

การเจริญเติบโตของต้นกล็อกซิเนีย ภายใต้สภาวะที่มีการเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

Growth of Gloxinia (*Sinningia speciosa*) under carbon dioxide enrichment condition

สุนิสา สุธาไทย (Sunisa Sudthai)* ดร.สิริวัฒน์ สาครวาสี (Dr.Siriwat Sakonwasee)**

บทคัดย่อ

กล็อกซิเนีย (*Sinningia speciosa*) เป็นไม้ประดับที่มีดอกลักษณะเด่นสวยงาม การใช้ระบบโรงงานผลิตพืช (Plant Factory) ที่มีการปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตน่าจะทำให้สามารถผลิตต้นกล็อกซิเนียคุณภาพสูงได้ในทุกฤดูกาล แต่จำเป็นจะต้องทำการวิจัยเพื่อศึกษาสภาพการปลูกที่มีประสิทธิภาพก่อน งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายในการศึกษาอิทธิพลของการเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล็อกซิเนียภายใต้แสงเทียมจากหลอดไฟแอลอีดี (LEDs) ระหว่างการปลูกภายใต้ระบบปิดที่มีระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 2 ระดับ 400 ppm และ 1,000 ppm ทดสอบโดยใช้ต้นกล็อกซิเนีย 3 สายพันธุ์คือ 1.Avanti mix 2.Double brocade blue และ 3.Double brocade mix พบว่าในกล็อกซิเนีย สายพันธุ์ DBM มีน้ำหนักแห้งรากสูงที่สุด สายพันธุ์ DBB มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบและอัตราการนำไหลของปากใบสูงที่สุด และในสายพันธุ์ AM มีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมสูงที่สุด

ABSTRACT

Gloxinia (*Sinningia speciosa*) is a flowering plant with beautiful flowers. Using a plant factory system that has adapted the environment to suit the growth, can be produced in every season and in large quantities. But it is necessary to conduct research to study the proper planting conditions first The aim of this research is to study the effect of increasing the amount of carbon dioxide suitable for the growth of Gloxinia under LED light. During planting under a closed system that has 2 levels of carbon dioxide concentration, 400 ppm and 1000 ppm, tested in 3 species of Gloxinia: 1.Avanti mix 2. Double brocade blue and 3. Double brocade mix, found in gloxinia DBM species had the highest root dry weight. DBB species had the highest relative water content in leaves and the highest the stomata conductance and in the AM species with the highest total chlorophyll content.

คำสำคัญ: กล็อกซิเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ ระบบโรงงานพืช

Keyword: Gloxinia, Carbon dioxide, Plant factory

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

บทนำ

กลีอกซิเนีย (*Gloxinia*) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Simningia speciosa* จัดอยู่ในตระกูล Gesneriaceae มีถิ่นกำเนิดที่ประเทศบราซิล เป็นไม้ดอกที่มีสีสันสวยงาม ขยายพันธุ์ได้ง่ายโดยอาศัยการเพาะเมล็ดและการปักชำส่วนของใบและลำต้น (Kessler, 2004) ไม้ประดับมีความสำคัญทางเศรษฐกิจเนื่องจากมีส่วนสำคัญต่ออุตสาหกรรมการปลูกดอกไม้ในหลายวิธี เช่น รูปแบบของไม้ประดับและแหล่งรายได้สำคัญของหลายประเทศ เช่น เนเธอร์แลนด์และฝรั่งเศส เป็นต้น กลีอกซิเนียเป็นหนึ่งในไม้ประดับที่ได้รับความนิยมในรูปแบบไม้กระถางถูกส่งออกอย่างมีคุณภาพให้กับหลายประเทศในโลก กลีอกซิเนียเป็นพืชเมืองร้อนที่ต้องการความชื้นสูงต้องการแสงที่สว่าง แต่ไม่มีแสงแดดส่องโดยตรง (Naz et al., 2001) การผลิตต้นพันธุ์กลีอกซิเนียภายใต้โรงงานผลิตพืช (plant factory) ที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในระบบให้มีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจเพราะจะทำให้สามารถผลิตต้นกลีอกซิเนียได้ในทุกฤดูกาลและใช้เวลาน้อยลง ในปัจจุบันมีการศึกษากันอย่างแพร่หลายเกี่ยวกับการเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในบรรยากาศเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของพืช เช่น Zhang et al. (2012) ทำการศึกษาในต้นเทียนนิวกินีพบว่าการเพิ่มปริมาณ CO_2 ในบรรยากาศที่ความเข้มข้น 760 ppm มีผลทำให้การเจริญเติบโตในส่วนยอดได้แก่จำนวนใบและพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังช่วยเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสง, ปริมาณน้ำตาลและแป้งที่ละลายน้ำได้ด้วย ในระยะออกดอกพบว่าต้นที่ปลูกในสภาพที่มีการเพิ่ม CO_2 มีปริมาณดอกมากขึ้น และ Xu et al. (2014) ที่ทำการศึกษาผลของการเพิ่ม CO_2 ในโรงเรือนพลาสติกแบบเปิดที่ความเข้มข้น $800 \pm 50 \mu\text{mol mol}^{-1}$ ใน *Gerbera jamesonii* พบว่า น้ำหนักแห้งของพืช ปริมาณของ photoassimilates (น้ำตาลที่ละลายน้ำได้, แป้งและคลอโรฟิลล์) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณ CO_2 ยังช่วยเพิ่มปริมาณและคุณภาพของดอก เช่น เพิ่มจำนวนและขนาดของดอก ขยายความยาวก้านช่อดอก ความเข้มข้นของแอนโทไซยานินที่สะสมและยังยืดอายุการปักแจกันด้วย อย่างไรก็ตามในการศึกษาอิทธิพลของการเพิ่มปริมาณ CO_2 ในกล้วยไม้ฟาแลนนอปปซิสสายพันธุ์ Fuller's Pink Swallow พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของ CO_2 ในบรรยากาศที่ระดับ 1600 – 2400 ppm มีผลทำให้การเจริญเติบโตของต้นเพิ่มขึ้นในระยะแรก แต่ในระยะยาวคือหลังจากได้รับ CO_2 นาน 31 สัปดาห์จะส่งผลเสียต่อการพัฒนาดอก โดยเกิดการแท้งของตาดอก (flower abortion) ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงความสามารถของการสร้างส่วนที่เป็นแหล่งใช้อาหาร (sink strength) ระหว่างใบและตาดอก (Kim et al., 2017) ดังนั้น ปริมาณ CO_2 ที่เหมาะสมสำหรับการเร่งการเจริญเติบโตของพืชจึงขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ทั้งนี้การให้ CO_2 ที่ความเข้มข้นมากเกินไปก็อาจส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตและผลิตผลของพืชได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา อิทธิพลของการเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 1000 ppm ต่อการเจริญเติบโตของต้นกลีอกซิเนียในระบบ โรงงานผลิตพืช อันจะใช้เป็นแนวทางในการผลิตพืชภายใต้ระบบดังกล่าวในเชิงพาณิชย์ต่อไป

วิธีการวิจัย

พืชและสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการปลูก

การทดลองนี้ใช้กลีอกซิเนีย 3 สายพันธุ์ ได้แก่ Avanti mix (AM), Double brocade blue (DBB), และ Double brocade mix (DBM) ต้นกลีอกซิเนียทั้งหมดถูกปลูกและเจริญเติบโตภายใต้ห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส

นาน 60 วัน จากนั้นแบ่งต้นกล้าที่มีขนาดใกล้เคียงกันออกเป็นสองส่วน โดยส่วนหนึ่งย้ายปลูกในห้องที่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับบรรยากาศปกติ (ประมาณ 400 ppm) และอีกส่วนหนึ่งย้ายปลูกในห้องที่มีการเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับ 1000 ppm ในเวลา 05.00 -12.00 น. โดยทั้งสองสภาวะจะให้แสงเทียมสีขาวจากหลอดแอลอีดี (แบบ T8 กำลังไฟ 18 W) ที่มีอุณหภูมิสี 6500K (cool white) และ 3000K (warm white) อัตราส่วน 1:1 ที่ความเข้มแสง $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ นาน 16/8 ชั่วโมง (กลางวัน/กลางคืน) เก็บข้อมูลจำนวน 4 ซ้ำ จะทำการเก็บข้อมูล น้ำหนักสดต้นและราก น้ำหนักแห้งต้นและราก ความสูงของต้น ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนดอก ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ อัตราการสังเคราะห์แสง และอัตราการนำไหลของปากใบ หลังจากทำการทดลอง 30 วัน

การวัดปริมาณคลอโรฟิลล์

การวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ใช้วิธีการของ Loranger and Shipley (2010) โดยตัดตัวอย่างใบให้มีขนาดเท่ากันชั่งน้ำหนักใบ 40 mg จากนั้นนำไปใส่หลอดแก้วแล้วเติม Dimethyl Sulfoxide (DMSO) 1 ml แล้วนำไปบดในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำสารละลายไปวัดปริมาณคลอโรฟิลล์โดยใช้เครื่อง spectrophotometer วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 645 และ 663nm คำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์โดยใช้สมการดังนี้

$$\text{Chlorophyll a (g/l)} = 0.0127 A_{663} - 0.00269 A_{645}$$

$$\text{Chlorophyll b (g/l)} = 0.0229 A_{645} - 0.00468 A_{663}$$

$$\text{Total Chlorophylls} = 0.0202 A_{645} + 0.00802 A_{663}$$

การวัดปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (Relative water content ; RWC)

คัดแปลงมาจากวิธีการของ Karlidag et al. (2011) โดยใช้ใบอ่อนที่เจริญเต็มที่ (youngest fully expanded leaves) ตัดใบชั่งน้ำหนักสด (Fresh Weight; FW) จากนั้นนำไปแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องนาน 16 ชั่วโมงแล้วนำมาชั่งน้ำหนักเต่ง (Turgid weight; TW) นำใบที่ได้ไปอบแห้งแล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง (Dry Weight; DW) ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในเนื้อเยื่อใบสามารถคำนวณตามสูตร

$$\text{RWC\%} = [(FW-DW) / (TW-DW)] \times 100$$

การวัดดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊ส

อัตราการสังเคราะห์แสง Net CO₂ Assimilation Rate (A) การนำไหลของปากใบ Stomatal Conductance (g) หลังจากได้รับการทดลอง นาน 30 วันวัดโดยใช้เครื่อง LCi-SD (BioScientific Ltd.) โดยวัดใบที่ 3 นับจากยอด

การวิเคราะห์ข้อมูล

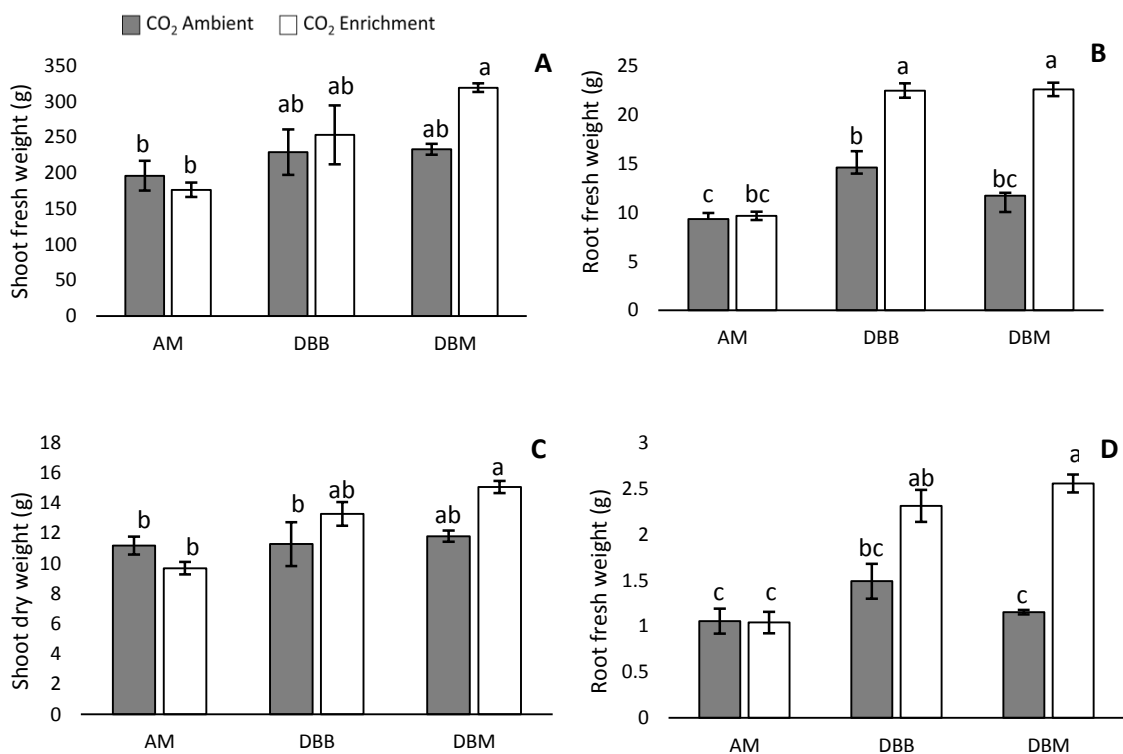
วางแผนการทดลองแบบการสุ่ม ทรีทเมนต์คอมบินชัน เข้าในสิ่งทดลองแบบ RCBD (factorial experiments in RCBD) มี 6 treatment 4 ซ้ำ ประกอบด้วย ปัจจัยที่ 1 = ชนิดสายพันธุ์ (AM, DBB, DBM)

ปัจจัยที่ 2 = ปริมาณ CO₂ (Ambient, Enrich)

หาค่าเฉลี่ย และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละสิ่งทดลองโดยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD) ด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 16 ผลิตโดยบริษัท SPSS Inc.

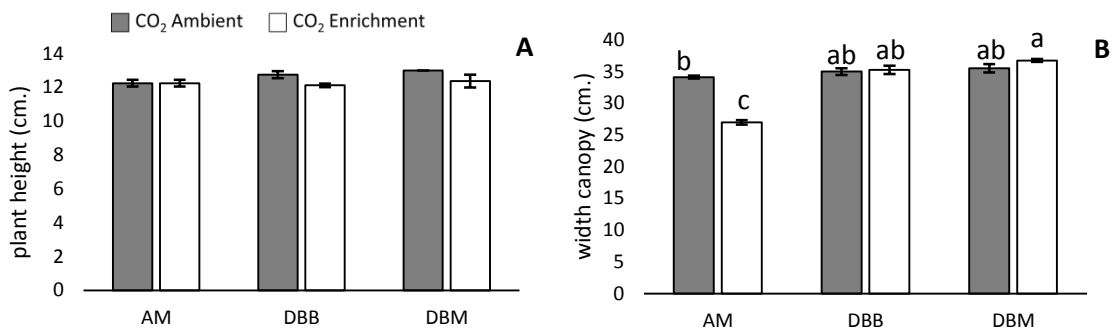
ผลการวิจัย

จากการทดลอง พบว่า น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งส่วนลำต้น ของต้นถั่วลันเตาชนิดเขียวสายพันธุ์ DBB และ DBM ที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพปลูกที่มีการเพิ่มปริมาณ CO₂ ที่ระดับ 1000 ppm ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 1A,C) ในสภาพที่เพิ่ม CO₂ น้ำหนักสดส่วนรากของพันธุ์ DBB และ DBM มีค่ามากกว่าในสภาพปกติ ในส่วนของน้ำหนักแห้งส่วนรากพบว่าพันธุ์ DBM ที่ปลูกในสภาพที่มีการเพิ่ม CO₂ มีค่าสูงกว่าสภาพปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 1B) ในส่วนของพันธุ์ AM ไม่พบแนวโน้มความแตกต่างของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งระหว่างต้นที่ปลูกในสภาพที่มีการเพิ่ม CO₂ และสภาพปกติ (ภาพที่ 1D)



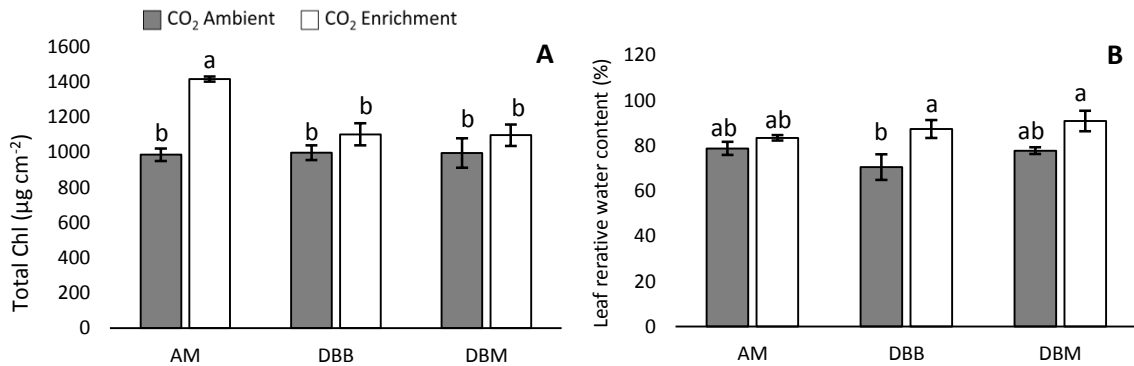
ภาพที่ 1 น้ำหนักสดส่วนยอด (A) น้ำหนักสดส่วนราก (B) น้ำหนักแห้งส่วนยอด (C) และน้ำหนักแห้งส่วนราก (D) ของต้นถั่วลันเตาชนิดเขียวอายุ 90 วันหลังเพาะเมล็ด ที่ปลูกในสภาวะปกติ (CO₂ Ambient) และสภาพที่มีการเพิ่มปริมาณ CO₂ (CO₂ Enrichment) แถบคลาดเคลื่อนแสดงค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (n=4) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD) ($P \leq 0.05$)

ในการศึกษาความสูงของต้น ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างต้นที่ปลูกในสภาพที่มีการเพิ่ม CO₂ และสภาพปกติในทุกสายพันธุ์ ในส่วนของความกว้างทรงพุ่ม พบว่าสายพันธุ์ AM มีความกว้างของทรงพุ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเจริญเติบโตในสภาพที่มีการเพิ่มปริมาณ CO₂ (ภาพที่ 2)



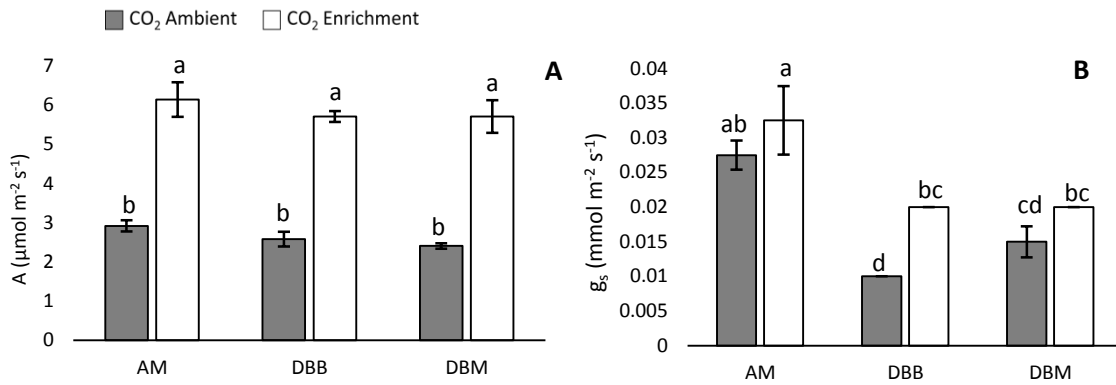
ภาพที่ 2 ความสูงของต้น (A) และความกว้างทรงพุ่ม (B) ที่ต้นอายุ 90 วันหลังเพาะเมล็ด ที่ปลูกในสภาวะปกติ (CO₂ Ambient) และสภาพที่มีการเพิ่มปริมาณ CO₂ (CO₂ Enrichment) แถบคลาดเคลื่อนแสดงค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (n=4) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD) ($P \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบ พบว่าสายพันธุ์ AM ที่ปลูกภายใต้สภาวะที่มีการเพิ่มปริมาณ CO₂ มีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบสูงกว่าต้นที่ปลูกในสภาพปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในอีก 2 สายพันธุ์ที่เหลือไม่มีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 3A) ในส่วนของปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ พบว่าต้นกล็อกซิเนียที่ปลูกในสภาพที่มีการเพิ่ม CO₂ เฉพาะสายพันธุ์ DBB มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบที่สูงกว่าต้นที่ปลูกในสภาพปกติ (ภาพที่ 3B)



ภาพที่ 3 ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (A) และปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (B) ที่ต้นอายุ 90 วันหลังเพาะเมล็ด เมล็ด ที่ปลูกในสภาวะปกติ (CO₂ Ambient) และสภาพที่มีการเพิ่มปริมาณ CO₂ (CO₂ Enrichment) แถบคลาดเคลื่อนแสดงค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (n=4) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Honesty Significant Difference (HSD) ($P \leq 0.05$)

อัตราการสังเคราะห์แสง (A) ในใบเดี่ยวของต้นกล็อกซิเนียทุกสายพันธุ์ที่ปลูกในสภาพที่มีการเพิ่ม CO₂ มีค่าสูงกว่าต้นที่ปลูกในสภาพปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4) ในส่วนของอัตราการนำไหลของปากใบ (g) พบว่าเฉพาะสายพันธุ์ DBB ต้นที่ปลูกในสภาพที่มีการเพิ่ม CO₂ มีค่าสูงกว่าต้นที่ปลูกในสภาพปกติ



ภาพที่ 4 แสดงอัตราการสังเคราะห์แสง (A) และอัตราการนำไหลดของปากใบ (B) ที่ต้นอายุ 90 วันหลังเพาะเมล็ด เมล็ดที่ปลูกในสภาวะปกติ (CO₂ Ambient) และสภาพที่มีการเพิ่มปริมาณ CO₂ (CO₂ Enrichment) แถบคลาดเคลื่อนแสดงค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (n=4) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Honest Significant Difference (HSD) ($P \leq 0.05$)

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การเพิ่มปริมาณ CO₂ สามารถช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช โดยการเพิ่มปริมาณ CO₂ นั้นมีผลทำให้ชีวมวลของพืชเพิ่มขึ้น (Prior et al., 2005; Drennan & Nobel., 2000) สอดคล้องกับผลการทดลองครั้งนี้ที่พบว่าต้นต้นกล้วยชนิดชเนียวสายพันธุ์ DBM ที่เจริญเติบโตภายใต้สภาพปลูกที่มีการเพิ่มปริมาณ CO₂ ที่ระดับ 1000 ppm มีน้ำหนักแห้งรากสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับต้นปกติ (ภาพที่ 1) Pritchard et al. (2006) รายงานว่าปริมาณ CO₂ ที่เพิ่มขึ้นอาจช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของรากได้ดีกว่าการสร้างใบ ลำต้นและโครงสร้างการสืบพันธุ์ของพืช จากข้อมูลของ Lambers. (1987) กล่าวว่าประมาณครึ่งหนึ่งของการสังเคราะห์ด้วยแสงทั้งหมดจะถูกส่งออกจากใบไปยังอวัยวะใต้พื้นดินที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานสำหรับการเจริญเติบโต, การบำรุงรักษา, การดูดซึมน้ำ และการขนส่งกระบวนการต่างๆในราก นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณ CO₂ ที่ระดับ 1000 ppm ยังส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงในใบเดี่ยวของต้นกล้วยชนิดชเนียวในทุกสายพันธุ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ Grimm et al. (2001) กล่าวว่า การเพิ่มปริมาณของ CO₂ ในบรรยากาศทำให้ความเข้มข้นของ CO₂ ระหว่างเซลล์เพิ่มขึ้นซึ่งจะเป็นการเพิ่มอัตราการสังเคราะห์ เนื่องจาก CO₂ ที่สูงขึ้นทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงที่สูงขึ้นทำให้ความต้องการ reductant ในการตรึงคาร์บอนและ stroma thylakoids เพิ่มขึ้นในระบบแสง I (photosystem I) ซึ่งเป็นศูนย์กลางที่ผลิต NADPH เพื่อลด CO₂ ดังนั้นอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นของ stroma thylakoid และ grana thylakoid ทำให้พืชสามารถตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการผลิตน้ำตาลโดยการเพิ่มการผลิต reductant ในขณะที่เดียวกันก็ทำให้อัตราการคายน้ำของพืชลดลง (Thongbai, et al., 2010) เป็นที่น่าสนใจว่าในการทดลองครั้งนี้ค่าอัตราการนำไหลดของปากใบเฉพาะสายพันธุ์ DBB เพิ่มขึ้นมากในต้นที่ปลูกในสภาพที่มีการเพิ่ม CO₂ (ภาพที่ 4) ตามที่ Lakshmi.1996 รายงานว่าหากใบพืชมีค่า g_s สูงพืชจะมีการไหลเข้าออกของน้ำ และ CO₂ ได้มากดังนั้นพืชจะมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งอาจหมายถึงปริมาณการคายน้ำที่เพิ่มมากขึ้น และมีการเปิดปากใบที่มากขึ้นด้วย ผลการทดลองในครั้งนี้จึงอาจขัดแย้งกับผลการทดลองของ Thongbai, et al. (2010) ส่วนหนึ่งอาจเนื่องจากพืชที่ใช้ในการทดลองเป็นคนละชนิดกัน

โดยสรุปสามารถระบุได้ว่าการเพิ่มปริมาณ CO₂ ที่ระดับ 1000 ppm ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้วย
ชนิดสายพันธุ์ DBM ในด้านของชีวมวล สายพันธุ์ DBB ในด้านปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบและอัตราการนำไหลของปาก
ใบ สายพันธุ์ AM ในด้านปริมาณของคลอโรฟิลล์รวมได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับต้นที่ปลูกภายใต้สภาพ CO₂ 400 ppm

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านสถานที่ใน
การทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้ที่ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานต่างๆ ทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

- Drennan, P.M. and Nobel, P.S., (2000). Responses of CAM species to increasing atmospheric CO₂ concentrations. *Plant, Cell & Environment*, 23(8), pp.767-781.
- Griffin, K.L., Anderson, O.R., Gastrich, M.D., Lewis, J.D., Lin, G., Schuster, W., Seemann, J.R., Tissue, D.T.,
Turnbull, M.H. and Whitehead, D., (2001). Plant growth in elevated CO₂ alters mitochondrial number and
chloroplast fine structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(5), pp.2473-2478.
- Karlidag, H., Yildirim, E., & Turan, M. (2011). Role of 24-epibrassinolide in mitigating the adverse effects of salt stress on
stomatal conductance, membrane permeability, and leaf water content, ionic composition in salt stressed
strawberry (*Fragaria × ananassa*). *Scientia horticulturae*, 130(1), 133-140.
- Kim, H. J., Cho, A. R., Park, K. S., & Kim, Y. J. (2017). Effect of CO₂ Enrichment on Growth and Flowering of
Phalaenopsis. *The Horticulture Journal*, 86(3), 389-394.
- Kessler, J.R., (2004). Greenhouse production of Gloxinias. Alabama Cooperative Extension System. ANR-1258
- Lakshmi, A., (1996). Effect of NaCl on photosynthesis parameters in two cultivars of mulberry. *Photosynthetica*, 32,
pp.285-289.
- Lambers, H. (1987). Growth, respiration, exudation and symbiotic associations: the fate of carbon translocated to the
roots. In Seminar series-Society for Experimental Biology.
- Loranger, Jessy, and Bill Shipley. (2010). Interspecific covariation between stomatal density and other functional leaf
traits in a local flora." *Botany* 88, no. 1: 30-38.
- Naz, S.H.A.G.U.F.T.A., Ali, A., Siddiqui, F.A. and Iqbal, J., (2001). In vitro propagation of gloxinia (*Sinningia
speciosa*). *Pak. J. Bot*, 33.
- Prior, S.A., Brett Runion, G., Rogers, H.H., Allen Torbert, H. and Wayne Reeves, D., (2005). Elevated atmospheric
CO₂ effects on biomass production and soil carbon in conventional and conservation cropping systems.
Global Change Biology, 11(4), pp.657-665.

- Pritchard, S.G., Prior, S.A., Rogers, H.H., Micheal, A., Davis, G., Runion, B., Popham, T.W., (2006). Effects of elevated atmospheric CO₂ on root dynamics and productivity of sorghum grown under conventional and conservation agricultural management practices. *Agric. Ecosyst. Environ.* 113, 175–183.
- Sreeharsha, R.V., Sekhar, K.M. and Reddy, A.R., (2015). Delayed flowering is associated with lack of photosynthetic acclimation in Pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) grown under elevated CO₂. *Plant Science*, 231, pp.82-93.
- Thongbai, P., Kozai, T. and Ohyama, K., (2010). CO₂ and air circulation effects on photosynthesis and transpiration of tomato seedlings. *Scientia Horticulturae*, 126(3), pp.338-344.
- Xu, Shenping, Xiaoshu Zhu, Chao Li, and Qingsheng Ye. (2014). Effects of CO₂ enrichment on photosynthesis and growth in *Gerbera jamesonii*. *Scientia Horticulturae* 177: 77-84.
- Zhang, F.F., Wang, Y.L., Huang, Z.Z., Zhu, X.C., Zhang, F.J., Chen, F.D., Fang, W.M. and Teng, N.J., (2012). Effects of CO₂ Enrichment on growth and development of *Impatiens hawkeri*. *The Scientific World Journal*, 2012.