

การพัฒนาดัชนีและการคัดเลือกพืชเพื่อการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร

จุฑามาศ แก้วเจริญ¹, กัญจน์ ศิลป์ประสิทธิ์^{1*}, และ อนันต์ พิริยะภัทรกิจ²

¹คณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

²สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

35 หมู่ 3 เทคโนโลยีธานี ถนนเลียบคลองห้า ตำบลคลองห้า อำเภอกองหลวง จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย

*Corresponding author: Kun@g.swu.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาดัชนีสำหรับคัดเลือกพืชที่เหมาะสมต่อการใช้งานภายในอาคารนับเป็นเครื่องมือสำคัญในการสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ที่ต้องการปลูกพืชเพื่อวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยเฉพาะในด้านความสามารถของพืชในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) งานวิจัยนี้ได้กำหนดดัชนีเพื่อคัดเลือกพืชโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Analysis: MCDA) ด้วยการจัดระดับคะแนน (Rating) ซึ่งประกอบด้วยดัชนีหลัก 2 ด้าน ได้แก่ (1) ความสามารถของพืชในการลดก๊าซ CO₂ จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเมื่อพิจารณาต่อพื้นที่ใบต่อหน่วยเวลา โดยทำการศึกษาในสภาวะตู้กระจกปิดปริมาตร 0.2 ลูกบาศก์เมตร ภายใต้ความเข้มแสงในห้องเรียนปกติร่วมกับแสงจากหลอดไฟประดิษฐ์ และ (2) การเปลี่ยนแปลงและการคงสภาพของพืชในกรณีที่ไม่มีการบำรุงรักษาเพิ่มเติม

ผลการศึกษา พบว่า พิโลเดนดรอน ซานาดู และเดหลีใบมัน มีความสามารถในการลดก๊าซ CO₂ สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับพืชตัวอย่างอีก 8 ชนิด โดยมีอัตราการลด CO₂ สุทธิจากการสังเคราะห์ด้วยแสงใน 10 ชั่วโมง เท่ากับ 0.3044 ส่วนในล้านส่วนต่อพื้นที่ใบ และ 0.1365 ส่วนในล้านส่วนต่อพื้นที่ใบ ตามลำดับ นอกจากนี้ พืชทั้ง 2 ชนิดยังสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแสงน้อย มีการแตกใบใหม่เฉลี่ย 1 - 2 ใบต่อเดือน และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ส่งผลให้พิโลเดนดรอน ซานาดู และเดหลีใบมันได้รับคะแนนรวมสูงที่สุดจากการประเมินด้วยดัชนีการคัดเลือก เมื่อเทียบกับพืชตัวอย่างชนิดอื่นทั้งหมด

คำสำคัญ: พืชในอาคาร / ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) / คุณภาพอากาศภายในอาคาร / ดัชนีเพื่อคัดเลือกพืช / การจัดระดับ (Rating)

Index development and plant selection for enhancing indoor air quality

Juthamas Kaewcharoen¹, Kun Silprasit^{1*}, and Anan Phiriya Phattharakit²

¹Faculty of Environmental Culture and Ecotourism, Srinakharinwirot University, Thailand

² Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), Pathum Thani, Thailand

* Corresponding author: Kun@g.swu.ac.th

Abstract

The development of an index for selecting indoor plants is an important tool to support decision-making for those wishing to grow plants for the purpose of improving indoor air quality (IAQ), particularly regarding the plant's ability to reduce carbon dioxide (CO₂) levels. This study established a plant selection index using the Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) approach with a rating method. The index comprises two main indices: (1) the ability of plants to reduce CO₂ through the photosynthesis process when considering leaf area per unit of time, studied in a closed glass chamber with a volume of 0.2 m³ under normal classroom light intensity combined with artificial light; and (2) the resilience and stability of the plants when no additional maintenance was provided.

The results of the study showed that *Philodendron xanadu* and *Spathiphyllum wallisii* (Peace Lily) had the highest ability to reduce CO₂ compared with the other 8 plant samples, with net photosynthetic CO₂ reduction rates over a 10-hour period of 0.3044 ppm/leaf area and 0.1365 ppm/leaf area, respectively. Furthermore, both species adapted well to low-light conditions, produced an average of 1 - 2 new leaves per month, and showed high longevity. Consequently, *Philodendron xanadu* and *Spathiphyllum wallisii* received the highest total scores from the selection index among all tested samples.

Keywords: Indoor plants / Carbon dioxide (CO₂) / Indoor Air Quality (IAQ) / Plant Selection Index / Rating method

1. บทนำ

คุณภาพอากาศภายในอาคารและสถานประกอบการ มีผลโดยตรงต่อความเป็นอยู่และสุขภาพของพนักงานเนื่องจากพนักงานส่วนใหญ่ใช้เวลามากกว่า 87% (เฉลี่ย 6 - 8 ชั่วโมง) ของแต่ละวันภายในอาคาร ซึ่งคุณภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพทั้งในระยะสั้นและระยะยาว อาการป่วยจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารมลพิษที่ได้รับสัมผัส ความเข้มข้นที่ได้รับ ความถี่และช่วงเวลาที่ได้รับสัมผัส โดยองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมประเทศสหรัฐอเมริกา (US Environmental Protection Agency, US EPA) กำหนดให้คุณภาพอากาศในอาคารที่ไม่ดีเป็นความเสี่ยง 1 ใน 5 อันดับของความเสี่ยงทางสุขภาพจากสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ หรือเรียกว่า “กลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร” และหนึ่งในสารมลพิษที่พบได้บ่อยและมีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคารคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ตามมาตรฐาน American Society of heating, Refrigerating and Air-Conditioning (ASHRAE) พบว่า ปริมาณ CO₂ ภายในอาคารควรอยู่ต่ำกว่า 700 ppm โดยระดับสูงสุดที่อนุญาตคือ 1,100 ppm [1] แต่ทั้งนี้ภายใต้สภาวะปกติในสำนักงานหรือห้องประชุมที่มีคนอยู่มาก สามารถมีความเข้มข้น CO₂ สูงถึง 2,000 - 2,500 ppm และอาจสูงถึง 5,000 ppm ภายใต้สภาวะที่มีการระบายอากาศต่ำ โดยปริมาณ CO₂ ที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้นอาจทำให้เกิดอาการหายใจลำบาก แขนงหน้าอก หายใจถี่ ไอ ปวดศีรษะ ง่วงนอน อ่อนเพลีย และสมาธิลดลงได้ [2]

แนวทางในการควบคุมสารมลพิษอากาศในอาคารแบ่งออกเป็น 3 หลักการ ได้แก่ 1.การควบคุมที่แหล่งกำเนิดมลพิษ 2.การระบายอากาศที่เพียงพอ และ 3.การทำความสะอาดระบบกรองอากาศภายในอาคาร ดำเนินการได้ทั้งวิธีที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงและวิธีต้นทุนต่ำ [3] หนึ่งในทางเลือกที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ การใช้พืชพอกอากาศ อย่างไรก็ตามยังขาดการพัฒนาคัดเลือกพืชที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ประเมินจากปริมาณ CO₂ ที่ลดลง และความเหมาะสมของพืชต่อสภาพแวดล้อมภายในอาคาร นอกจากนี้การปลูกพืชภายในอาคารยังช่วยส่งเสริมเรื่องทัศนียภาพของผู้ปฏิบัติงาน Hall and Knuth (2022) [4] ได้ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 42 ชิ้น ในช่วงระหว่างปี 2000 - 2022 พบว่า การมีพืชในอาคารช่วยลดระดับความเครียดอารมณ์ด้านลบของพนักงาน และช่วยกระตุ้นอารมณ์เชิงบวก เพิ่มพลังงาน และสมาธิในการทำงานอีกด้วยซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jiang et al. (2021) ที่ระบุว่าพืชช่วยลดอัตราการเกิดความเมื่อยล้า อาการปวดหัว และภาวะซึมเศร้าในกลุ่มพนักงาน เมื่อเทียบกับอาคารที่มีแสงน้อยหรือไม่มีหน้าต่างได้อย่างมีนัยสำคัญ [5] มีงานตัวอย่างศึกษาหลายเรื่องที่น่าเสนอเกี่ยวกับประสิทธิภาพการลดปริมาณ CO₂ ภายในอาคาร โดยพืชพอกอากาศ เช่น 1.การวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อย CO₂ สุทธิของพืชพอกอากาศที่นิยมเลี้ยงในประเทศศรีลังกา จำนวน 6 ชนิด ทดลองภายใต้ตู้กระจกที่ระดับความเข้มแสงที่ต่างกัน [6] 2.การวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อย CO₂ สุทธิของพืชพอกอากาศที่นิยมเลี้ยงในประเทศญี่ปุ่น จำนวน 5 ชนิด ทดลองภายใต้ตู้กระจกที่รับแสงธรรมชาติ, แสงต่ำ (รับแสงช่วงเช้า 2 ชั่วโมง) และรับแสงทั้งวัน (รับแสงจากธรรมชาติและแสงประดิษฐ์จากหลอดไฟ LED) [7] 3.การวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อย CO₂ สุทธิของพืชพอกอากาศที่นิยมเลี้ยงในประเทศจีน จำนวน 3 ชนิด ทดลองภายใต้ตู้กระจกที่ระดับความเข้มแสงและอุณหภูมิที่ต่างกัน [8] โดยงานวิจัยทั้ง 3 เรื่องมีความแตกต่างกันในด้านชนิดของพืชที่ใช้ และความเข้มแสง แต่มีความคล้ายคลึงกันในเรื่องของการศึกษาในตู้กระจกปิดที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ง่าย อย่างไรก็ตาม ยังขาดงานวิจัยที่นำผลการศึกษามาใช้พัฒนาคัดเลือกพืชที่เหมาะสม เนื่องจากผลการศึกษาจากหลายงานวิจัยมีผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน ทำให้ยากต่อการเลือกพืชไปใช้จริง และยังขาดการศึกษาในด้านสุขภาพพืชและระยะเวลาการใช้งานด้วยพืชหลายชนิดมีข้อจำกัดเมื่อนำมาเลี้ยงในอาคาร

2. วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาคัดเลือกพืช เพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร และเสนอแนะชนิดพืชที่เหมาะสม

3. ขอบเขตของการศึกษา

กำหนดดัชนีในการคัดเลือกพืช เพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร จากผลการศึกษาในสภาวะตู้กระจกปิด ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงของพืชตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง กรณีที่ไม่มีการบำรุงรักษาพืชนอกเหนือจากการรดน้ำ

4. วิธีการศึกษา

4.1 กำหนดกลุ่มตัวอย่างพืช

คัดเลือกพืชในร่มมา 10 ชนิด ได้แก่ 1. พลูด่าง 2. เฟินบอสตัน 3. ต้นคล้านกยูงเขียว 4. สับปะรดสี 5. เศรษฐีเรือนนอก 6. ต้นฟิโลเดนดรอนพันธุ์ต่างประเทศ 7. เดหลีใบมัน 8. แก้วกาญจนา 9. ฟิโลเดนดรอน ชานาคู 10. จิ้ง กำหนดจากลักษณะสวยงาม มีความนิยมนำมาปลูกในอาคาร รวมถึงบางต้นมียังความสามารถในการลด CO₂ [9]

4.2 เตรียมตัวอย่างพืช

นำมาปรับสภาพให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในอาคาร โดยวางไว้ในอาคารเป็นเวลาอย่างน้อย 1 - 2 สัปดาห์ ก่อนเริ่มทดสอบ ในตู้ทดลอง [10]

4.3 เก็บตัวอย่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และปัจจัยด้านคุณภาพอากาศอื่น ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ของพืชตัวอย่าง ในสภาวะตู้กระจกปิดในตู้อะคริลิกใส (clear acrylic chamber) ขนาด 0.50 x 0.50 x 0.80 เมตร หรือปริมาตร 0.2 ลูกบาศก์เมตร และติดตั้งหลอดไฟ LED แสงสีขาว ที่กำลัง 30 วัตต์ พร้อมระบบควบคุมเวลาเปิด-ปิดแสง เก็บตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ ตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง แบ่งเป็น ตอนกลางวันภายใต้แสงประดิษฐ์ที่ความเข้มแสงประมาณ 4,500 lux จำนวน 10 ชั่วโมง (08.00 - 18.00 น.) และตอนกลางคืนอีก 14 ชั่วโมง รายละเอียดดังรูปที่ 1



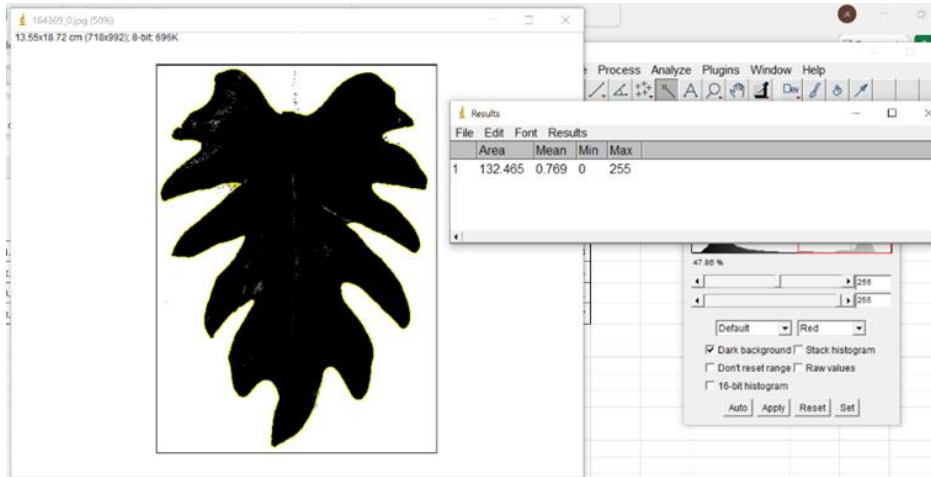
รูปที่ 1 การเก็บตัวอย่าง CO₂ ด้วยเครื่องบันทึกข้อมูลแบบมัลติมิเตอร์ (Multimeter Data Logger Lutron)

4.4 บันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงของพืช ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลองอย่างน้อย 1 เดือน และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองซึ่งพืช มีความคงสภาพจากตอนซื้อครั้งแรก เนื่องจากไม่มีการบำรุงรักษาพืชเพิ่มเติมนอกเหนือจากการรดน้ำ โดยมีความเปลี่ยนแปลงดังรูปที่ 2

วันที่ 5	วันที่ 15	วันที่ 30	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
1. พุด่าง			2. เฟินบอสตัน		
					
จำนวนใบ : 45 ใบ	จำนวนใบ : 37 ใบ	จำนวนใบ : 44 ใบ	จำนวนใบ : 43 ใบ	จำนวนใบ : 48 ใบ	จำนวนใบ : 53 ใบ
3. ต้นคล้านกยูงเขียว			4. สับปะรดสี		
					
จำนวนใบ : 16 ใบ	จำนวนใบ : 17 ใบ	จำนวนใบ : 17 ใบ	จำนวนใบ : 15 ใบ	จำนวนใบ : 15 ใบ	จำนวนใบ : 15 ใบ
5. เศรษฐีเรือนนอก			6. ต้นฟิโลเดนดรอนต่างประเทศ		
					
จำนวนใบ : 45 ใบ	จำนวนใบ : 52 ใบ	จำนวนใบ : 61 ใบ	จำนวนใบ : 22 ใบ	จำนวนใบ : 26 ใบ	จำนวนใบ : 32 ใบ
7. เดหลีใบมัน			8. แก้วกาญจนา		
					
จำนวนใบ : 35 ใบ	จำนวนใบ : 37 ใบ	จำนวนใบ : 42 ใบ	จำนวนใบ : 16 ใบ	จำนวนใบ : 14 ใบ	จำนวนใบ : 15 ใบ
9. ฟิโลเดนดรอน ซานาตุ			10. จัง		
					
จำนวนใบ : 12 ใบ	จำนวนใบ : 12 ใบ	จำนวนใบ : 13 ใบ	จำนวนแฉก : 63 แฉก	จำนวนแฉก : 64 แฉก	จำนวนแฉก : 65 แฉก

รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของพืชทั้ง 10 ชนิด ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง 1 เดือน

4.5 คำนวณพื้นที่ใบ สำหรับใช้เปรียบเทียบค่าการลด CO₂ ต่อ 1 ตารางเซนติเมตรของพื้นที่ใบ ด้วยโปรแกรม ImageJ [11] ตัวอย่างดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การคำนวณพื้นที่ใบ ด้วยด้วยโปรแกรม ImageJ

4.6 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Descriptive Statistics ใช้สรุปค่าการลด CO₂ ของพืช โดยมีสมการที่เกี่ยวข้องอยู่ 3 สมการ ดังต่อไปนี้

อัตราการปล่อย CO ₂ :	$\frac{\text{ปริมาณ CO}_2 \text{ สูงสุด} - \text{ปริมาณ CO}_2 \text{ ต่ำสุด}}{\text{ระยะเวลาเก็บตัวอย่างกลางวัน (10 ชั่วโมง)}}$	สมการที่ 1
อัตราการหายใจของพืชในตอนกลางวันที่ไม่ได้รับแสง :	$\frac{\text{ปริมาณ CO}_2 \text{ ทั้งหมด}}{\text{ระยะเวลาเก็บตัวอย่างกลางวัน (10 ชั่วโมง)}}$	สมการที่ 2
อัตราการลด CO ₂ สุทธิจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช :	อัตราการหายใจของพืช - อัตราการปลดปล่อย CO ₂	สมการที่ 1 - 2
อัตราการลด CO ₂ สุทธิจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชต่อพื้นที่ใบต่อเวลา	$\frac{\text{การลด CO}_2 \text{ สุทธิ}}{\text{พื้นที่ใบ}}$	สมการที่ 3

และวิเคราะห์ Correlation Analysis (Pearson) ใช้ตรวจสอบความสัมพันธ์ตัวแปรอิสระ (ความชื้นและอุณหภูมิ) ต่อตัวแปรตาม (ค่าการลด CO₂ ของพืช)

4.7 กำหนดดัชนีที่ใช้ในการคัดเลือกพืชตามผลการทดลองในสภาวะตู้กระจกปิด ด้วยวิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (MCDA: Multi-Criteria Decision Analysis) ด้วยวิธีการจัดระดับ (Rating) [12]

- กำหนดดัชนีที่เหมาะสมส่งผลให้การตัดสินใจเลือกพืชไปใช้งานมีประสิทธิภาพ ดังนี้ 1.อัตราการลด CO₂ สุทธิจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชต่อพื้นที่ใบต่อเวลา 2.การเปลี่ยนแปลงของพืช และ 3.ระยะเวลาการใช้งาน

- กำหนดน้ำหนักคะแนนดัชนีหลักตามลำดับความสำคัญ ด้วยวิธีการประมาณสัดส่วน (Ratio Estimation Procedure) โดยดัชนีที่มีความสำคัญสูงสุดจะมีคะแนนเท่ากับ 100 และน้อยลงตามลำดับ โดยดัชนีที่มีความสำคัญน้อยที่สุดจะถูกนำมาใช้เป็น Anchor Point

$$\text{Ratio} = \frac{W_i}{W^*}$$

โดยที่ W_i คือ ค่าคะแนนของดัชนีที่ i

W^* คือ ค่าคะแนนของหลักเกณฑ์ที่มีความสำคัญน้อยที่สุด (Anchor Point)

- พิจารณาเรียงลำดับความสำคัญของดัชนีหลักตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ อัตราการลด CO₂ สุทธิจากการสังเคราะห์ด้วยแสง ระดับความสำคัญ 1 สัดส่วนความสำคัญ 100, การเปลี่ยนแปลงของพืช ระดับความสำคัญ 2 สัดส่วนความสำคัญ 60 และระยะเวลาการใช้งาน ระดับความสำคัญ 3 สัดส่วนความสำคัญ 40

- หลังจากนั้นปรับค่าน้ำหนักที่ได้ เพื่อให้ผลรวมของค่าน้ำหนักเท่ากับ 1 และสามารถนำค่าน้ำหนักดังกล่าวไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 น้ำหนักคะแนนของดัชนีหลัก (ด้วยวิธีการประมาณสัดส่วน)

ดัชนีหลัก	ระดับความสำคัญ (ผู้วิจัยกำหนด)	สัดส่วนความสำคัญ (ผู้วิจัยกำหนด)	ค่าคะแนนของดัชนีก่อน ปรับค่าน้ำหนัก	ค่าคะแนนของดัชนีหลัง ปรับค่าน้ำหนัก
1. อัตราการลด CO ₂ สุทธิจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชต่อพื้นที่ใบต่อเวลา (W_1)	1	100	2.5	0.5
2. การเปลี่ยนแปลงของพืช (W_2)	2	60	1.5	0.3
3. ระยะเวลาการใช้งาน (W)	3	40	1	0.2
รวมคะแนน			5	1

- กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน มีตั้งแต่ระดับ 1 ถึง 4 คะแนน โดยพิจารณาจากดัชนีหลัก 3 ด้าน ดังตารางที่ 2 รายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนดัชนีหลัก 3 ด้าน

คะแนน	อัตราการลด CO ₂ สุทธิของพืช	การเปลี่ยนแปลงของพืช	ระยะเวลาการใช้งาน
4 คะแนน	มีอัตราการลดสูงในลำดับที่ 1-2	-	มีระยะเวลาใช้งานมากกว่า 1 เดือน
3 คะแนน	มีอัตราการลดสูงในลำดับที่ 3-5	ไม่ต่างจากตอนที่ซื้อ มีใบเพิ่มขึ้น	มีระยะเวลาใช้งาน 3 - 4 สัปดาห์
2 คะแนน	มีอัตราการลดสูงในลำดับที่ 6-7	ไม่ต่างจากตอนที่ซื้อ ใบคงที่	มีระยะเวลาใช้งาน 1 - 2 สัปดาห์
1 คะแนน	มีอัตราการลดสูงในลำดับที่ 8-10	ต่างจากตอนที่ซื้อ ใบลดลง	มีระยะเวลาใช้งานน้อยกว่า 1 สัปดาห์

5. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

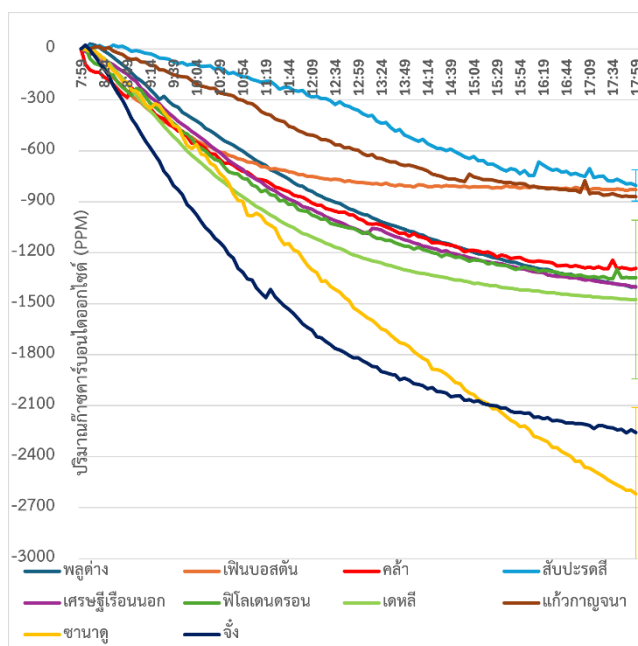
5.1 จากผลการคำนวณพื้นที่ใบเฉลี่ยของพืชตัวอย่างทั้ง 10 ชนิด พบว่า พืชที่มีพื้นที่ใบมากที่สุด 3 ลำดับแรก คือ เฟินบอสตัน มีพื้นที่ใบ 7,967.564 ตารางเซนติเมตร รองลงมาคือ จั๋ง มีพื้นที่ใบ 5,199.11 ตารางเซนติเมตร และพื้โลเดนดรอนพันธุ์ต่างประเทศ มีพื้นที่ใบ 3,802.88 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 พื้นที่ใบเฉลี่ยของพืชตัวอย่างทั้ง 10 ชนิด

ชนิด	1.พลูด่าง	2.เฟินบอสตัน	3.ต้นคล้ากุงเชียง	4.สับปะรดสี	5.เศรษฐีเรือนนอก
พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)	3,155.54	7,967.564	2,268.14	2,381.71	2,862.13
ชนิด	6.พื้โลเดนดรอน	7. เดหลีใบมัน	8.แก้วกาญจนา	9.ชานาคู	10.จั๋ง
พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)	3,802.88	1,996.94	2,427.18	1,345.99	5,199.11

5.2 จากผลการเก็บตัวอย่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ของพืช 10 ชนิด ภายใต้สภาวะตู้กระจกปิด พบว่า พืชที่มีความสามารถในการลดปริมาณ CO₂ ได้สูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ พื้โลเดนดรอน ชานาคู โดยสามารถลด CO₂ จากปริมาณตั้งต้นได้ 2,619 ส่วนในล้านส่วน (ppm) รองลงมาคือ จั๋ง ลดลงได้ 2,261 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และเดหลี ลดลงได้ 1,476 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การเปรียบเทียบดังกล่าวเป็นการพิจารณาในเชิงปริมาณรวม ซึ่งอาจได้รับอิทธิพลจากความแตกต่างของพื้นที่ใบในแต่ละชนิดพืช รายละเอียดดังรูปที่ 4

ชนิดพืช	ปริมาณ CO ₂ ที่ลดลง ใน 10 ชั่วโมง	ปริมาณ CO ₂ ที่ลดลงเฉลี่ย ใน 1 ชั่วโมง
	(ppm)	
1. พลูด่าง	-1,401	-140
2. เฟินบอสตัน	-832	-83
3. คล้า	-1,298	-130
4. สับปะรดสี	-803	-80
5. เศรษฐีเรือนนอก	-1,402	-140
6. พื้โลเดนดรอน	-1,353	-135
7. เดหลี	-1,476	-148
8. แก้วกาญจนา	-871	-87
9. ชานาคู	-2,619	-262
10. จั๋ง	-2,261	-226



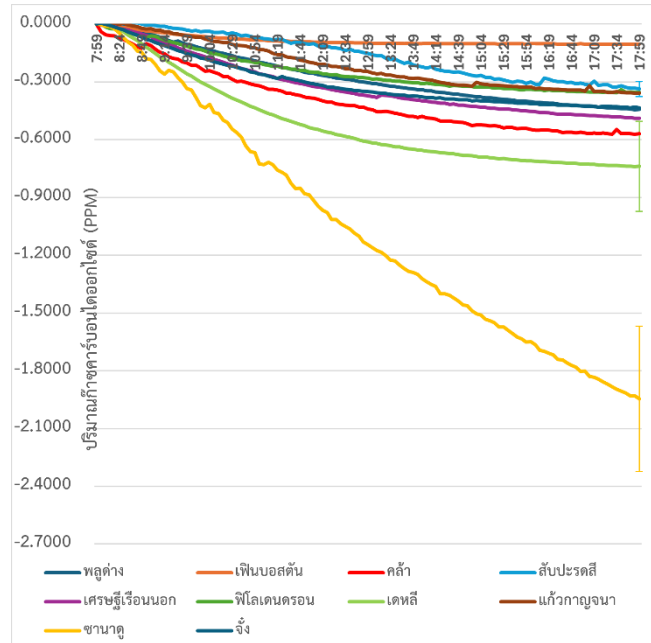
รูปที่ 4 ปริมาณ CO₂ เฉลี่ย ที่ลดลงจากพืชตัวอย่าง 10 ชนิด

หมายเหตุ : เครื่องหมาย + หมายถึงการเพิ่มของก๊าซ CO₂ และเครื่องหมาย - หมายถึงการลดลงของ CO₂

เมื่อพิจารณาปรับค่าการลดปริมาณ CO₂ โดยควบคุมตัวแปรด้านพื้นที่ใบ (Leaf Area) แล้ว พบว่า พืชที่มีความสามารถในการลดปริมาณ CO₂ ต่อหน่วยพื้นที่ใบ ได้สูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ พื้โลเดนดรอน ชานาคู โดยสามารถลด CO₂ จากค่าตั้งต้นได้ 1.946 ส่วนในล้านส่วนต่อตารางเซนติเมตรพื้นที่ใบ (ppm/cm² leaf area) รองลงมาคือ เดหลี ลดลงได้ 0.7391 ส่วนในล้านส่วน

ต่อตารางเซนติเมตรพื้นที่ใบ (ppm/cm² leaf area) และคล้า ลดลงได้ 0.5723 ส่วนในล้านส่วนต่อตารางเซนติเมตรพื้นที่ใบ (ppm/cm² leaf area) ตามลำดับ รายละเอียดดังรูปที่ 5

ชนิดพืช	ปริมาณ CO ₂ ที่ลดลง ใน 10 ชั่วโมง	ปริมาณ CO ₂ ที่ลดลงเฉลี่ย ใน 1 ชั่วโมง
	ต่อพื้นที่ใบ (ppm/cm ² leaf area)	
1. พลูต้าง	-0.4440	-4.44 × 10 ⁻²
2. เฟินบอสตัน	-0.1044	-1.04 × 10 ⁻²
3. คล้า	-0.5723	-5.72 × 10 ⁻²
4. สับประดสี	-0.3372	-3.37 × 10 ⁻²
5. เศรษฐีเรือนนอก	-0.4900	-4.90 × 10 ⁻²
6. ฟิโลเดนดรอน	-0.3559	-3.56 × 10 ⁻²
7. เดหลี	-0.7391	-7.39 × 10 ⁻²
8. แก้วกาญจนา	-0.3589	-3.59 × 10 ⁻²
9. ชานาคู	-1.9460	-0.19
10. จิ้ง	-0.4348	-4.35 × 10 ⁻²

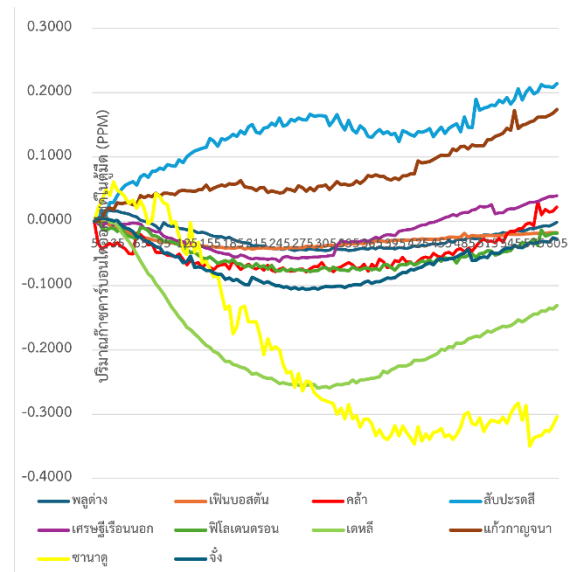


รูปที่ 5 ปริมาณ CO₂ เฉลี่ย ที่ลดลงต่อพื้นที่ใบ

หมายเหตุ : เครื่องหมาย + หมายถึงการเพิ่มของก๊าซ CO₂ และเครื่องหมาย - หมายถึงการลดลงของ CO₂

ทั้งนี้ ค่าปริมาณ CO₂ ที่ตรวจวัดได้ในสภาวะมีแสง เป็นผลรวมของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และกระบวนการหายใจของพืช ดังนั้น ผู้วิจัยจึงดำเนินการทดลองเพิ่มเติมภายใต้สภาวะตู้มืด เพื่อนำค่า CO₂ ที่ได้จากการหายใจของพืชมาหักออกจากปริมาณ CO₂ ที่ลดลง โดยผลการศึกษา พบว่า ฟิโลเดนดรอน ชานาคู มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดที่ 0.3044 ส่วนในล้านส่วนต่อตารางเซนติเมตรพื้นที่ใบ (ppm/cm² leaf area) รองลงมาคือ เดหลี เท่ากับ 0.1365 ส่วนในล้านส่วนต่อตารางเซนติเมตรพื้นที่ใบ โดยความสามารถในการลด CO₂ สุทธิ จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของเดหลีอยู่ในลำดับ 2 จากทั้ง 10 ชนิด สอดคล้องกับงานวิจัยของนวกา เฉยเจริญ และวรรณวิทย์ แต้มทอง (พ.ศ. 2563) ที่ต้นเดหลีมีความสามารถในการลด CO₂ สูงสุดเมื่อเทียบกับพืชอีก 6 ชนิด [13] รายละเอียดดังรูปที่ 6

ชนิดพืช	อัตราการลด CO ₂ สุทธิ		
	จากการสังเคราะห์ด้วยแสงใน 10 ชั่วโมง		
	ต่อพื้นที่ใบ (ppm/cm ² leaf area)		
	CO ₂ ในตู้มืด	CO ₂ ที่ความเข้มแสง 4,500 lux	CO ₂ สุทธิ
1. พลูต้าง	0.4392	-0.4440	-0.0048
2. เฟินบอสตัน	0.0867	-0.1044	-0.0177
3. คล้า	0.5880	-0.5723	+0.0157
4. สับปะรดสี	0.5510	-0.3372	+0.2139
5. เศรษฐีเรือนนอก	0.5298	-0.4900	+0.0398
6. พิไลเดนดรอน	0.3183	-0.3559	-0.0376
7. เดหลี	0.6026	-0.7391	-0.1365
8. แก้วกาญจนา	0.5268	-0.3589	+0.5268
9. ชานาดู	1.6417	-1.9460	-0.3044
10. จิ้ง	0.4023	-0.4348	-0.0325



รูปที่ 6 อัตราการลด CO₂ สุทธิจากการสังเคราะห์ด้วยแสง

หมายเหตุ : เครื่องหมาย + หมายถึงการเพิ่มของก๊าซ CO₂ และเครื่องหมาย - หมายถึงการลดลงของ CO₂

5.3 จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation)

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสถิติด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) ในพืชที่มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุด 3 อันดับแรก พบว่า พิไลเดนดรอน ชานาดู มีความสัมพันธ์เชิงลบสูงมากกับอุณหภูมิ และมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความชื้น บ่งชี้ว่าพืชชนิดนี้มีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่ไวมาก โดยเฉพาะเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการลด CO₂ เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เดหลีใบมัน และจิ้ง มีความสัมพันธ์กับปัจจัยอุณหภูมิและความชื้นในระดับปานกลาง ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของการสังเคราะห์แสงได้ดีในสภาวะที่สภาพอากาศมีความผันแปร ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบฉับพลันเหมือนพิไลเดนดรอน ชานาดู รายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่า Pearson Correlation ระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อมกับอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุด 3 ชนิด

ชนิดพืช	ความชื้น ต่อ อุณหภูมิ	ความชื้น ต่อ อัตราการลด CO ₂	อุณหภูมิ ต่อ อัตราการลด CO ₂ สุทธิ
เดหลี	+0.28	+0.35	-0.64
ชานาดู	-0.97	+0.87	-0.89
จิ้ง	+0.67	-0.67	-0.58

หมายเหตุ : ค่า Pearson Correlation มีค่าระหว่าง 0 ถึง ±1 ค่าใกล้ 0 หมายถึงมีความสัมพันธ์กันน้อย ค่าใกล้ 1 มีความสัมพันธ์กันมาก ส่วนเครื่องหมาย (+) คือแปรผันตาม และ (-) คือแปรผันตรงข้าม

5.4 การคัดเลือกพืชที่มีความเหมาะสมที่สุดเพื่อการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร

จากการคัดเลือกพืชที่มีความเหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (MCDA) โดยพิจารณาจาก 3 ดัชนีหลัก ได้แก่ 1) อัตราการลด CO₂ สุทธิของพืช 2) การเปลี่ยนแปลงของพืช และ 3) ระยะเวลาการใช้งานของพืช พบว่า

ฟีโลเดนดรอน ชานาดู มีคะแนนรวมมากที่สุด ด้วยมีอัตราการลด CO₂ สุทธิมากเป็นลำดับที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงของพืชคงที่มีการแตกใบใหม่ 1-2 ใบ ตลอดระยะเวลาทดลอง และมีระยะเวลาการใช้งานนานกว่า 1 เดือน รองลงมาคือ เดหลี มีคะแนนรวมเท่ากับฟีโลเดนดรอน ชานาดู และจิ้ง มีคะแนนรวมเป็นลำดับที่ 3 ทั้งนี้วิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (MCDA) ในงานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดอยู่ที่การกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญซึ่งอ้างอิงตามวัตถุประสงค์เฉพาะของผู้วิจัยเป็นหลัก และผลการทดลองยังจำกัดอยู่ภายใต้สภาวะควบคุมในตู้กระจกปิด ซึ่งอาจให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างไปจากสภาพแวดล้อมจริง รายละเอียดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 พืชที่มีความเหมาะสมที่สุดเพื่อการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร

ชนิดพืช	ดัชนีที่ใช้ในการคัดเลือกพืช						คะแนนรวม	ลำดับ
	อัตราการลด CO ₂ สุทธิของพืช (ค่าตัวคูณ 0.5)		การเปลี่ยนแปลงของพืช (ค่าตัวคูณ 0.3)		ระยะเวลาการใช้งาน (ค่าตัวคูณ 0.2)			
พลูด่าง	2 × 0.5	1	3 × 0.3	0.9	4 × 0.2	0.8	2.7	4
เฟินบอสตัน	3 × 0.5	1.5	3 × 0.3	0.9	4 × 0.2	0.8	3.2	2
คล้า	2 × 0.5	1	2 × 0.3	0.6	4 × 0.2	0.8	2.4	5
สับปะรดสี	1 × 0.5	0.5	2 × 0.3	0.6	4 × 0.2	0.8	1.9	6
เศรษฐีเรือนนอก	1 × 0.5	0.5	2 × 0.3	0.6	4 × 0.2	0.8	1.9	6
ฟีโลเดนดรอน	3 × 0.5	1.5	3 × 0.3	0.9	4 × 0.2	0.8	3.2	2
เดหลี	4 × 0.5	2	2 × 0.3	0.6	4 × 0.2	0.8	3.4	1
แก้วกาญจนา	1 × 0.5	0.5	1 × 0.3	0.3	4 × 0.2	0.8	1.6	7
ชานาดู	4 × 0.5	2	2 × 0.3	0.6	4 × 0.2	0.8	3.4	1
จิ้ง	3 × 0.5	1.5	2 × 0.3	0.6	4 × 0.2	0.8	2.9	3

6. สรุปผลการศึกษา

จากการพัฒนาดัชนีในการคัดเลือกพืช ด้วยวิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (MCDA) ซึ่งคัดเลือกพืชชนิดที่มีความเหมาะสมสูงสุด จากดัชนีอัตราการลด CO₂ สุทธิของพืช, การเปลี่ยนแปลงของพืช และระยะเวลาการใช้งาน โดยมีค่าตัวคูณคะแนนลดลง ได้ระดับจากความสำคัญมากไปน้อย โดยผลการรวมคะแนน พบว่า ฟีโลเดนดรอน ชานาดู และเดหลีใบมัน มีคะแนนรวมมากที่สุด เนื่องจากมีอัตราการลด CO₂ สุทธิของพืชสูงที่สุดจากพืชตัวอย่าง 8 ชนิด โดยเฉพาะ ฟีโลเดนดรอน ชานาดู มีอัตราการลดถึง 0.3044 ส่วนในล้านส่วนต่อตารางเซนติเมตรพื้นที่ใบ (ppm/cm² leaf area) และมีค่า Pearson Correlation ต่อปัจจัยอุณหภูมิที่ชัดเจน บ่งชี้ถึงความไวต่อสภาพแวดล้อมและศักยภาพในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้อย่างเหมาะสม ประกอบกับความสามารถในการเจริญเติบโตที่สม่ำเสมอ โดยมีการแตกใบใหม่เฉลี่ย 1 - 2 ใบต่อเดือน และคงสภาพได้ดีในสภาวะแสงน้อย จึงสะท้อนถึงความเหมาะสมเชิงประสิทธิภาพและการใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2022). Retrieved from ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2022: Ventilation and acceptable indoor air quality: <https://www.ashrae.org/>
- [2] CO2Meter. (2024). Retrieved from High CO₂ Levels Indoors Will Surprise You: <https://www.co2meter.com/en-th/blogs/news/high-carbon-dioxide-co2-levels-indoors>
- [3] กัญญา ม่วงแก้ว. (2559, มกราคม). คุณภาพอากาศภายในอาคารสำนักงาน. เข้าถึงได้จาก http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_knowledge/phy_5_2559_indoor_air_quality.pdf.
- [4] Hall, C. R., & Knuth, M. (2022). An Update of the Literature Supporting the Well-Being Benefits of Plants: A Review of the Emotional and Mental Health Benefits of Plants. *Journal of Environmental Horticulture*, 37(1), 30-38.
- [5] Jiang, S., Deng, L., Luo, H., Li, X., Guo, B., Jiang, M., . . . Huang, Z. (2021). Effect of Fragrant Primula Flowers on Physiology and Psychology in Female College Students: An Empirical Study. *Sec. Environmental Psychology*, (12).
- [6] Weerasinghe, N. H., Silva, P. K., Jayasinghe, R. R., Abeyrathna, W. P., John, G. K., & Halwatura, R. U. (14). Reducing CO₂ level in the indoor urban built environment: Analysing indoor plants under different light levels. *Cleaner Engineering and Technology*, 100645.
- [7] Ding, N., Liu, F., Ding, X., & Yan, L. (12). Effect of Lighting Environment on the CO₂ Concentration Reduction Efficiency of Plants by a Model Experiment. *Buildings*, 1848.
- [8] Sevik, H., Cetin, M., Guney, K., & Belkayal, N. (26(4)). The Influence of House Plants on Indoor CO₂. *Pol. J. Environ. Stud*, 1643-1651.
- [9] ข้อมูลพันธุ์ไม้ ระบุพื้นฐานข้อมูลเกษตรดิจิทัล. (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก หมวดหมู่: FAMILY ARECACEAE: <https://data.addrun.org/plant/family/family-arecaceae>
- [10] บ้านและสวน. (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก สูตรผสมดินสำหรับปลูกไม้กระถางชั้นพื้นฐาน: https://www.baan laesuan.com/124963/plant-scoop/pot_garden/
- [11] ชญา ซีนอารมณ. (2559, พฤษภาคม). ComDigest. Retrieved from ImageJ 4: เริ่มต้นใช้โปรแกรม ImageJ: <https://comdigest.blogspot.com/2016/05/imagej-4-imagej.html>
- [12] ธวัชระพงษ์ วงศ์กุล. (2562). การกำหนดค่าน้ำหนักหลักเกณฑ์เพื่อการตัดสินใจ. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์*, 1(2), 63-71.
- [13] นวภา เฉยเจริญ และวรรณวิทย์ แต้มทอง. (พ.ศ. 2563). การใช้ไม้ประดับในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร Indoor Air Quality Improvement by Ornamental Plants. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25. จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย.*