, 1985)

อัตราการสังเคราะห์แสงของพืชโดยทั่วไปจะยังคงเพิ่มขึ้น แม้ว่าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มมากขึ้นเกินกว่าปริมาณที่ตรวจวัดได้ในสภาพธรรมชาติ (๓๓๐ ppm) แต่จะเริ่มคงที่ที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระดับหนึ่ง สำหรับไม้กระถินเทพานั้น อัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงที่ระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 500 ppm อัตราการเพิ่มขึ้นนี้จะลดลง ผลการศึกษา

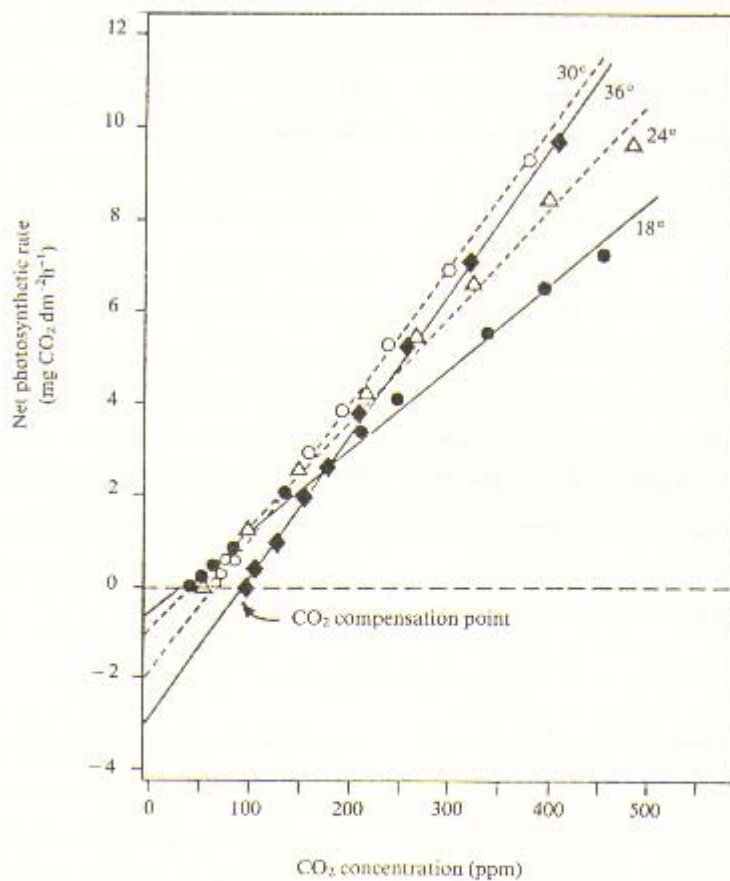


Figure 1. Response of net photosynthesis to the external CO₂ concentration at four different temperatures.

ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ระบบสรีรวิทยาของพันธุ์ที่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป

ค่าความลาดชัน (slope) ของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ กับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้น แสดงถึงประสิทธิภาพของขบวนการ carboxylation ตามค่าจำกัดความของ Tregunna และคณะ (๑๙๖๖) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ประสิทธิภาพของ carboxylation ของไม้กระถินเทพาไม่มากนักที่สุดที่อุณหภูมิประมาณ ๓๐° C แล้วจะเริ่มลดลง ซึ่งลักษณะดังกล่าวอาจเกิดจากการปรับตัวทางสรีรวิทยาของไม้กระถินเทพา เพื่อช่วยให้สามารถอยู่รอดได้ในสภาพธรรมชาติที่มีอุณหภูมิสูงตลอดเวลา

ความสัมพันธ์ของค่าต่าง ๆ ในขบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซ

ตารางที่ ๓ แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของขบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนก๊าซในไม้กระถินเทพา จากการศึกษาพบว่า อัตราการสังเคราะห์แสงรวมมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกับอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ การหายใจทั้งในที่มืด และในที่มืด และค่า CO_2 compensation point อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ในขณะที่อัตราการสังเคราะห์

แสงสุทธิไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะอื่น ๆ นอกจากอัตราการสังเคราะห์แสงรวม

ค่า CO_2 compensation point เป็นอีกค่าหนึ่งที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะอื่น ๆ โดยมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกับอัตราการสังเคราะห์แสงรวม และอัตราการหายใจทั้งในสภาพที่มีแสง และในที่มืด และมีความสัมพันธ์ในทางกลับกันกับอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Luukkanen และ Kozłowski (1972) และ Okafo และ Hanover (1978) อาจกล่าวได้ว่า ค่า CO_2 compensation point สามารถใช้เป็นลักษณะที่ดีในการประเมินประสิทธิภาพของขบวนการสังเคราะห์แสง และอาจจะใช้เป็นลักษณะหนึ่งในการคัดเลือกพันธุ์ไม้ที่มีการเจริญเติบโตได้ดีด้วย

ความสัมพันธ์ของการแลกเปลี่ยนก๊าซและผลผลิตของกล้าไม้

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการแลกเปลี่ยนก๊าซ และผลผลิตในรูปน้ำหนักแห้งของกล้าไม้กระถินเทพาเมื่ออายุประมาณ ๑๐ เดือน ได้แสดงไว้ในตารางที่ ๔ อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิต่อหน่วยพื้นที่ใบมีความสัมพันธ์ในทางกลับกันกับน้ำหนักแห้งของกล้าไม้กระถินเทพา ($p < 0.01$) ซึ่งเป็นผลให้ความสัมพันธ์ของอัตราการสังเคราะห์แสงรวมมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 3. Matrix correlation between CO₂ exchange parameters of *A. mangium* seedlings. Symbols represent net photosynthesis (P_n), total photosynthesis (P_s), photorespiration (R_i), dark respiration (R_d), and CO₂ compensation point (Γ).

	P _n	P _s	R _i	R _d	Γ
P _n	1.000	0.810**	0.000	-0.109	-0.247*
P _s		1.000	0.590**	0.280**	0.333**
R _i			1.000	-0.109	0.904**
R _d				1.000	0.595**
Γ					1.000

Significance levels of correlation : * p < 0.05

** p < 0.01

Table 4. Correlation coefficients for the relationship between CO₂ exchange parameter and total seedling dry weight or phyllode dry weight in 10-month-old *A. mangium* seedlings (rates measured at 18 °C temperature and 1,000 μmol/m²/s irradiance only)

CO ₂ exchange parameter	Total dry weight	Phyllode dry wt.
Net photosynthesis (area basis)	-0.81**	-0.76**
Net photosynthesis (dry wt. basis)	-0.37	-0.43*
Total photosynthesis (area basis)	-0.74**	-0.71**
Total photosynthesis (dry wt. basis)	-0.27	-0.34
Photorespiration (area basis)	-0.01	-0.06
Photorespiration (dry wt. basis)	0.03	-0.06
Dark respiration (area basis)	-0.01	-0.04
Dark respiration (dry wt. basis)	-0.09	-0.08

Significance levels of correlation : * p < 0.05

** p < 0.01

ด้วย ($p < 0.01$) ส่วนอัตราการหายใจนั้น ไม่แสดงนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตน้ำหนักแห้งของกล้าไม้กระถินเทพา ($p > 0.05$) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า กระถินเทพา ที่มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิมาก ไม่จำเป็นต้องมีการเจริญเติบโตเร็ว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มาเกี่ยวข้องด้วย เช่น พื้นที่ปากใบ หรือ พื้นที่ผิวใบทั้งหมด ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป

เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าอัตราการสังเคราะห์แสงต่อหน่วยน้ำหนักแห้งของใบไม้กระถินเทพา

ไม่แสดงนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตน้ำหนักแห้งของไม้กระถินเทพา ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่า ใบไม้ของกระถินเทพา ประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่ไม่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงในปริมาณมาก ดังนั้นในการศึกษาการแลกเปลี่ยนก๊าซของไม้กระถินเทพา การวัดอัตราต่อหน่วยพื้นที่ใบจะดีกว่าการวัดอัตราต่อหน่วยน้ำหนักแห้งของใบ หากได้มีการศึกษาหาปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบไม้กระถินเทพาด้วยแล้ว จะทำให้เข้าใจถึงระบบสรีรวิทยาของไม้กระถินเทพาได้ดีขึ้น

สรุปผล

จากการศึกษาพบว่า ไม้กระถินเทพา จะมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดที่อุณหภูมิ ประมาณ 24°C และความเข้มข้นของแสงประมาณ $500 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ เท่ากับ $8.1 \text{ mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{h}$ ซึ่งเป็นอัตราที่ไม่ค่อยสูงนัก อัตราการหายใจของไม้กระถินเทพา จะเพิ่มมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น โดยที่อัตราการหายใจในสภาพที่ได้รับแสงสูงกว่าอัตราการหายใจในที่มืด และอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิมากกว่าอัตราการหายใจประมาณ ๓-๑๐ เท่า

ค่า CO_2 compensation point มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกับทุก ๆ ลักษณะทั้งอัตราการสังเคราะห์แสง และอัตราการหายใจ จึงอาจจะใช้เป็นลักษณะหนึ่งในการคัดเลือกพันธุ์ได้

อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิแสดงความสัมพันธ์ในทางกลับกับผลผลิตน้ำหนักแห้งของกล้าไม้กระถินเทพา ซึ่งแสดงว่า ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของไม้กระถินเทพา นอกเหนือจากการสังเคราะห์แสง

เอกสารอ้างอิง

- Beadle, C.L., Neilson, R.E., Jarvis, P.G. & Talbot, H. 1981. Photosynthesis as related to xylem water potential and carbondioxide concentration in Sitka spruce. *Physiol. Plant.* 52 : 391-400.
- Bykov, O.D., Koshkin, V.A. & Catsky. 1981. Carbondioxide compensation concentration of C_3 and C_4 plants : Dependence on temperature. *Photosynthetica* 15 : 114-121.
- Forrester, M.L., Krotkov, G. & Nelson, C.D. 1966. Effect of oxygen on photosynthesis, photorespiration and respiration in detached leaves. I. Soybean. *Plant. Physiol.* 42 : 422-427.
- Kramer, P.J. & Kozlowski, T.T. 1979. *Physiology of Woody Plants*. Academic Press, New York. 811 p.
- Ladipo, D.O., Grace, J. & Sanford, A.P. 1984. Clonal variation in photosynthetic and respiration rates and diffusion resistances in the tropical hardwood *Triplochiton sclerosylon* K. Schum. *Photosynthetica* 18 : 20-27.
- Larcher, W. 1969. The effect of environmental and physiological variables on the carbondioxide gas exchange of trees. *Photosynthetica* 3 : 167-198.
1983. *Physiological Plant Ecology*. Springer-Verlag, Berlin. 303 p.
- Luukkanen, O. 1976. Carbon fixation efficiency. In : Cannell, M.G.R. & Last, F.T. *Tree Physiology and Yield Improvement*, pp. 111-118. Academic Press, London.
- & Kozlowski, T.T. 1972. Gas exchange in six *Populus* clones. *Silvae Genet.* 21 : 220-229.
- Natarahan, K., Kailash, P. & Gnanam, A. 1985. Diurnal course of CO_2 exchange in *Leucaena leucocephala* var. K8 in the semi-arid climate of Maduri, Tamil Nadu, India. *Leucaena Research Reports* 6 : 42-45.
- Neilson, R.E. & Ludlow, M.M. & Jarvis, P.G. 1972. Photosynthesis in Sitka spruce (*Picea sitchensis*) (Bong.) Carr. II. Response to temperature. *J. Appl. Ecol.* 9 : 721-745.
- Okafu, O.A. & Hanover, J.W. 1978. Comparative photosynthesis and respiration of Trembling and Bigtooth Aspens in relation to growth and development. *Forest Sci.* 24 : 103-109.
- Teskey, R.O. & Shrestha, R.B. 1985. A relationship between carbon-dioxide, photosynthetic efficiency and shade tolerance. *Physiol. Plant.* 63 : 126-132.
- Tregunna, E.B., Krotkov, G. & Nelson, C.D. 1966. Effect of oxygen on the rate of photorespiration in detached tobacco leaves. *Physiol. Plant.* 19 : 723-733.
- Zelawski, W. & Walker, R.B. 1976. Photosynthesis, respiration and dry matter production. In : Miksche, J.P. (ed.), *Modern Methods in Forest Genetics*, pp. 89-119. Springer-Verlag, Berlin.