สมรรถนะการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของผนังไม้เลื้อย
CO_2 Uptake Performance of Climbing Plant Wall

พาสินี สุนากร[1] และพูนพิภพ เกษมทรัพย์[2]

Pasinee Sunakorn[1] and Poonpipope Kasemsap[2]

[1] คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Architecture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

E-mail: arcpns@ku.ac.th

[2] คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

E-mail: ku.oip@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสาเหตุหลักของภาวะโลกร้อนซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในสองศตวรรษที่ผ่านมา การปลูกต้นไม้เพื่อดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นวิธีแก้ปัญหาพื้นฐานวิธีหนึ่ง แต่อาจเกิดข้อจำกัดสำหรับพื้นที่ในเมืองหนาแน่น การปลูกพืชปกคลุมผนังในแนวตั้งเป็นแนวทางที่สามารถเพิ่มพื้นที่สีเขียวได้และสามารถดูดซับคาร์บอน-ไดออกไซด์ได้ดีเช่นเดียวกับการปลูกบนระนาบพื้นดิน หากได้รับแสงแดดเพียงพอ โดยใช้พื้นที่ในแนวนอนน้อยกว่ามาก งานวิจัยนี้ มุ่งเน้นการศึกษาความสามารถในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของผนังไม้เลื้อย โดยคัดเลือกพันธุ์ไม้ท้องถิ่นที่เหมาะสมกับภูมิอากาศของประเทศไทย ดูแลรักษาง่าย มีใบปกคลุมดีและเติบโตเร็ว ทำการทดสอบคุณสมบัติในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ 2 ครั้ง ในครั้งแรกเป็นการทดสอบหาค่าการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากอัตราการสังเคราะห์แสงของใบ 1 ใบ เปรียบเทียบกันจากพืช 3 ชนิดที่คัดเลือกไว้ ในขั้นที่สองทำการทดสอบจากผนังไม้เลื้อยจริงขนาด 1x1 เมตร เพื่อหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับจริงจากบรรยากาศ ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด มีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกัน ทั้งในระดับใบและระดับต้น โดยพบว่า สร้อยอินทนิลเป็นต้นไม้ที่มีสมรรถนะในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีที่สุดเป็นอันดับแรก พวงชมพูเป็นอันดับที่ 2 และตำลึงเป็นอันดับสุดท้าย ในการทดลองทั้งสองครั้ง และสามารถบอกปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรได้ดังนี้ สร้อยอินทนิลดูดซับคาร์-บอนไดออกไซด์ได้สูงสุด 20 ppm พวงชมพู 15 ppm ตำลึง 5 ppm จากอากาศปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร ในเวลา 10 วินาที

Abstract

Carbon dioxide is the major greenhouse gas that increase rapidly during th past two centuries. Growing trees to absorb Carbon dioxide is a fundamental effort to mitigate global warming, but was always limited in high density city. Climbing plants on wall can also be a solution to increase green area and absorb Carbon dioxide as much as growing trees or shrubs on ground, if receive enough sunlight, by occupying much less ground area. This research aims to study CO_2 uptake performance of different climbing plants which are local for Thailand, low maintenance, good leaf coverage and fast growing. Two experiments were carried out. The first one is to find CO_2 uptake from Photosynthesis rate measured on leaves with different ages, comparing

three climbing plants. The second experiment was carried out on 1x1 m panel covered with climbing plants on both side, to find real amount of CO_2 uptake from air chamber. It was founded that three selected climbing plants perform differently. *Thunbergia grandiflora* has the highest rate of CO_2 uptake, while *Antigonon leptopus* and *Coccinia grandis* rank in second and third in both experiments. The maximum amount of CO_2 uptake of 1x1 m *Thunbergia grandiflora* wall is 20 ppm, *Antigonon leptopus* 15 ppm, *Coccinia grandis* 5 ppm from 1 M^3 air per 10 seconds.

Keywords

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas)
การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide Uptake)
ผนังไม้เลื้อย (Climbing Plants Wall)
โลกร้อน (Global Warming)

1. บทนำ

วิกฤตสภาพแวดล้อมเป็นปัญหาที่ทั่วโลกต้องร่วมมือกันแก้ไข ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่การปฏิวัติอุตสาหกรรม ในช่วงปี ค.ศ. 1800-2000 จาก 280 ppm ในบรรยากาศ ปี ค.ศ. 1850 เป็น 386.80 ppm ในปัจจุบัน (Keeling, 2010) คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเกิดจากการเผาผลาญเชื้อเพลิงเป็นสาเหตุหลัก เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีปริมาณมากและสร้างผลกระทบมากที่สุดในการสร้างปัญหาโลกร้อน (global warming) อันส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ และทำให้เกิดปรากฏการณ์และการเปลี่ยนแปลงต่อโลกที่เราอาจคาดไม่ถึง กรุงเทพมหานครมีค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศวัดได้สูงถึง 507-882 ppm บริเวณสี่แยกไฟแดงกลางเมือง ในขณะที่บริเวณสวนสาธารณะวัดได้ที่ 358-473 ppm (Kasemsap, 1999)

การเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารเป็นแนวทางแก้ปัญหาโลกร้อนที่เป็นข้อแนะนำของเมืองใหญ่ทุกเมือง เนื่องจากพืชสร้างอาหารเพื่อการเจริญเติบโตด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแสง กระบวนการนี้จึงมีส่วนในการช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเพิ่มก๊าซออกซิเจนในอากาศ นอกจากนั้น พืชพรรณยังช่วยลดภาวะเกาะความร้อนอันเนื่องจากความหนาแน่นของอาคารในเมืองได้อีกด้วย (Brown and Gillespie, 1995) หากแต่ความหนาแน่นของเมืองไม่อนุญาตให้มีพื้นที่สีเขียวในปริมาณมากเท่าที่ต้องการ การทำสวนหลังคาหรือหลังคาเขียว (green roof) ทดแทนพื้นที่ดินที่สูญเสียไปจากการสร้างอาคารสามารถเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับเมืองได้โดยไม่ต้องแสวงหาพื้นที่โล่งเพิ่มเติม ทั้งยังสามารถปรับปรุงคุณภาพอากาศและลดการถ่ายเทความร้อนได้ด้วย ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ ของการทำสวนหลังคาโดยลดความหนาของดิน มีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมเพื่อให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ปัจจุบันหลังคาเขียวเป็นเกณฑ์ข้อหนึ่งในการประเมินอาคารเขียวสำหรับแบบประเมินของทุกประเทศทั่วโลก

ผนังเขียว (green wall) เป็นข้อแนะนำในการเพิ่มพื้นที่สีเขียวที่ดีอีกข้อหนึ่งในเมืองซึ่งขาดพื้นที่โล่ง ซึ่งอันที่จริงเป็นวิธีที่ประหยัดพื้นที่มากกว่า แต่ยังไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายเท่ากับการปลูกบนหลังคาด้วยข้อจำกัดในการดูแลรักษาในระยะยาว Ken Yeang (2000) สถาปนิกชาวมาเลเซียได้เสนอแนวคิดอาคารสูงชีวอากาศ (Bioclimatic Skyscraper) โดยออกแบบอาคารสูงให้มีต้นไม้ปกคลุมผนังในลักษณะ Vertical Landscape ซึ่งในอาคารสูงหลังแรก ๆ ที่เขาออกแบบ เช่น Menara Mesiniga พบว่าไม่สามารถดูแลรักษาให้ต้นไม้งอกงามได้จริง แต่ต่อมาสามารถพัฒนาแนวคิดนี้ในอาคารที่มีความสูงปานกลางได้

Patrick Blanc นักพฤกษศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้ค้นพบวิธีการทำสวนแนวตั้ง (vertical garden) โดยใช้ระบบการปลูกพืชไร้ดินที่มีน้ำหนักเบามาก เพื่อใช้ในเชิงศิลปะประดับอาคาร และอ้างว่าสามารถทำให้คงอยู่ได้เป็นเวลานานถึง 25 ปี โดยต้องการการดูแลรักษาสม่ำเสมอ (Blanc, 2008) สามารถใช้กับสภาพอากาศในเขตต่าง ๆ ทั่วโลกได้ เป็นเทคนิคที่นำเข้าจากฝรั่งเศสซึ่งมีราคาสูงและต้องการผู้เชี่ยวชาญในการดูแลรักษา

ในประเทศไทย การปลูกตำลึงเป็นรั้วบ้านเป็นผนังเขียวที่มีมาแต่โบราณ ให้คุณค่าทั้งความสวยงามและเป็นอาหาร เป็นผนังเขียวแบบที่สามารถทำได้เอง และต้องการการดูแลรักษาน้อยมาก นอกจากนี้ยังมีไม้เลื้อยชนิดอื่น ๆ ที่มีใบหนาแน่น เจริญเติบโตและดูแลรักษาได้ง่าย สามารถใช้เป็นผนังเขียวได้เป็นอย่างดีเช่นกัน

การทดสอบการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชไร่พืชสวนมักเป็นงานวิจัยทางด้านเกษตรศาสตร์ ส่วนการทดสอบการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้ยืนต้นมักเป็นงานวิจัยทางด้านวนศาสตร์ ข้อมูลเรื่องผนังไม้เลื้อยยังขาดการค้นคว้าศึกษาเพื่อประโยชน์ต่อการนำมาใช้ประกอบอาคารให้เกิดประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้จึงเสนอการศึกษาความสามารถในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของผนังไม้เลื้อย โดยคัดเลือกพันธุ์ไม้ท้องถิ่นที่เหมาะสมกับภูมิอากาศของประเทศไทย ดูแลรักษาง่าย มีใบปกคลุมดีและเติบโตเร็ว ทำการทดสอบคุณสมบัติในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ 2 ครั้ง ในครั้งแรกเป็นการทดสอบหาค่าการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากอัตราการสังเคราะห์แสงของใบ 1 ใบ เปรียบเทียบกันจากพืช 3 ชนิดที่คัดเลือกไว้ ในขั้นที่สองทำการทดสอบจากผนังไม้เลื้อยจริงขนาด 1 x 1 เมตร เพื่อหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับจริงจากอากาศ ในกรณีที่ทราบค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI, Leaf Area Index) ของพืช อาจไม่จำเป็นต้องทำการทดลองที่ 2 แต่เนื่องจากปัจจุบันยังไม่พบว่ามีการคิดค่าดัชนีพื้นที่ใบของไม้เลื้อย ซึ่งมีทรงพุ่มแตกต่างจากพืชทั่วไป จึงได้ทำการออกแบบการทดลองการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากไม้เลื้อยพื้นที่ 1 ตารางเมตร จริง

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซของพืช ซึ่งโดยปกติทั่วไป พืชจะดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) คายก๊าซออกซิเจน (O_2) ในเวลากลางวัน โดยมีแสงและคลอโรฟิลล์เป็นปัจจัยสำคัญ และจะคายก๊าซ CO_2 ดูดก๊าซ O_2 ในเวลากลางคืนเมื่อไม่มีแสงสว่าง ดังสมการที่ (1) และ (2)

สมการการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

$6CO_2 + 12\ H_2O \xrightarrow{\text{แสง}} C_6\ H_{12}O_6 + 6H_2O + 6\ O_2$

(เกิดขึ้นในเวลากลางวัน) ---------- (1)

สมการการหายใจของพืช

$C_6\ H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O \longrightarrow 6CO_2 + 12\ H_2O$

(เกิดขึ้นในเวลากลางคืน) ---------- (2)

อันที่จริงพืชหายใจตลอดเวลา แต่ในตอนกลางวันพืชมีการสังเคราะห์แสงซึ่งไปบดบังปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนก๊าซที่เกิดจากการหายใจ อัตราการสังเคราะห์แสงของพืชระบุได้โดยปริมาณการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอน-ไดออกไซด์ซึ่งมีค่าเป็นบวกในตอนกลางวันเมื่อพืชดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศ มีค่าเป็นลบในตอนกลางคืนเมื่อพืชคายคาร์บอนไดออกไซด์ ปัจจัยภายนอกที่สำคัญต่อการสังเคราะห์แสง ได้แก่ แสง อุณหภูมิ น้ำ และคลอโรฟิลล์ เมื่อแสงมีความเข้มสูงขึ้น การดูดซับคาร์บอน-ไดออกไซด์จะค่อย ๆ สูงขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัวก็จะคงที่ แม้เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นอีกก็จะไม่เพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสงและอาจทำให้ใบไหม้ เมื่อแสงลดลงในตอนเย็น อัตราการสังเคราะห์แสงจะค่อยลดลงจนมีค่าเป็นศูนย์เมื่อการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับการปล่อยโดยการหายใจ และการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ค่อย ๆ มากขึ้นในตอนกลางคืนเมื่อไม่มีแสง ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์และความเขียวของใบเมื่อมีค่าสูงมักทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงหรือดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูงตาม นอกจากนี้โดยทั่วไปแล้วเมื่อใบของพืชมีอายุมากขึ้น อัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัว เมื่อใบเริ่มแก่อัตราการสังเคราะห์แสงจึงค่อยลดลง (Kasemsap, 2008)

การวัดการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชทำได้หลายวิธี เทคนิคที่นิยมใช้มากที่สุดคือการตรวจวัดการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของใบใน Leaf Chamber Analysis ขนาดเล็กที่มีอากาศไหลผ่าน ซึ่งมีหน่วยวัดเป็น $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ มักนำมาใช้ในงานวิจัยด้าน Plant Physiology เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตให้ผลผลิตของพืช ส่วนการวัดการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของเรือนพุ่มโดยเครื่อง CO_2 analyser ต้องทำครอบพลาสติกหุ้มล้อมรอบพืชตามขนาดจริง วัดปริมาณการดูดซับคาร์บอนได-ออกไซด์จากค่าความต่างของก๊าซในอากาศขาเข้าและขาออก สามารถระบุค่าการดูดซับจริงของพืชทั้งต้น โดยรวมกิ่งและลำต้นเข้าไปด้วย ได้หน่วยเป็น ppm และสามารถแปลงเป็น $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ ได้โดยการคำนวณพื้นที่ใบหรือทราบค่า LAI (Leaf Area Index)

การวิจัยในด้าน Plant Physiology มักใช้วิธีการทดสอบความสามารถในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งระดับใบและเรือนพุ่มประกอบกัน (Kromdijk et al., 2008) อีกวิธีหนึ่งที่พบคือการวัดการสะสมคาร์บอนในพืชจากการเผาใบซึ่งเป็นอีกวิธีที่ทำได้ง่าย มีหน่วยวัดเป็น milligram/m^2 แต่มีข้อเสียคือ ต้องทำลายใบพืช ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการวัดผล 2 วิธีแรก เพื่อระบุความสามารถในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับใบ และเรือนพุ่มเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านคุณภาพอากาศ

ยังไม่พบว่ามีผู้ทำงานวิจัยเกี่ยวกับการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์หรือการสังเคราะห์แสงของไม้เลื้อยที่มีใบเกาะอยู่ในแนวตั้ง แต่มีการศึกษาเรื่องตำแหน่งของใบที่มีความสัมพันธ์กับอัตราการสังเคราะห์แสงอย่างกว้างขวาง ซึ่งมักระบุว่าใบที่ได้รับแสงบนยอดเรือนพุ่มเป็นบริเวณที่ได้รับแสงเต็มที่และมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุด ส่วนใบที่อยู่ต่ำลงมาและไม่ได้รับแสงเต็มที่ย่อมมีอัตราการสังเคราะห์แสงน้อยกว่าแต่เมื่อมีการเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ให้สูงขึ้น กลับพบว่าใบของพืชที่อยู่ด้านล่างมีการปรับเปลี่ยนทางสรีรวิทยาเพื่อการสังเคราะห์แสงมากกว่าใบที่อยู่ด้านบน (Osbourne, et al., 1998)

3. ผนังไม้เลื้อยปรับปรุงคุณภาพอากาศ

ผนังเขียวมักมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการให้ร่มเงาและความสวยงาม แต่ในขณะเดียวกันช่วยทำให้อากาศบริสุทธิ์โดยดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศภายนอก รวมไปถึงภายในอาคารในกรณีที่มีการเปิดหน้าต่างเพื่อระบายอากาศแบบธรรมชาติ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อศึกษาสมรรถนะในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของผนังที่มีไม้เลื้อยปกคลุม 2 ด้าน หันสู่ด้านทิศตะวันตก-ตะวันออก

อันเป็นทิศที่ได้รับแสงแดดในระนาบผนังโดยตรงตลอดทั้งวัน ทำการทดสอบคุณสมบัติในการดูดซับคาร์บอน-ไดออกไซด์ 2 ครั้ง ในครั้งแรกเป็นการทดสอบหาค่าการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากอัตราการสังเคราะห์แสงของใบ 1 ใบ เปรียบเทียบกันจากพืช 3 ชนิดที่คัดเลือกไว้ ในขั้นที่สองทำการทดสอบจากผนังไม้เลื้อยจริงขนาด 1 x 1 เมตร เพื่อหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับจริงจากบรรยากาศ

ผลการทดลองพบว่าไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิดมีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกัน ทั้งในระดับใบและระดับต้น โดยพบว่าสร้อยอินทนิลเป็นต้นไม้ที่ลดคาร์บอน-ไดออกไซด์ได้ดีที่สุดเป็นอันดับแรก พวงชมพูเป็นอันดับที่ 2 และตำลึงเป็นอันดับสุดท้าย จากผลการทดลองทั้งสองครั้ง และสามารถบอกปริมาณการดูดซับคาร์บอน-ไดออกไซด์ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรได้

4. การคัดเลือกพันธุ์ไม้

4.1 สุ่มคัดเลือกพันธุ์ไม้ที่นำมาใช้จากไม้เลื้อยชนิดต่าง ๆ จำนวน 5 ชนิด ที่เป็นพืชท้องถิ่น (local plant) ในเขตร้อนชื้น (tropical climate) โดยใช้เกณฑ์เบื้องต้นในการคัดเลือก ดังนี้

4.1.1 ต้องการการดูแลรักษาน้อย และอายุยืน

4.1.2 ความสูงไม่ต่ำกว่าอาคาร 1 ชั้น (3 เมตร)

4.1.3 โตเร็วและใบปกคลุมทั่วถึงในแนวตั้ง

4.1.4 ใบมีความหนาแน่นปานกลาง

4.1.5 ใบเขียวตลอดปี และใบร่วงน้อย

4.2 การคัดเลือกพันธุ์ไม้จาก 5 ชนิดเหลือ 3 ชนิด ใช้คุณสมบัติตามเกณฑ์ 5 ข้อ ประเมินโดยการสังเกตจากต้นไม้ที่ปลูกขึ้นจริง พันธุ์ไม้ 5 ชนิด ได้แก่ สร้อยอินทนิล พวงชมพู อัญชัน ตำลึง และเล็บมือนาง

4.2.1 สร้อยอินทนิล *(Thunbergia Grandiflora)* มีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์มากที่สุดสามารถปกคลุมได้ดีในแนวตั้งโดยทั้งเลื้อยขึ้นและห้อยลง ใบดกหนาแน่นปานกลาง มีดอกสีม่วงสวยงามตลอดปี แต่ก็มีข้อเสียคือ ดอกร่วงค่อนข้างมาก

4.2.2 ตำลึง *(Coccinia Grandis)* เป็นพืชที่ขึ้นเองตามธรรมชาติ ไม่ค่อยมีผู้นำมาใช้เป็นไม้ประดับ แม้ว่าจะเป็นรั้วบ้านไทยมาแต่โบราณ มีคุณประโยชน์นานัปการเป็นทั้งอาหารและสมุนไพร เมื่อปลูกปกคลุมในแนวตั้งจะให้การแผ่กระจายของใบที่ดี มีดอกสีขาวและผลแก่สีแดง ข้อเสียคืออายุของใบสั้น ใบจะแห้งเป็นสีน้ำตาลในเวลาประมาณ 3 เดือน และต้องการการตัดแต่งให้ใบแตกใหม่หรือตัดไปรับประทาน เหมาะสำหรับอาคารพักอาศัยที่มีความสูง 1-2 ชั้นซึ่งระดับความสูงอยู่ในระยะที่ตัดได้ง่าย

4.2.3 พวงชมพู *(Antigonon Leptopus)* เป็นไม้เลื้อยมีเถายึดจับละเอียด ใบปกคลุมปานกลาง แต่ใบอายุสั้นคล้ายตำลึง เจริญเติบโตเร็วและสามารถขึ้นเองตามธรรมชาติ มีดอกสวยงามตลอดปี ต้องการการตัดแต่งคล้ายตำลึง

ส่วนอัญชันมีลักษณะคล้ายตำลึงและพวงชมพู คือ ใบมีอายุสั้นและมีช่วงใบแห้งเป็นสีน้ำตาล และร่วง การปกคลุมของใบไม่ทั่วถึงเท่าตำลึงและพวงชมพู เล็บมือนางมีพุ่มใบหนาแน่นมาก แต่ลักษณะการปกคลุมในแนวนอนดีกว่าในแนวตั้ง โดยมักพบว่าเถาจะเลื้อยขึ้นไปสูงเพื่อหาระนาบแนวนอนและแผ่ใบปกคลุมบนหลังคา มีดอกจำนวนมากซึ่งจะร่วงเมื่อหมดอายุ

พันธุ์ไม้ทั้งสามที่คัดเลือกคือ สร้อยอินทนิล พวงชมพู และตำลึง ได้นำมาทดลองปลูกในกระบะยึดบนระแนงขนาด 1x1 เมตร ทำด้วยเอ็นโปร่งใส เพื่อให้รับได้แสงเต็มที่ ทำการติดตามผลการเจริญเติบโตในเวลาประมาณ 3 เดือน ดังรูปที่ 1

สร้อยอินทนิล พวงชมพู ตำลึง

รูปที่ 1 พันธุ์ไม้ 3 ชนิดที่เลือกใช้ในการทดลอง

5. การทดสอบการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดอกไซด์จากการวัดอัตราการสังเคราะห์แสงของใบ

การทดสอบการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ใช้เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสงที่ระดับใบที่ 6 ช่วงอายุ ในเวลา 1 เดือน ดังรูปที่ 2 และ 3 ศึกษาจำนวน 4 ใบในพืช 1 ชนิดเพื่อหาค่าเฉลี่ย โดยใช้ความเข้มของแสง 1500 μmol m^{-2} s^{-1} ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 350 ppm วัดค่าความเขียวของใบเพื่อหา ความสัมพันธ์กับอัตราการสังเคราะห์แสง (สถานที่ทำการทดสอบแปลงเพาะชำ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร)

รูปที่ 2 แสดงการคัดใบที่จะทดสอบตามช่วงอายุ

5.1 เครื่องมือที่ใช้และวิธีการ

5.1.1 เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสง Li– 6400 Portable Photosynthesis System (LICOR Inc., Lincoln, Nebraska, USA) ใช้แสงจาก LED Light Source ใน Chamber

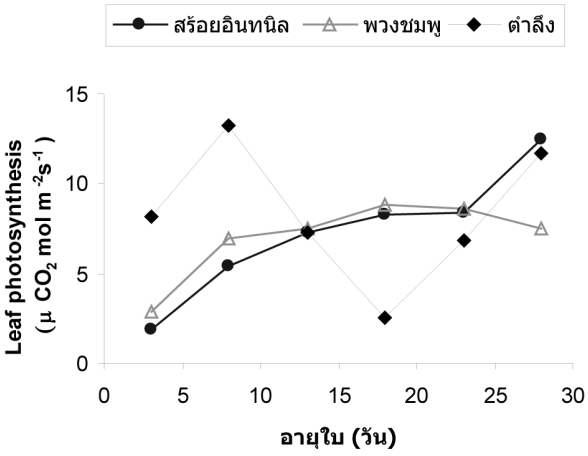
รูปที่ 3 เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสง

5.1.2 เครื่องมือวัดค่าความเขียวของใบ Chlorophyll Meter รุ่น SPAD 502 (Minolta Camera Co., Ltd., Japan) ดังรูปที่ 4

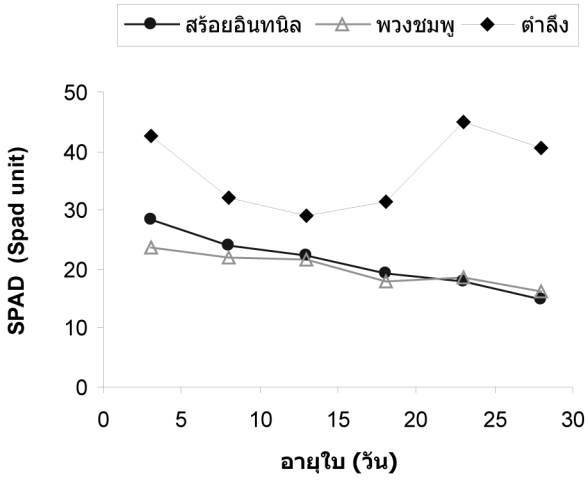
รูปที่ 4 เครื่องวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ

5.1.3 วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ เพื่อดูความสัมพันธ์ของปริมาณคลอโรฟิลล์และอัตราการแลกเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้ Cork borer เจาะเก็บตัวอย่างแผ่นใบ ที่เจาะไปใส่ในหลอดแก้วที่มี DMF (Dimethylformamide) ปริมาณ 3 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท และเก็บไว้ในที่มืดทันที เมื่อแผ่นใบซีดขาวไม่มีสีเขียว จึงนำสารละลายที่ได้รับวัดค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 664 และ 647 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer จากนั้นนำไปหาปริมาณคลอโรฟิลล์ (mg dm^{-2}) ดังรูปที่ 5

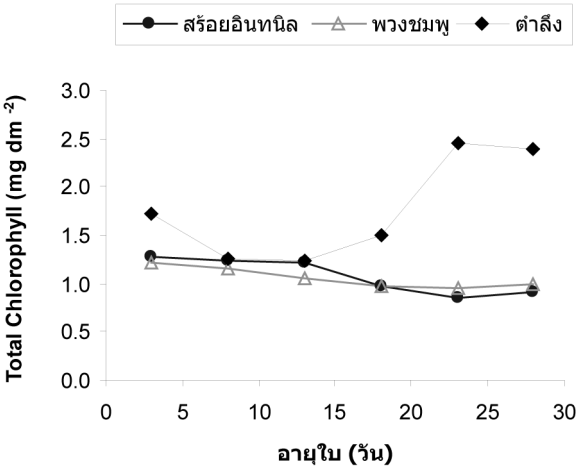
รูปที่ 5 เครื่องวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ



รูปที่ 6 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบพืช 3 ชนิด ที่อายุใบ 6 ช่วงอายุ



รูปที่ 7 ค่าความเขียวของใบพืช 3 ชนิด ที่อายุใบ 6 ช่วงอายุ



รูปที่ 8 ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบพืช 3 ชนิด ที่อายุใบ 6 ช่วงอายุ

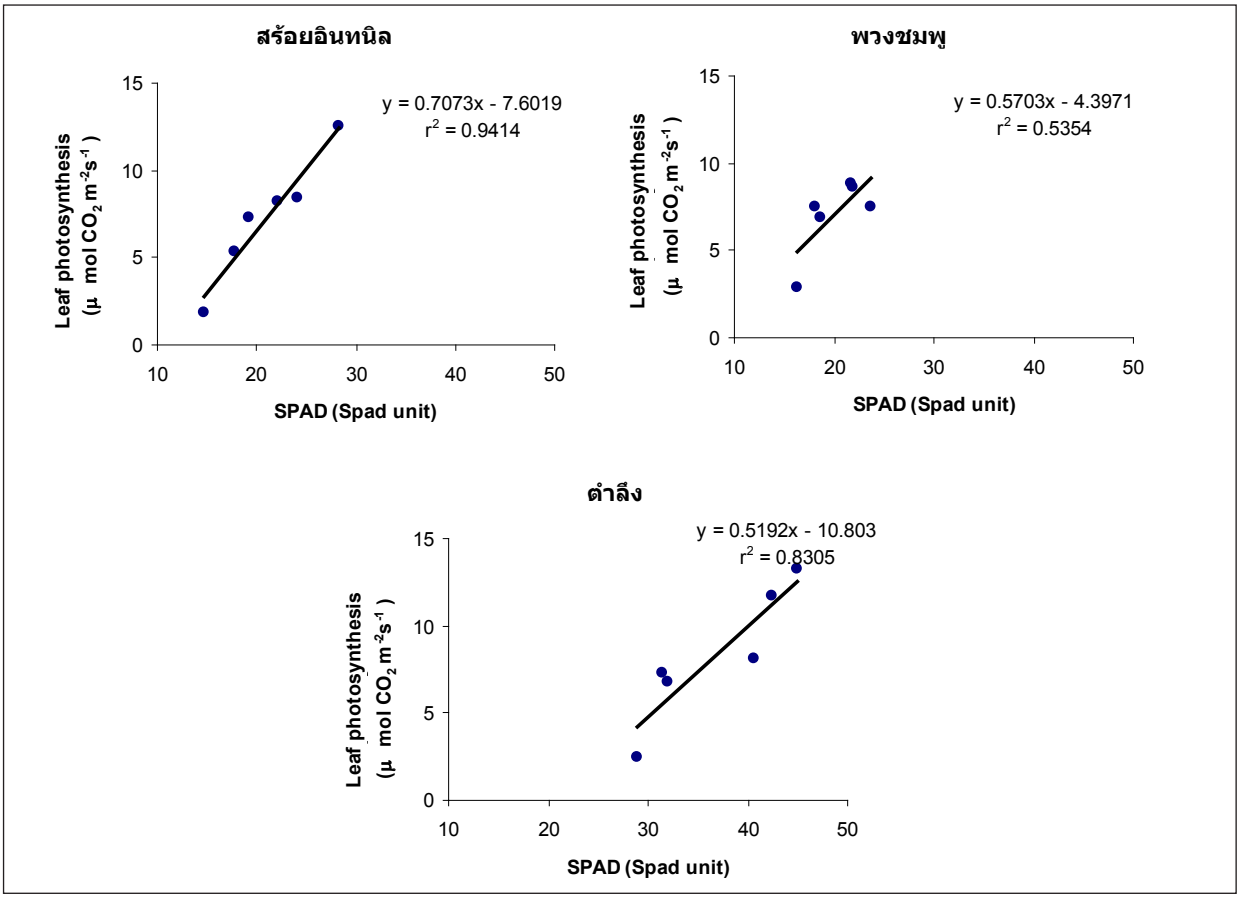
5.2 วิเคราะห์ผล

รูปที่ 6 จากการวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในระดับใบของพืชทั้ง 3 ชนิด ที่อายุใบต่าง ๆ กัน พบว่า สร้อยอินทนิลมีค่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้นเมื่ออายุใบเพิ่มมากขึ้นและสูงที่สุดเมื่ออายุใบ 28 วัน ส่วนพวงชมพูค่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้นเมื่ออายุใบเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกันแต่ค่าจะสูงสุดเมื่ออายุใบ 23 วัน และลดต่ำลงเมื่ออายุ 28 วัน แต่ตำลึงมีค่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงแปรปรวนโดยค่าจะลดต่ำลงเมื่ออายุ 13 วัน แล้วเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่ออายุใบ 28 วัน ซึ่งใบสร้อยอินทนิลจะมีความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบได้ยาวนานกว่าใบพวงชมพู สังเกตได้จากการที่ใบสร้อยอินทนิลที่อายุ 28 วันยังคงมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงอยู่แต่ใบพวงชมพูเริ่มลดต่ำลง

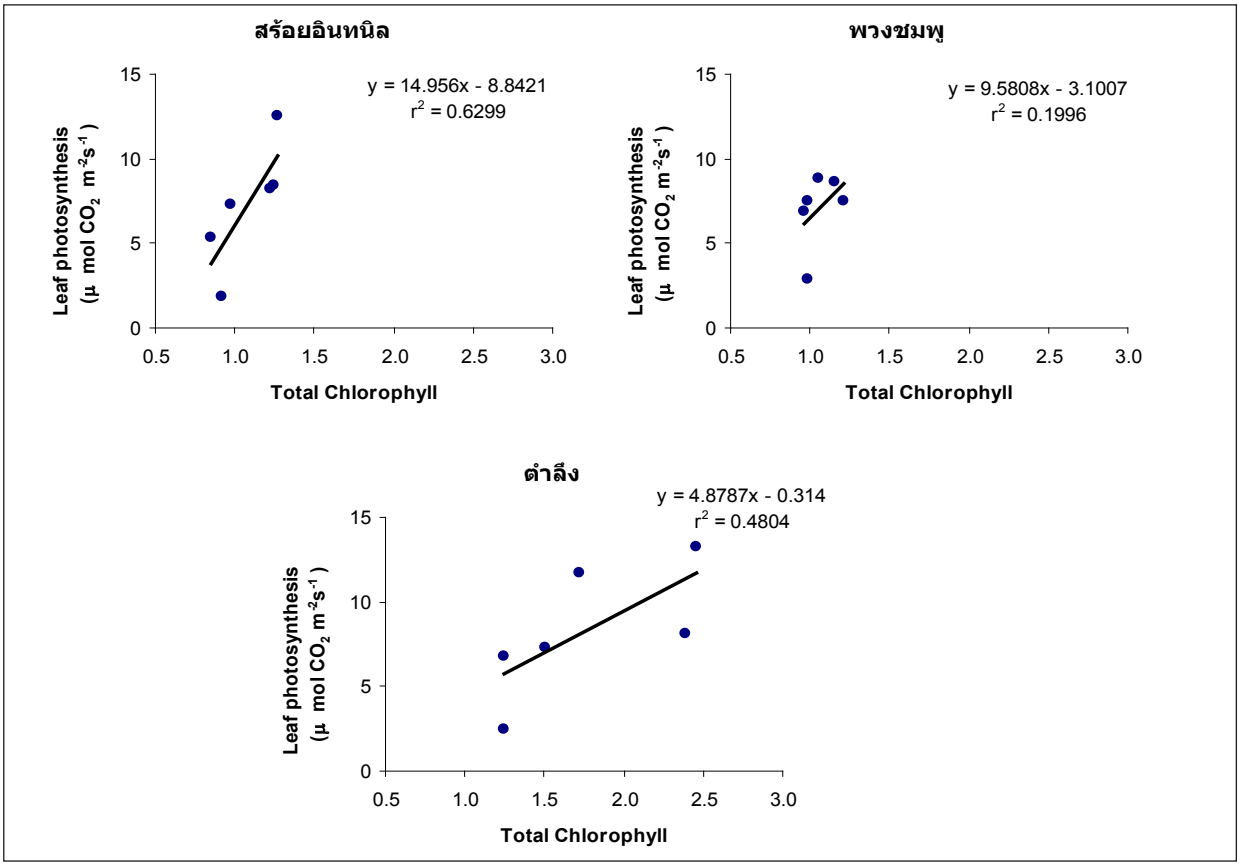
รูปที่ 7 จากค่าความเขียวของใบพืช 3 ชนิด ที่อายุใบ 6 ช่วงอายุ พบว่า ใบตำลึงมีความเขียวสูงกว่าพืชอีก 2 ชนิด ทุกช่วงอายุใบ แต่มีความแปรปรวนสูงในแต่ละช่วงอายุ โดยเมื่อใบตำลึงอายุเพิ่มขึ้นความเขียวของใบลดต่ำลง (0-18 วัน) แล้วค่ากลับเพิ่มสูงขึ้นอีก (23-28 วัน) สร้อยอินทนิลและพวงชมพูมีแนวโน้มเช่นเดียวกัน คือ เมื่ออายุใบเพิ่มมากขึ้นค่าความเขียวใบจะลดต่ำลง

รูปที่ 8 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ พบว่าคล้ายคลึงกับค่าความเขียวของใบ โดยที่ใบตำลึงมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าพืชอีก 2 ชนิด ทุกช่วงอายุใบแต่มีความแปรปรวนสูงในแต่ละช่วงอายุ โดยเมื่อใบตำลึงอายุเพิ่มขึ้นปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบลดต่ำลง (0-18 วัน) แล้วค่ากลับเพิ่มสูงขึ้นอีก (23-28 วัน) แต่สร้อยอินทนิลและพวงชมพูมีแนวโน้มเช่นเดียวกันคือ เมื่ออายุใบเพิ่มมากขึ้นปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบจะลดต่ำลง

รูปที่ 9 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงกับค่าความเขียวของใบพืชทั้ง 3 ชนิด เป็นเส้นตรง โดยที่สร้อยอินทนิลมีความสัมพันธ์สูงที่สุด (r^2 = 0.94) รองลงมาได้แก่ตำลึง (r^2 = 0.83) และพวงชมพู (r^2 = 0.53) ซึ่งเครื่อง Chlorophyll meter ที่ใช้วัดค่าความเขียวใบโดยวัดการดูดแสงของใบจะมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในใบ เนื่องจากการวัดค่าความเขียวของใบเป็นวิธีการที่ง่ายและสะดวกรวดเร็วกว่าการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์และเป็นวิธีการที่ไม่ต้องทำลายใบสามารถเก็บข้อมูลใบเดิมได้หลายระยะการเจริญเติบโต



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงกับค่าความเขียวของใบ



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงกับปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบ

รูปที่ 10 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงกับปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบเป็นเส้นตรง โดยที่สร้อยอินทนิลมีความสัมพันธ์สูงที่สุด (r^2 = 0.62) รองลงมาได้แก่ ตำลึง (r^2 = 0.48) แต่ใบพวงชมพูมีความสัมพันธ์ต่ำมาก (r^2 = 0.20)

5.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนี้ พบว่าสร้อยอินทนิลมีความสามารถในการดูดซับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีที่สุด เนื่องจากมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่สูงและยาวนานกว่าพืชอีก 2 ชนิด นอกจากนี้สามารถทำนายอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบพืชทั้ง 3 ชนิดได้อย่างคร่าว ๆ โดยใช้วิธีการหาความเขียวของใบเพราะพบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบกับค่าความเขียวของใบมีความสัมพันธ์กันสูงกว่าปริมาณคลอโรฟิลล์

นับว่าสร้อยอินทนิลมีอัตราการสังเคราะห์แสงที่ค่อนข้างสูง (15μ molm^{-2}s^{-1}) เมื่อเปรียบเทียบกับต้นไม้ทั่วไป เช่น ต้นข้าวโพด เป็นพืชที่มีอัตราสังเคราะห์แสงสูงสุดอยู่ที่ 55μ molm^{-2}s^{-1} ต้นฝ้ายมีอัตราสังเคราะห์แสงสูงสุดอยู่ที่ 20μ molm^{-2}s^{-1} ชมพูพันธ์ทิพย์มีอัตราสังเคราะห์แสงสูงสุดอยู่ที่ 9.93μ molm^{-2}s^{-1} มะม่วงมีอัตราสังเคราะห์แสงสูงสุดอยู่ที่ 5μ molm^{-2}s^{-1} (Kasemsap, 2008)

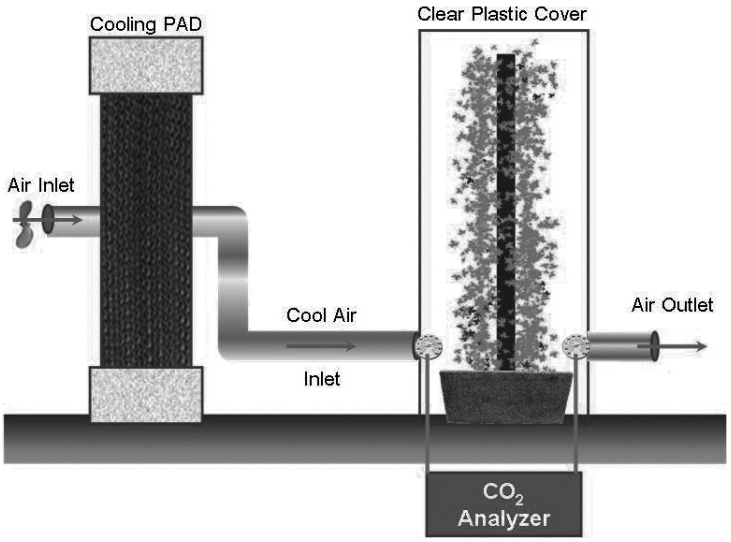
6. การทดสอบอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของผนังไม้เลื้อย 1 ตารางเมตร

6.1 อุปกรณ์การทดลอง

หลังจากการปลูกบนระแนงแนวตั้งเป็นเวลา 3 เดือน ไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิดปกคลุมได้อย่างดีและมีใบปกคลุมจำนวนมาก การทดลองวัดอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้ทำขึ้น 4 ครั้ง โดยใช้ครอบพลาสติกใสบนโครงพีวีซีขนาด 1.2 X 1.5 X 0.6 เมตร (1 ลูกบาศก์เมตร) เพื่อควบคุมอากาศที่จะทำการวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ทำการปล่อยอากาศเข้ามาสู่ครอบพลาสติกที่ห่อหุ้มผนังไม้เลื้อย วัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่อากาศขาเข้าและภายใน chamber เพื่อหาค่าความต่างของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับโดยผนังไม้เลื้อยที่ความเร็วลม 7.2 เมตรต่อวินาที ดังรูปที่ 11 และ 12 นอกจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์แล้วได้ทำการวัดปริมาณความเข้มของแสง ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิทุก 10 วินาที ของผนังไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิด โดยได้ทำการทดลองพร้อมกันเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

6.2 เครื่องมือที่ใช้

6.2.1 CO_2 Analyser LI–840 measurement range 0-3000 ppm accuracy 1.5% วัดความต่างของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในท่อนำอากาศเข้า chamber และขาออกจาก chamber



รูปที่ 11 อุปกรณ์ที่ใช้วัดอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากปริมาตรอากาศ

รูปที่ 12 ผนังไม้เลื้อย 1 ตารางเมตรใช้พืช 3 ชนิด โดยครอบพลาสติกเพื่อวัดอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์

6.2.2 chamber ระบบเปิดทำด้วยแผ่นพลาสติกใสบนโครงท่อ P.V.C. ขนาด 1.2 X 1.5 X 0.6 เมตร (1 ลูกบาศก์เมตร)

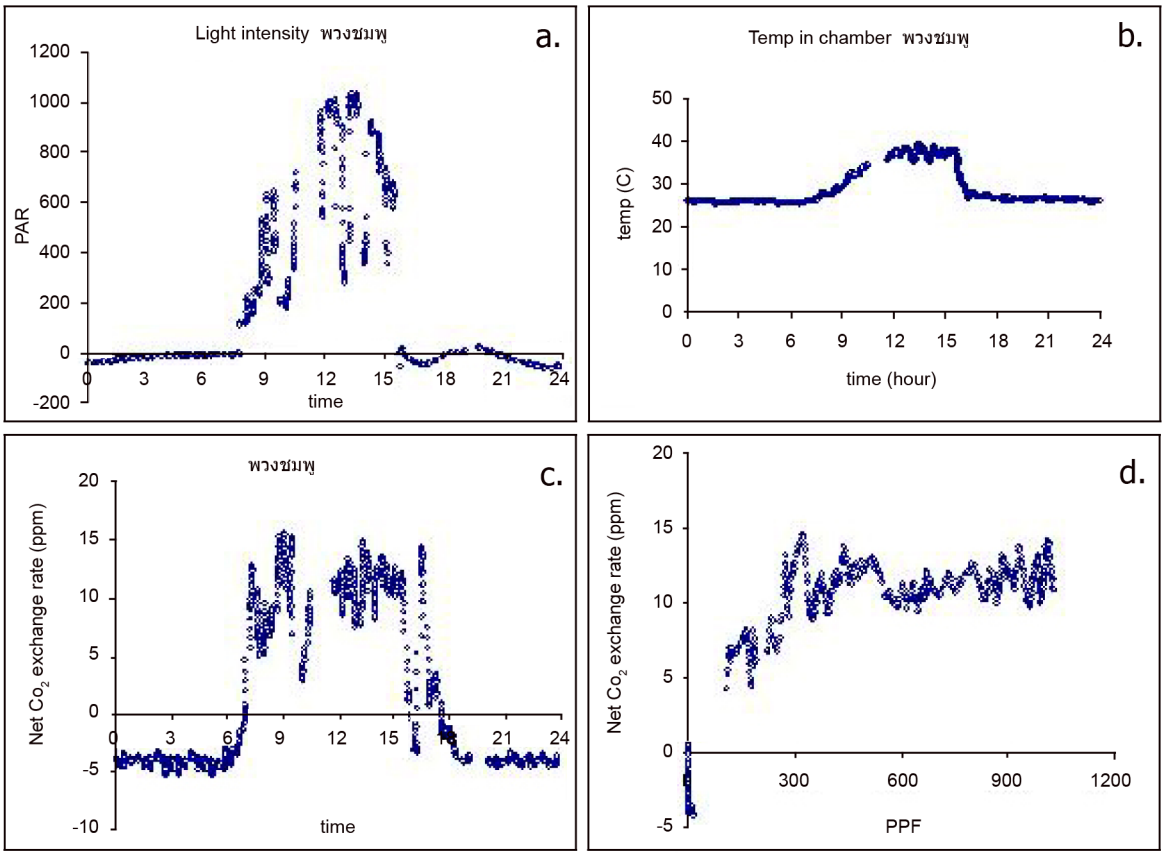
6.2.3 เครื่องเป่าลมเย็น ผ่าน cooling pad เพื่อลดอุณหภูมิภายใน chamber ให้ใกล้เคียงกับอากาศปกติภายนอกมากที่สุด และไม่ให้สูงเกิน 40 องศาเซลเซียส เส้นผ่าศูนย์กลางท่อลมเข้า 8 นิ้ว

6.2.4 Air Velocity Transducer TSI model 8455-83 accuracy 2% วัดความเร็วลมและอัตราการไหลเวียนของอากาศในการทดลองทั้ง 4 ครั้ง จากเดือนมกราคม–พฤษภาคม 2550 การทดลองครั้งหลังสุดในเดือนพฤษภาคม 2550 สามารถบันทึกค่าได้สมบูรณ์ที่สุด โดยทำการวัดค่าการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของผนังไม้เลื้อย 3 ชนิดพร้อมกันเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

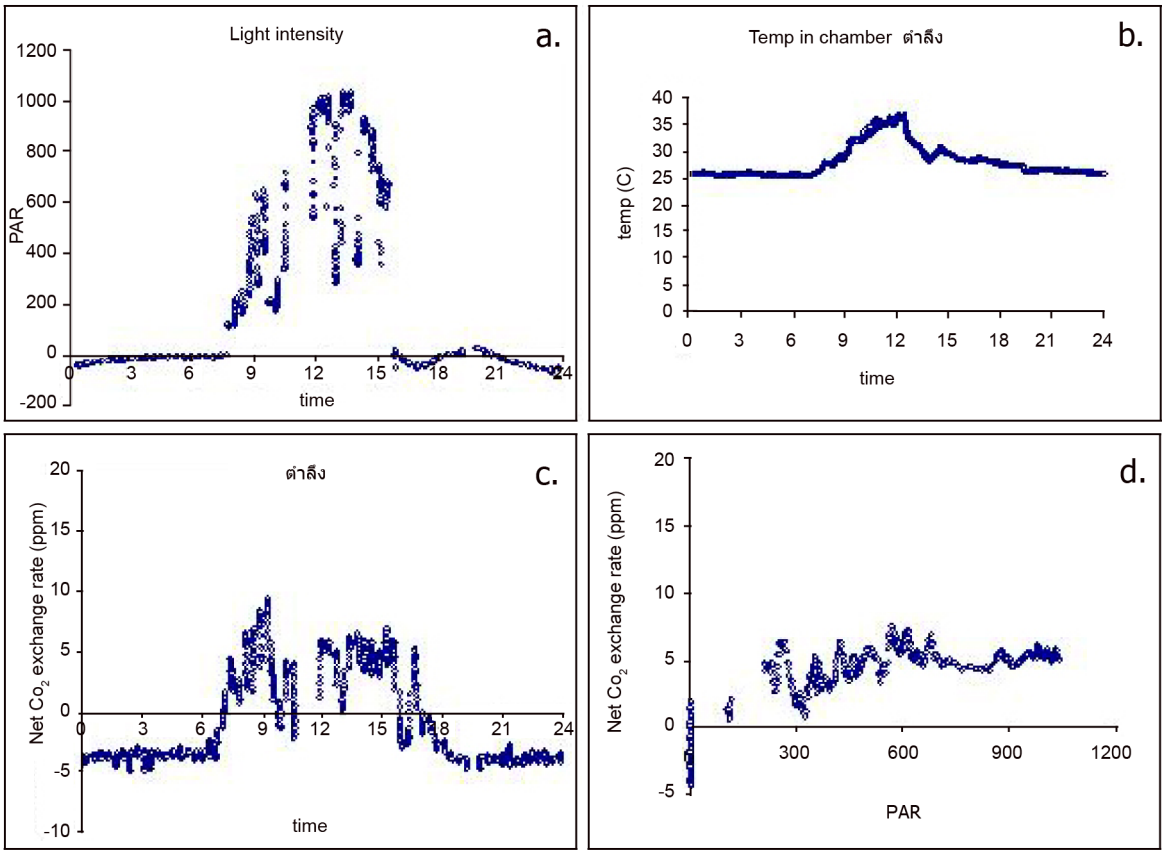
5.3 วิเคราะห์ผล

รูปที่ 13 ผลการศึกษาความสามารถในการดูดซับ CO_2 ในอากาศของพวงชมพู (a) ความเข้มของแสง (photosynthetically photon flux, PPF) ในช่วงความยาวคลื่น 400-700 nm ที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (photosynthetically active radiation) ของวันที่เก็บข้อมูล (b) อุณหภูมิอากาศภายใน chamber ที่ใส่ต้นพวงชมพู (c) อัตราการดูดซับ CO_2 สุทธิในรอบวันของต้นพวงชมพูที่ศึกษา และ (d) การตอบสนองต่อแสงของการสังเคราะห์ด้วยแสงของทั้งต้น

(กราฟ a และ b) แสดงสภาพแวดล้อมขณะทำการทดลอง โดยกราฟ a แสดงค่าความเข้มแสงตลอดช่วงวัน ส่วนกราฟ b แสดงอุณหภูมิขณะทำการทดลองตลอด 24 ชั่วโมง และอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO_2 เพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงตั้งแต่เวลา 07.00 น. (กราฟ c) และเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงเวลา 12.00-15.00 น. มีค่าประมาณ 12-15 ppm ใน 10 วินาที จากอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร จากนั้นเมื่อความเข้มแสงลดลง ทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซลดลงจนมีค่าเป็น 0 ppm ที่เวลา 18.00 น. และเปลี่ยนเป็นการหายใจ โดยในช่วงความเข้มแสงตั้งแต่ 0-500 nm มีอัตราการตอบสนองต่อแสงอย่างรวดเร็ว และอัตราการตอบสนองค่อนข้างคงที่หรือเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อความเข้มแสงมากกว่า 600 nm (กราฟ d)



รูปที่ 13 ผลการศึกษาความสามารถในการดูดซับ CO_2 ในอากาศของพวงชมพู



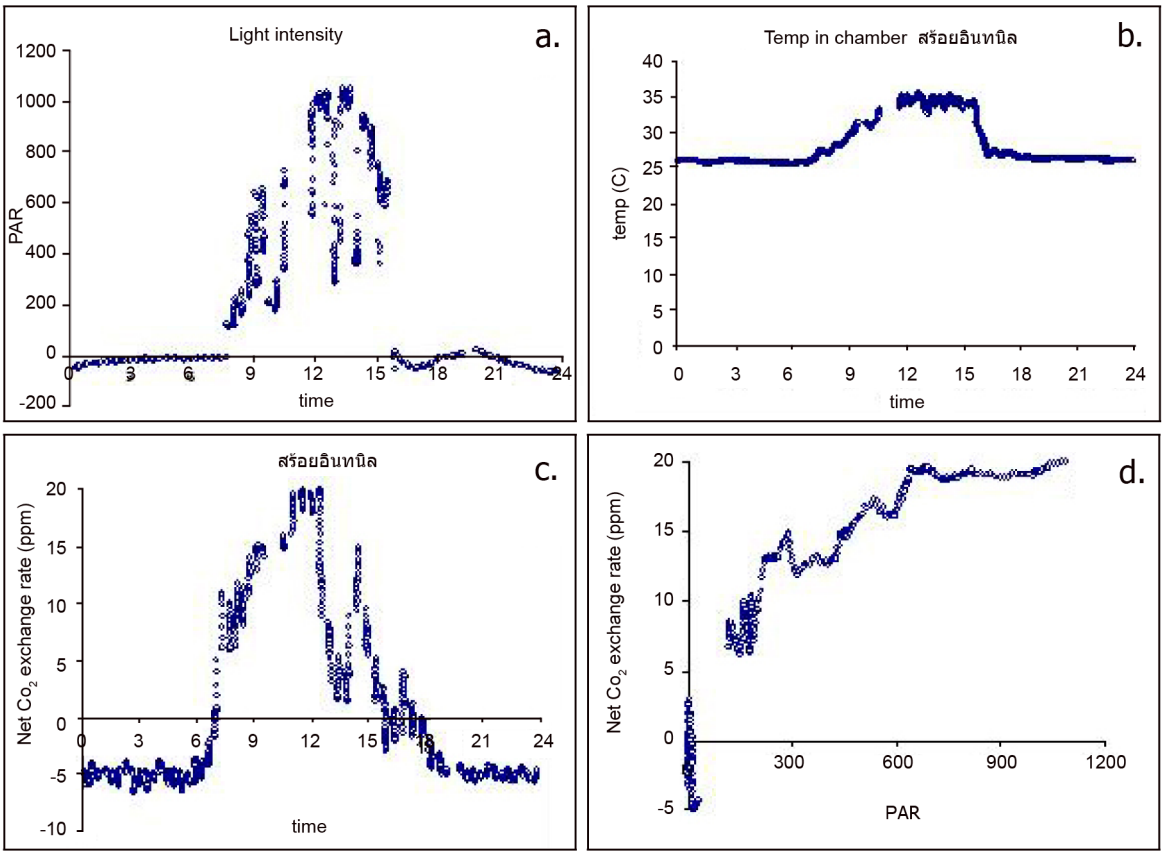
รูปที่ 14 ผลการศึกษาความสามารถในการดูดซับ CO_2 ในอากาศของตำลึง

รูปที่ 14 ผลการศึกษาความสามารถในการดูดซับ CO_2 ในอากาศของตำลึง (a) ความเข้มของแสง (photosynthetically photon flux, PPF) ในช่วงความยาวคลื่น 400-700 nm ที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (photosynthetically active radiation) ของวันที่เก็บข้อมูล (b) อุณหภูมิอากาศภายใน chamber ที่ใส่ต้นตำลึง (c) อัตราการดูดซับ CO_2 ในรอบวันของต้นตำลึงที่ศึกษา และ (d) การตอบสนองต่อแสงของการสังเคราะห์ด้วยแสงของทั้งต้น

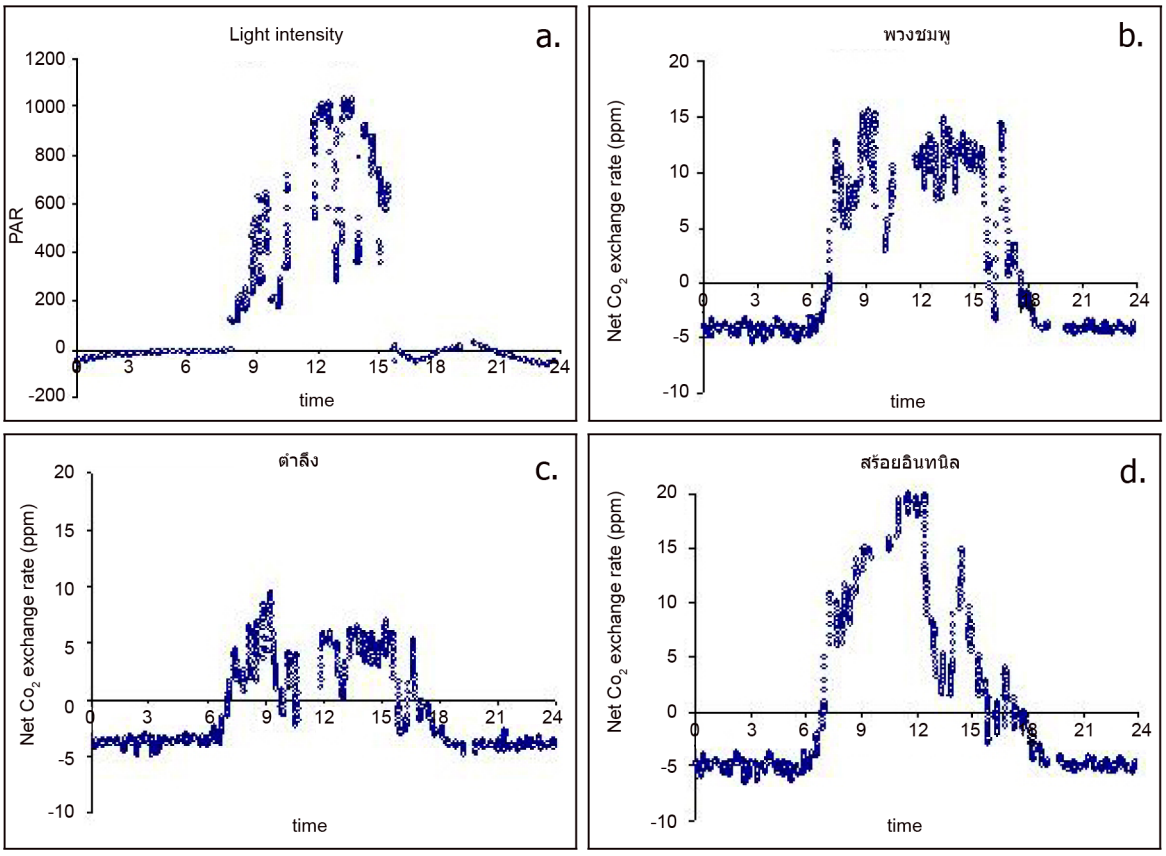
(กราฟ a และ b) แสดงสภาพแวดล้อมขณะทำการทดลอง โดยกราฟ a แสดงค่าความเข้มแสงตลอดช่วงวัน ส่วนกราฟ b แสดงอุณหภูมิขณะทำการทดลองตลอด 24 ชั่วโมง และอัตราการดูดซับก๊าซ CO_2 เพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงตั้งแต่เวลา 07.00 น. (กราฟ c) และเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงเวลา 12.00-15.00 น. มีค่าประมาณ 5-10 ppm ใน 10 วินาที จากอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร จากนั้นเมื่อความเข้มแสงลดลงทำให้อัตราการดูดซับก๊าซลดลงจนมีค่าเป็น 0 ppm ที่เวลา 18.00 น. และเปลี่ยนเป็นการหายใจ โดยในช่วงความเข้มแสงตั้งแต่ 0-500 nm มีอัตราการตอบสนองต่อแสงอย่างรวดเร็ว และอัตราการตอบสนองค่อนข้างคงที่หรือเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อความเข้มแสงมากกว่า 600 nm (กราฟ d)

รูปที่ 15 ผลการศึกษาความสามารถในการดูดซับ CO_2 ในอากาศของสร้อยอินทนิล (a) ความเข้มของแสง (photosynthetically photon flux, PPF) ในช่วงความยาวคลื่น 400-700 nm ที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (photosynthetically active radiation) ของวันที่เก็บข้อมูล (b) อุณหภูมิอากาศภายใน chamber ที่ใส่ต้นสร้อยอินทนิล (c) อัตราการดูดซับ CO_2 สุทธิในรอบวันของต้นสร้อยอินทนิลที่ศึกษา และ (d) การตอบสนองต่อแสงของการสังเคราะห์ด้วยแสงของทั้งต้น

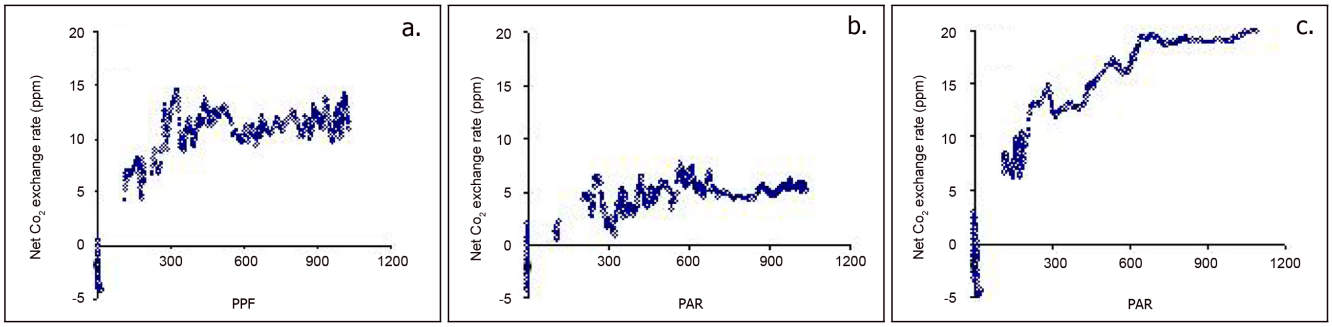
(กราฟ a และ b) แสดงสภาพแวดล้อมขณะทำการทดลอง โดยกราฟ a แสดงค่าความเข้มแสงตลอดช่วงวัน ส่วนกราฟ b แสดงอุณหภูมิขณะทำการทดลองตลอด 24 ชั่วโมง และอัตราการดูดซับก๊าซ CO_2 เพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงตั้งแต่เวลา 07.00 น. (กราฟ c) และเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงเวลา 11.00-12.00 น. มีค่าประมาณ 20 ppm ใน 10 วินาที จากอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร จากนั้นเมื่อความเข้มแสงลดลงในช่วงบ่ายทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซลดลงจนมีค่าเป็น 0 ppm ที่เวลาประมาณ 18.00 น. และเปลี่ยนเป็นการหายใจ โดยในช่วงความเข้มแสงตั้งแต่ 0-600 nm มีอัตราการตอบสนองต่อแสงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และอัตราการตอบสนองค่อนข้างคงที่หรือเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อความเข้มแสงมากกว่า 600 nm (กราฟ d)



รูปที่ 15 ผลการศึกษาความสามารถในการดูดซับ CO_2 ในอากาศของสร้อยอินทนิล



รูปที่ 16 เปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับ CO_2 ในอากาศในรอบวันของพวงชมพู ตำลึง และสร้อยอินทนิล



รูปที่ 17 เปรียบเทียบการตอบสนองต่อความเข้มแสงของความสามารถในการแลกเปลี่ยนปริมาณ CO_2 ในอากาศในรอบวัน

รูปที่ 16 เปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับ CO_2 ในอากาศในรอบวันของพวงชมพู ตำลึง และสร้อยอินทนิล (a) ความเข้มของแสง (photosynthetically photon flux) ในช่วงความยาวคลื่น 400-700 nm ที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (photosynthetically active radiation, PAR) ของวันที่เก็บข้อมูล (b) อัตราการดูดซับ CO_2 สุทธิในรอบวันของต้นพวงชมพูที่ศึกษา (c) อัตราการดูดซับ CO_2 สุทธิในรอบวันของต้นตำลึงที่ศึกษา และ (d) อัตราการดูดซับ CO_2 สุทธิในรอบวันของต้นสร้อยอินทนิลที่ศึกษา (กราฟ a) แสดงค่าความเข้มแสงตลอดช่วงวัน อัตราการดูดซับก๊าซ CO_2 เพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงที่เวลาใกล้เคียงกัน แต่สร้อยอินทนิลมีสมรรถนะในการดูดซับก๊าซสูงกว่าพวงชมพูและตำลึง มีค่าประมาณ 20 ppm ใน 10 วินาที จากอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร ส่วนตำลึงมีสมรรถนะในการดูดซับก๊าซ CO_2 ต่ำสุด (กราฟ b, c, และ d)

รูปที่ 17 เปรียบเทียบการตอบสนองต่อความเข้มแสงของความสามารถในการแลกเปลี่ยนปริมาณ CO_2 ในอากาศในรอบวันของ (a) พวงชมพู (b) ตำลึง และ (c) สร้อยอินทนิล

(กราฟ a, b, c) อัตราการตอบสนองต่อแสงของพืชทั้งสาม เพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงที่ช่วงความเข้มแสงแตกต่างกัน โดยสร้อยอินทนิลจะมีอัตราการตอบสนองต่อแสงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าพืชอื่นที่ช่วงความเข้มแสง 0-600 nm รองมาเป็นพวงชมพูมีอัตราการตอบสนองต่อแสงในช่วงความเข้มแสง 0-500 nm และตำลึงมีอัตราการตอบสนองต่อแสงช้าที่สุด ที่ช่วงความเข้มแสง 0-300 nm ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า สร้อยอินทนิลมีสมรรถนะในการดูดซับ CO_2 ได้ดีและรวดเร็วกว่าพืชอื่น ๆ

6.4 สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองระบุว่าพืชทั้ง 3 ชนิดเริ่มสังเคราะห์แสงและตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่เวลา 07.00 น. ในตอนเช้า และหยุดสังเคราะห์แสงเวลาประมาณ 17.00-18.00 น. ในตอนเย็น ในพืชทั้ง 3 ชนิด สร้อยอินทนิล 1 ตารางเมตร แสดงปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดที่ 20 ppm ใน 10 วินาที จากอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร ที่เวลา 11.00 – 12.00 น. และตอบสนองต่อการเพิ่มความเข้มของแสงจนถึงช่วง 1,000 nm ขณะที่พืชอีก 2 ชนิดหยุดตอบสนองที่ ความเข้มแสงน้อยกว่า ซึ่งสัมพันธ์กับการทดสอบในระดับใบ เนื่องมาจากใบสร้อยอินทนิลมีลักษณะกายภาพของใบที่แข็งแรงและอายุยาว จึงมีสมรรถนะในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากกว่าและยาวนานกว่าเมื่ออายุใบมากขึ้นและเมื่อความเข้มของแสงสูงขึ้น ในขณะที่พวงชมพูและตำลึงมีใบที่บางและอายุสั้นกว่า จึงดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้น้อยและในช่วงอายุที่สั้นกว่า พวงชมพูจะไม่เพิ่มอัตราการดูดซับคาร์บอน–ไดออกไซด์เมื่อความเข้มของแสงสูงเกิน 500 nm และตำลึงมีความแปรปรวนสูงในสมรรถนะของการสังเคราะห์แสงเมื่ออายุใบเพิ่มมากขึ้น และไม่เพิ่มอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อความเข้มของแสงเกิน 300 nm จึงสรุปได้ว่าผนังสร้อยอินทนิล 1 ตารางเมตรมีสมรรถนะสูงสุดในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากพืชทั้ง 3 ชนิด ทั้งนี้พืชทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณใบในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ดังนี้

สร้อยอินทนิล	จำนวน	1,068	ใบ
พวงชมพู	จำนวน	922	ใบ
ตำลึง	จำนวน	910	ใบ

ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบค่าการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดของผนังไม้เลื้อย 1 ตารางเมตร ที่ 20 ppm จากอากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร กับสวนหย่อม 6.24 ตารางเมตร ซึ่งทำการทดลองในเวลาใกล้เคียงกันค่าการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดที่ 35 ppm จากอากาศ 6.24 ลูกบาศก์เมตร (Pangsee, et.al., 2009) นับว่าผนังไม้เลื้อยให้ประสิทธิภาพในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูง โดยใช้พื้นที่ดินน้อยกว่ามาก

อย่างไรก็ดีผนังไม้เลื้อยที่มีปริมาณใบมากไม่ได้หมายความว่าจะให้สมรรถนะการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูงมากกว่าปริมาณใบน้อยเสมอไป ประสิทธิภาพในการรับแสงของใบส่งผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์แสงและดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ในต้นไม้ทั่วไปใบที่อยู่ด้านบนของทรงพุ่มจะได้รับแสงมากกว่าใบที่อยู่ด้านล่างถัดลงมา ทำให้ใบด้านบนทรงพุ่มมีอัตราการสังเคราะห์แสงอิ่มตัวที่ระดับความเข้มแสงสูงกว่าใบที่อยู่ด้านล่างของเรือนพุ่ม (Salisbury & Ross, 1985) ในพืชชนิดที่มีทรงพุ่มแน่นทึบหรือมีกิ่งก้านสาขามากยิ่งทำให้ใบภายในทรงพุ่มมีค่าอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบลดลง ในกรณีของไม้เลื้อย ใบที่เรียงตัวอยู่ด้านนอกสุดของผนังจะได้รับแสงมากที่สุดและมีสมรรถนะสูงสุด ทิศทางของแสงจึงเป็นปัจจัยสำคัญด้วยเนื่องจากพื้นที่ใบอยู่ในแนวตั้ง ไม่ใช่แนวนอนเหมือนทรงพุ่มทั่วไป การหันผนังไม้เลื้อย 2 ด้านสู่ทิศตะวันออกและตะวันตก ช่วยให้ประสิทธิภาพในการรับแสงดีด้านละครึ่งวัน หากเป็นการหันสู่ทิศเหนือ หรือโดนแดดด้านเดียว สมรรถนะอาจลดลงกว่าการทดลองครั้งนี้

7. ข้อเสนอแนะการนำไปใช้งาน

1. ผนังไม้เลื้อย สามารถลดคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศจากภายนอกอาคาร การนำผลวิจัยนี้ไปใช้กับพื้นที่เปิด อาจเป็นการใช้เพื่อประมาณการเท่านั้น เนื่องจากมีปัจจัยอื่นเป็นตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้อีกมากมาย

2. ในการนำไปใช้งานในพื้นที่ปิด จะสามารถคำนวณค่าได้ชัดเจนว่าอากาศปริมาตรเท่านี้ ควรใช้ไม้เลื้อยพื้นที่เท่าไร แต่การที่ปลูกไม้เลื้อยในพื้นที่ปิดจะมีข้อจำกัดเรื่องแสงธรรมชาติซึ่งอาจได้เต็มที่เพียงด้านที่เป็นหน้าต่างเพียงด้านเดียว ใช้กับอาคารที่ออกแบบเป็นกระจกทุกด้าน หรือมีการให้แสงประดิษฐ์ด้านในเพื่อให้สมรรถนะใกล้เคียงกับการตั้งอยู่ภายนอกอาคาร นอกจากนี้ถ้าเป็นอาคารในเขตร้อนชื้นเช่นประเทศไทย จะประสบปัญหาความร้อนจากแสงแดดและความชื้นจากการคายน้ำ ซึ่งหากเป็นอาคารที่ไม่ปรับอากาศและเป็นอาคารปิดจะไม่สามารถทำให้อยู่ในสภาวะน่าสบายได้ การนำไปใช้กับหน้าต่างเปิดที่มีกระแสลมพัดผ่านใบไม้จะให้ผลดี และเกิดสภาวะสบายได้มากกว่า และควรเป็นอาคารที่ใช้งานในเวลากลางวัน เนื่องจากการสังเคราะห์แสงเกิดในช่วงที่มีแสงอาทิตย์ ส่วนเวลากลางคืน พืชมีการหายใจโดยดูดออกซิเจนและคายคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมักจะเกรงว่าเป็นการแย่งอากาศดีและปล่อยอากาศเสียให้กับมนุษย์ อย่างไรก็ดีมีข้อพิสูจน์ว่าต้นไม้ 1 ต้น มีการแลกเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนน้อยมากในเวลากลางคืนเมื่อเทียบกับการหายใจของมนุษย์ 1 คน ซึ่งปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ 1 กิโลกรัม ต่อวัน (US EPA, 2010)

3. การนำผนังไม้เลื้อยไปใช้งานกับห้องที่ติดเครื่องปรับอากาศ อาจเกิดปัญหาเรื่องความชื้นจากการคายน้ำ ซึ่งจะไปเพิ่มภาระการทำความเย็น แต่ข้อดีคือการลดคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช อาจทำให้ระบบปรับอากาศไม่จำเป็นต้องดึงอากาศบริสุทธิ์ เข้ามาหมุนเวียนและการลดอุณหภูมิอากาศจากการปกคลุมของพืชจะเป็นการลดภาระการทำความเย็น ในเรื่องนี้ยังต้องการการวิจัยต่อไปว่าการเพิ่มภาระการทำความเย็นจากการคายน้ำ และการลดภาระการทำความเย็นจากการไม่ต้องใช้อากาศบริสุทธ์จากภายนอกผนวกกับการลดอุณหภูมิอากาศของพืช อย่างใดจะมีผลกระทบต่อการใช้พลังงานมากกว่ากัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยในหน่วยปฏิบัติการเชี่ยวชาญเฉพาะนวัตกรรมอาคารเพื่อรักษาสภาพแวดล้อม สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และได้รับความร่วมมือจากบุคคลากรภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร ได้แก่ ศาสตราจารย์เบญจมาศ ศิลาย้อย รศ. ดร. พูนพิภพ เกษมทรัพย์ ผศ. ดร. ณัฏฐ พิชชกรรม และอิศรา แพงสี จึงขอขอบพระคุณมาในโอกาสนี้

References

Brown, R., & Gillespie, T. J. (1995). *Microclimatc landscape design: Creating thermal comfort and energy efficiency.* New York: John Wiley & Sons.

Blanc, P. (2008). *The vertical garden, from nature to city.* New York: W.W. Norton & Company.

Kasemsap, P. (1999). ต้นไม้กับมลพิษทางอากาศ [Trees and air pollution]. In *National Planting Day,* 91-106. Department of Public Park, Bangkok Metropolitant Administrator, Bangkok, Thailand: Boonsin Publishing.

Kasemsap, P. (2008). การสังเคราะห์ด้วยแสง [Photosynthesis]. In *Biology 2.* The Promotion of Academic Olympiad and Development of Sceince Education Foundation, Bangkok, Thailand: Dan Sutha Publishing.

Keeling, D. (2010). *Atmospheric CO_2 Mauna Lao Observatory.* Retrieved November, 2010, from http://co2now.org/

Kromdijk, J., Schepers, H. E., Albanito, F., Fitton, N., Carroll, F., Jones, M. B., Finnan, J., Lanigan, G. J., & Griffiths, H. (2008). Bundle sheath leakiness and light limitation during C4 leaf and canopy CO_2 uptake. *Plant Physiology,* 148, 2144-2155. Retrieved November, 2010, from http://www.plantphysiol.org

Osborne, C., LaRoche, J., Garcia, R. L., Kimball, B. A., Wall, G. W., Pinter, P. J., Jr., La Morte, R. L., Hendrey, G. R., & Long, S. P. (1998). Does leaf position within a canopy affect acclimation of photosynthesis to elevated CO_2?. *Plant Physiology, 117*(1), 1037-1045. Retrieved November, 2010, from http://www.plantphysiol.org

Pangsee, I., Pitchakum, N., & Kasemsap, P. (2009). ความสามารถของสวนหย่อมในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ [Ability of decorative gardens on Carbon Dioxide absorption]. *Agricultural Sceince Journal, 40*(2), 209-218.

Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1985). *Plant Physiology* (3rd ed.). Belmont, California: Wadsworth Publishing.

Wolverton, B. C., Johnson, A., & Bounds, K. (1989). Interior landscape plants for indoor air pollution abatement. NASA/ALCA Final Report. *Plants for Clean Air Council.* Davidsonville: Maryland.

Yeang, K., & Hamzah, T. R. (2000). *The Bioclimatic Skyscraper,* Revised Edition. London: Ellipsis Limited.

US EPA (2010). *Emission Climate Change.* Retrieved November, 2010, from http://www.epa.gov/climate change/fq/emissions.html#q7