พืชในร่มกับการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องทำงานขนาดเล็ก

CARBON DIOXIDE ABSORPTION OF INDOOR PLANT IN

A SMALL WORKING ROOM

ญาณิศา มะโนทัย

YANISA MANOTHAI

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

คณะสถาปัตยกรรม ศิลปะและการออกแบบ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2568

KMITL-2025-AR-M-002-037

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CARBON DIOXIDE ABSORPTION OF INDOOR PLANT IN A SMALL WORKING ROOM

YANISA MANOTHAI

AN INDIPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ARCHITECTURE PROGRAM IN TROPICAL ARCHITECTURE

SCHOOL OF ARCHITECTURE, ART, AND DESIGN

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2025

KMITL-2025-AR-M-002-037

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2025

SCHOOL OF ARCHITECTURE, ART, AND DESIGN

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	พืชในร่มกับการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องทำงานขนาดเล็ก
นักศึกษา	ญาณิศา มะโนทัย
รหัสประจำตัว	67026022
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2568
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.มนสินี อรรถวานิช

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผู้คนใช้เวลาอยู่ภายในอาคารเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในเขตเมือง ซึ่งก่อให้เกิดความเสี่ยงจากมลภาวะภายในอาคาร (Indoor Air Pollution) โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นหนึ่งในตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและประสิทธิภาพในการทำงาน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของต้นเดหลี (Spathiphyllum wallisii) ในการดูดซับก๊าซ CO_2 ภายในห้องทำงานขนาดเล็ก โดยจำลองพื้นที่ห้องขนาด 24 ตารางเมตร (ปริมาตร 60 ลูกบาศก์เมตร) ภายใต้สองสภาวะ ได้แก่ “ห้องปกติ” และ “ห้องปิดสนิท” และเปรียบเทียบอัตราการลด CO_2 จากจำนวนต้นไม้ 3 ระดับ คือ 15 ต้น, 30 ต้น และ 45 ต้น

การทดลองใช้เครื่องวัด CO_2 บันทึกค่าตลอด 24 ชั่วโมง และวิเคราะห์ข้อมูลเป็นรายชั่วโมง พบว่าต้นเดหลีสามารถลดระดับ CO_2 ได้อย่างมีนัยสำคัญในช่วงเวลา 08.00–12.00 น. โดยเฉพาะในห้องปิดสนิทที่มีแนวโน้มการลดลงคงที่มากกว่าห้องปกติ อัตราการดูดซับ CO_2 เฉลี่ยต่อหนึ่งต้นอยู่ที่ 0.65 ppm/ชม. นอกจากนี้ยังพบว่าแม้การเพิ่มจำนวนต้นไม้จะช่วยลด CO_2 ได้มากขึ้น แต่ไม่เป็นไปแบบสัดส่วนโดยตรง ซึ่งสะท้อนข้อจำกัดของพื้นที่และแสงในการดูดซับ

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า พืชในร่มสามารถเป็นทางเลือกในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารได้ และมีศักยภาพในการนำไปใช้จริงในงานออกแบบสถาปัตยกรรมและพื้นที่ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Indipendent Study	Carbon Dioxide Absorption of Indoor Plant in a Small Working Room
Student	Miss Yanisa Manothai
Student ID	67026022
Degree	Master of Architecture
Program	Tropical Architecture
Year	2025
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Monsinee Attawanit

ABSTRACT

In recent years, people have spent an increasing amount of time indoors, particularly in urban settings, which has raised concerns about indoor air pollution—especially elevated levels of carbon dioxide (CO_2). This study aims to examine the effectiveness of Spathiphyllum wallisii (peace lily) in reducing indoor CO_2 concentrations within a small office environment. A simulated room of 24 square meters (60 m^3) was used under two conditions: “normal ventilation” and “sealed environment.” The experiment compared CO_2 reduction rates across three plant density levels: 15, 30, and 45 plants.

CO_2 levels were recorded hourly over 24-hour periods using digital sensors. Results showed that peace lilies significantly reduced CO_2 levels, particularly between 8:00 a.m. and 12:00 p.m., with greater reductions observed in the sealed condition. The average CO_2 absorption rate per plant was approximately 0.65 ppm per hour. However,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

increasing the number of plants did not result in a proportionate increase in CO_2 reduction, suggesting spatial and environmental limitations such as light and air circulation.

The findings demonstrate that indoor plants offer a solution for improving indoor air quality and can be practically implemented in architectural and interior design strategies to promote occupant well-being.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบคุณอย่างยิ่งต่อ อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.มนสินี อรรถวานิช ที่ได้ให้คำแนะนำ อธิบายแนวทางการวิจัย และช่วยชี้แนะแนวคิดต่าง ๆ อย่างรอบด้าน จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณ อาจารย์ประจำคณะ / คณะกรรมการสอบ ที่ให้ความอนุเคราะห์ทรัพยากร และสถานที่ที่จำเป็นในการดำเนินการวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ ครอบครัว เพื่อน และผู้ให้ความร่วมมือในการทดลองทุกท่าน ที่สนับสนุนกำลังใจอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาของการศึกษา

ญาณิศา มะโนทัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

ABSTRACT III

กิตติกรรมประกาศ IV

สารบัญ V

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ของงานวิจัย 4

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม 5

2.1 พืชในร่ม (Indoor Plants) 5

2.2 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide, CO_2) 13

2.3 พื้นที่ห้องทำงาน 16

2.3 ทบทวนงานวิจัยและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง 19

2.4 สรุปกรอบแนวความคิด 29

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 30

3.2 การออกแบบการทดลอง 31

3.3 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย 37

3.4 เครื่องมือการเก็บข้อมูล 43

บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูล 45

4.1 ผลการทดลอง 45

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล 55

4.3 การอภิปรายผลการศึกษา 59

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 61

บรรณานุกรม 65

ภาคผนวก ก 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงชนิดของพืชในร่ม 7

2.2 ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับพืชในร่มตามแต่ละชนิด 9

2.3 ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศแบ่งตามสภาพแวดล้อม 14

2.4 แสดงรูปแบบของพื้นที่ห้องทำงานเปรียบเทียบกับขนาดและจำนวนผู้ใช้งาน 17

2.5 แสดงพื้นที่ใบของพืชจากงานวิจัย (นวภา et al.,2020) 24

2.6 ผลการทดลองการดูดซับก๊าซ CO2 ด้วยต้นไม้ทั้ง 6 ชนิดจากงานวิจัย (นวภา et al.,2020) 24

2.7 ตารางสรุปประเด็นจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 25

3.1 แสดงผลการสรุปพื้นที่ห้องทดลองจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 27

3.2 สรุปชนิดของพืชในร่มเทียบกับอัตราส่วนการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ 28

3.3 อัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นเดหลีจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 35

3.4 แสดงขั้นตอนการทดลอง 42

3.5 แสดงตารางการเก็บข้อมูลการทดลอง 43

4.1 แสดงค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับแบบห้องปกติ 49

4.2 แสดงค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับแบบห้องปิดสนิท 53

4.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับระหว่างห้องปกติ และห้องปิดสนิท 55

5.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรวม 60

5.2 สรุปค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับแบบห้องปกติ และห้องปิดสนิท 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ลักษณะใบของพืชในร่ม 6
2.2 การวางไม้ประดับ 8
2.3 แสดงระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศที่มีผลต่อมนุษย์ 15
2.4 แสดงกรอบแนวความคิด 29
3.1 แสดงเครื่องวัดคุณภาพอากาศ 30
3.2 แสดงสถานที่ตั้งห้องทดลอง 31
3.3 แสดงลักษณะห้องทดลอง 32
3.4 แสดงตำแหน่งห้องทดลอง 32
3.5 แสดงแผนผังห้องทดลอง 33
3.6 ลักษณะดอกของต้นเดหลี 34
3.7 ลักษณะของต้นเดหลี 34
3.8 แสดงการวัดพื้นที่ใบ 35
3.9 แสดงต้นเดหลีก่อนนำเข้าห้องทดลอง 37
3.10 แสดงตำแหน่งวางเครื่องวัด 3 จุด 38
3.11 แสดงภาพเครื่องวัดทั้ง 3 เครื่อง 39
3.12 แสดงผังการวางพืช (2) 40
3.13 แสดงผังการวางพืช (1) 39
3.14 แสดงแผนผังการวางพืช (3) 40
3.15 ลักษณะห้องแบบปกติ 41
3.16 ลักษณะห้องแบบปิดสนิท 41
3.17 แสดงกราฟระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 44
4.1 กราฟผลการทดลองแบบห้องปกติ จำนวนพืช 15 ต้น 46
4.2 กราฟผลการทดลองแบบห้องปกติ จำนวนพืช 30 ต้น 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.3 กราฟผลการทดลองแบบห้องปกติ จำนวนพืช 45 ต้น 48
4.4 แสดงช่วงเวลาที่พืชดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด แบบห้องปกติ 49
4.5 กราฟผลการทดลองแบบห้องปิดสนิท จำนวนพืช 15 ต้น 50
4.6 กราฟผลการทดลองแบบห้องปิดสนิท จำนวนพืช 30 ต้น 51
4.7 กราฟผลการทดลองแบบห้องปิดสนิท จำนวนพืช 45 ต้น 52
4.8 แสดงช่วงเวลาที่พืชดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด แบบห้องปิดสนิท 54
4.9 กราฟแสดงผลค่าเฉลี่ยการดูดซับของต้นเดหลีในห้องปกติ 56
4.10 กราฟแสดงผลค่าเฉลี่ยการดูดซับของต้นเดหลีในห้องปิดสนิท 56
5.1 เปรียบเทียบอิทธิพลของปัจจัยภายนอกของห้องปิดสนิท จำนวนพืช 45 ต้น 58
5.2 เปรียบเทียบอิทธิพลของปัจจัยภายนอกของห้องปกติ จำนวนพืช 45 ต้น 59
5.3 เปรียบเทียบช่วงเวลาที่พืชดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย

นับตั้งแต่การปฏิวัติอุตสาหกรรมจนถึงสังคมยุคใหม่ในปัจจุบัน มีแนวโน้มว่าผู้คนใช้เวลาในอาคารเพิ่มมากขึ้น โดยนับเป็นร้อยละ 80 ของทั้งวัน (Jenkins, P. L. et al., 1992; American Lung Association, 2001; Husti et al., 2016) เพิ่มเติมด้วยข้อมูลการสำรวจการใช้เวลาเฉลี่ยของประชากรในประเทศไทย จัดทำโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ (2017) พบว่าใช้เวลาเฉลี่ย 20.27 ชั่วโมงในอาคารในแต่ละวันหรือคิดเป็นร้อยละ 84 ต่อเวลา 1 วัน ไม่ว่าจะเป็นการทำงานจากที่บ้าน (Work From Home) หรือการทำงานในออฟฟิศเฉลี่ยเกิน 8 ชั่วโมงต่อวัน ยิ่งทำให้พบว่าผู้คนขาดการมีปฏิสัมพันธ์กับธรรมชาติมากขึ้น ประกอบกับสถานการณ์การปนเปื้อนของอากาศภายในที่อยู่อาศัย ตามรายงานขององค์การอนามัยโลก (2010) การปนเปื้อนของอากาศมีดังนี้ อนุภาค (เช่น ฝุ่นและควัน) สารชีวภาพ (เชื้อราและสปอร์) ก๊าซเรดอน แร่ใยหิน และสารปนเปื้อนในรูปก๊าซ (เช่น CO, CO2, NOx, SOx, อัลดีไฮด์ และ VOCs (สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย)) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายต่างๆที่พบในอากาศภายในอาคารถูกกำหนดให้เป็นมลพิษทางอากาศ สารปนเปื้อนเหล่านี้สามารถพบได้ง่าย โดยที่ผู้อยู่อาศัยอาจไม่รู้ตัว เช่น กาว น้ำยาทำความสะอาด เครื่องถ่ายเอกสาร ยาฆ่าแมลง ควันบุหรี่ในบ้าน รวมถึงควันจากการปรุงอาหาร สารประกอบบางชนิดทำให้เกิดโรคเรื้อรัง หรือเป็นสารก่อมะเร็ง (Jones, 1999; Kostiainen, 1995; Xu et al., 2013) บางชนิดสามารถสะสมอยู่ในระบบทางเดินหายใจและส่งผลเสียต่อสุขภาพในระยะยาวได้ เช่น ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออาศัยอยู่ในพื้นที่ปิดที่มีการระบายอากาศไม่ดี ซึ่งจะเห็นได้ชัดเมื่อมีคนจำนวนมากอยู่ในสถานที่จำกัด เช่น ในห้องเรียนเป็นเวลานาน (NASA ,1989) หรือพื้นที่ห้องทำงานร่วมกัน ห้องประชุมที่เป็นห้องขนาดเล็ก (พื้นที่โดยเฉลี่ยประมาณ 9.3–14 ตารางเมตร) แต่ต้องบรรจุคนเข้าไปจำนวนมาก (Gitnux-Office Size Statistics, 2024) เป็นต้น ซึ่งตัวมนุษย์เองก็ได้รับการพิจารณาให้เป็นอีกแหล่งหนึ่งของมลพิษทางอากาศภายในอาคาร และเป็นก๊าซที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ที่สำคัญและมีผลกระทบมากที่สุด คือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) (Smith et al., 2003; Stangeland, 2007) ซึ่งหากอยู่ในที่ที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงเป็นเวลานานจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเขตเมืองมีแนวโน้มว่าจะสูงกว่า 426 ppm (หน่วยส่วนในล้านส่วน; part per million) เนื่องมาจากประชากรหนาแน่นและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิจกรรมของมนุษย์ (Janagkakan, Chavalparit, & Kanchanapiya, 2012) จากสาเหตุเหล่านี้ส่งผลให้มีการรายงานผู้อยู่อาศัยต้องประสบปัญหาจากโรคที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมภายในอาคาร คือ กลุ่มอาการป่วยจากอาคาร (sick building syndrome หรือ SBS) (Kang et al., 2008; Selter, 1994; Smedje and Norback, 2001; Smedje et al., 1997) ดังนั้นสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในและคุณภาพอากาศภายในพื้นที่อยู่อาศัยจึงมีความสำคัญอย่างมาก ที่ควรถูกออกแบบและจัดการให้เหมาะสมกับคุณภาพชีวิต

โดยปัจจัยในการกำหนดระดับความเป็นอยู่ที่ดีของมนุษย์ในที่อยู่อาศัย อ้างอิงตามหลักขององค์การอนามัยโลก (2021) ว่าด้วยเรื่องของคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality: IAQ) โดยให้ความสำคัญในเรื่องอนุภาคขนาดเล็ก ก๊าซเรดอน สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) และสารปนเปื้อนทางชีวภาพ โดยมีองค์กรระหว่างประเทศเพื่อการมาตรฐาน (ISO) ได้กำหนดแนวทางและมาตรฐานต่างๆ เช่น ISO-16814:2008 และ ISO 16000-40:2019/Amd 1:2024 ที่ช่วยให้การออกแบบอาคารให้ความสำคัญกับคุณภาพอากาศเป็นอันดับแรก ในปัจจุบันประเทศไทยก็มีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในที่อยู่อาศัย (กรมอนามัย, 2022) แบ่งออกเป็น 2 ปัจจัยคือ ภาวะความน่าสบาย (Thermal comfort) กล่าวถึงอุณหภูมิ (Temperature), ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity), การเคลื่อนที่ของอากาศ (Air movement) และอีกปัจจัยคือสารปนเปื้อนในอากาศ (Air contaminants) กล่าวถึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ , สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย, อนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก, เชื้อแบคทีเรียเชื้อรา

จากมาตรฐานเหล่านี้ทำให้พบว่าคุณภาพอากาศที่ดีขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยร่วมกัน จึงสามารถใช้วิธีการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารรวมกันเพื่อประสิทธิภาพที่ดีขึ้นได้ ไม่ว่าจะเป็นการใช้พัดลมดูดอากาศ การใช้เครื่องกรองอากาศ การออกแบบส่วนระบายอากาศที่ดีร่วมด้วย อย่างไรก็ตามวิธีการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร (IAQ) ที่แนะนำไว้ในปัจจุบัน (US EPA, 2011) เป็นการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้พลังงานมากเกินไป อีกทั้งยังใช้ต้นทุนสูงและไม่ยั่งยืน (Godish et al., 1989) และข้อมูลจากการเปรียบเทียบวิธีการฟอกอากาศภายในอาคารที่มีอยู่ในปัจจุบัน (Guieysse et al., 2008) กล่าวว่ามีเพียงอุปกรณ์ทางชีวภาพ (พืชหรือจุลินทรีย์) เท่านั้นที่สามารถกำจัดสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ได้อย่างยั่งยืน เป็นสาเหตุให้พืช และวิธีการแบบพาสซีพ (Passive Method) ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในการเพิ่มคุณภาพ-ลดมลพิษทางอากาศและก๊าซเรือนกระจก (Nowak et al., 2006; Jim and Chen, 2007; Yang et al., 2008) โดยไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ โดยพืชที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติที่ปล่อยออกซิเจนความเข้มข้นที่สูงกว่าในตอนกลางคืนเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่นๆ เพื่อเพิ่มบทบาทของพืชมากขึ้นในชีวิตประจำวันของมนุษย์ สามารถคงอยู่ได้ภายใต้สภาพแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อย และมีระดับการดูแลรักษาที่ต่ำ จึงเลือกใช้ “พืชในร่ม (Indoor Plant)” ที่มีงานวิจัยที่ยืนยันว่าพืชสามารถกำจัด CO2 ได้ด้วยการสังเคราะห์แสง ย่อยสลาย VOCs ผ่านกระบวนการเผาผลาญของจุลินทรีย์ในไรโซสเฟียร์ และสามารถกักเก็บอนุภาคได้ด้วยกลไกทางกายภาพ (P. J. Irga., T. J. Pettit., F. R. Torpy.; 2018)

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่เกี่ยวกับการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชในร่ม มักดำเนินการในสภาวะที่ควบคุมได้ เช่น ภายในกล่องปิด (chamber) หรือห้องทดลองที่มีการควบคุมแสง อุณหภูมิ และความชื้นอย่างชัดเจน ซึ่งแม้จะให้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่แม่นยำ แต่กลับไม่สามารถสะท้อนผลกระทบหรือประสิทธิภาพจริงที่เกิดขึ้นในพื้นที่ใช้งานในชีวิตประจำวันได้อย่างสมบูรณ์ โดยเฉพาะในบริบทของ “ห้องทำงานขนาดเล็ก” ที่มีข้อจำกัดทั้งด้านพื้นที่ ระยะเวลาการใช้งาน และพฤติกรรมของผู้ใช้งานที่หลากหลาย

ดังนั้น การทดลองในสภาพแวดล้อมจริงที่ไม่มีการควบคุมปัจจัยภายนอกทั้งหมด จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการตรวจสอบว่า พืชในร่มยังสามารถคงประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีเพียงใดภายใต้สภาวะที่เปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เช่น การมีผู้ใช้งานในห้อง ความหลากหลายของแสง หรือการเปิด–ปิดหน้าต่าง ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ที่จำเป็นต่อการนำไปใช้จริงในงานออกแบบอาคารเพื่อสุขภาวะในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อประเมินประสิทธิภาพของพืชในร่มต่อการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในห้องทำงานขนาดเล็ก ผ่านการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองเชิงปฏิบัติการ ดำเนินงานในห้องทำงานขนาด 24 ตารางเมตร (4×6 เมตร) จำนวน 2 ห้อง เพื่อจำลองสภาพแวดล้อมในรูปแบบห้องปกติ (มีการถ่ายเทอากาศ) และห้องปิดสนิท (ไม่มีการถ่ายเทอากาศ) โดยมุ่งเน้นศึกษาประสิทธิภาพของต้นเดหลี (Spathiphyllum wallisii) ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในพื้นที่ห้องทำงาน โดยพิจารณาจากจำนวนต้นไม้ที่แตกต่างกัน (15, 30 และ 45 ต้น) เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการลดลงของ CO_2 ภายใต้สภาวะแวดล้อมจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ของงานวิจัย

1. ให้ข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับ ประสิทธิภาพของพืชในร่ม ในการดูดซับ CO_2 ในสภาพแวดล้อมงานจริง

2. ช่วยสนับสนุนการนำพืชมาใช้เป็น วิธีการที่ยั่งยืนและต้นทุนต่ำ ในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร

3. เป็นแนวทางสำหรับ การออกแบบพื้นที่ทำงาน/ที่อยู่อาศัย ที่เป็นมิตรต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

4. ช่วยเติมเต็มช่องว่างของงานวิจัยเดิมที่ทดลองในห้องควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชในร่ม ในพื้นที่ห้องทำงานขนาดเล็ก และมีการควบคุมสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ทั้งพื้นที่ที่ไม่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมพื้นที่ที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม และพื้นที่ที่มีคนอาศัยอยู่ โดยมีสาระสำคัญดังนี้

2.1) พืชในร่ม (Indoor Plants)

2.2) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.3) พื้นที่ห้องทำงาน

2.4) ทบทวนงานวิจัยและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

2.1 พืชในร่ม (Indoor Plants)

2.1.1 นิยามของพืชในร่ม

นิยามของไม้ในร่มคือ ไม้ที่สามารถปรับตัวเข้ากับปริมาณความเข้มแสงต่ำภายในอาคารได้ดี (วิจิตร และคณะ, 1994) มักจะถูกปลูกภายในอาคาร และมีความทนทานในการวางได้นานภายในอาคารหลายสัปดาห์ เพราะมีระดับการดูแลรักษาที่ต่ำ (ศุภชาติ และคณะ, 2553; Di Benedetto and Cogliatti, 1990) ทั้งนี้การทำให้วางภายในอาคารได้นาน ต้องคำนึงถึงการประเมินและตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในอาคาร เช่น ความเข้มแสง คุณภาพแสง ช่วงเวลาการได้รับแสง อุณหภูมิสูงและต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์ คุณภาพน้ำ รูปแบบเส้นทางการสัญจรทางเท้าภายในอาคาร และระบบระบายอากาศตลอดทั้งปี (Conover & McConnell, 1981)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ลักษณะของพืชในร่ม

พืชในร่มที่สามารถปลูกภายในอาคารและเกิดประสิทธิภาพที่ดี ควรเลือกพืชที่มีลักษณะดังนี้

1. ใบสีเข้ม

ใบมีสีเขียวเข้ม หรือสีเขียว สีเงิน สีขาว สีม่วง สีแดง และสีเหลือง เช่น พืชในวงศ์เดหลี (Spathiphyllum) และพืชในวงศ์สับปะรด (bromeliads) ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับแสงในสภาพแสงน้อย (Wolverton, McDonald, & Watkins, 1989)

2. ใบหนา อวบน้ำ หรือมีผิวมัน

รวมถึงผิวสัมผัสที่มีความละเอียด (Conover & McConnell, 1981) โครงสร้างใบแบบนี้ช่วยลดการสูญเสียน้ำในอากาศแห้งภายในอาคาร เช่น ลิ้นมังกร (Sansevieria trifasciata) หรือกวักมรกต (Zamioculcas zamiifolia) (Pennisi & van Iersel, 2012)

3. ลักษณะของใบลักษณะทรงกลม, แผ่กาง, ตั้งตรง, มีใบอ่อนเรียงซ้อนกัน, รูปไข่, และทรงนูน (แสดงในรูปภาพที่ 1)

รูปที่ 2.1 ลักษณะใบของพืชในร่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(a) ทรงกลม (b) แผ่กาง (c) ตั้งตรง (d) มีใบอ่อน
เรียงซ้อนกัน (e) รูปไข่ (f) ทรงนูน

(Conover and McConnel, 1981)

2.1.3 ชนิดของพืชในร่ม

จากการศึกษาชนิดของพืชในร่มที่นิยมปลูกในอาคาร พืชแต่ละชนิดมีจุดเด่นที่แตกต่างกัน ทั้งจุดเด่นด้านการดูดซับมลพิษ และปัจจัยการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน จึงได้ยกตัวอย่างพืชในร่ม ดังในตาราง

ตารางที่ 2.1 *แสดงชนิดของพืชในร่ม*

ชื่อพืช	ชื่อวิทยาศาสตร์	จุดเด่นเพิ่มเติม
หมากเหลือง	*Dypsis lutescens*	พื้นที่ใบกว้าง ดูดซับดีมาก
ลิ้นมังกร	*Sansevieria trifasciata*	ดูดซับ CO_2 ได้แม้ในเวลากลางคืน
เศรษฐีเรือนใน	*Chlorophytum comosum*	ปลูกง่าย โตเร็ว ดูแลง่าย
เดหลี	*Spathiphyllum spp.*	กรองอากาศดี ดูดสารพิษได้หลายชนิด
ไทรใบเล็ก	*Ficus benjamina*	ใบเยอะ ดูดซับดีในพื้นที่กว้าง
ยางอินเดีย	*Ficus elastica*	ใบใหญ่ เขียวเข้ม ดูดซับได้ดี
ว่านหางจระเข้	*Aloe vera*	เป็นพืช CAM ดูดซับ CO_2 กลางคืนได้
ปาล์มไผ่	*Rhapis excelsa*	ทนร่ม ทนแห้ง ดูดซับได้ดีในสภาพแสงน้อย

**หมายเหตุ พืช CAM (Crassulacean Acid Metabolism) เช่น ลิ้นมังกร, ว่านหางจระเข้ — ดูด CO_2 ได้แม้ในเวลากลางคืน*

อ้างอิง NASA Clean Air Study, (1989) ; Wolverton, B. C. (1997) ; US EPA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

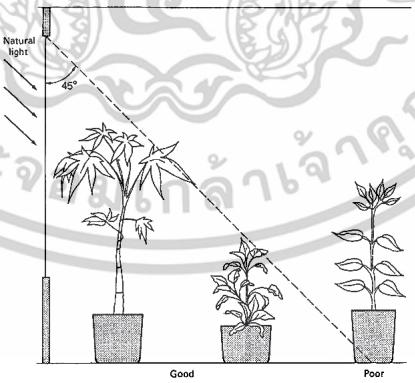
2.1.4 ปัจจัยสภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเติบโต และการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยแบ่งปัจจัยสภาพแวดล้อมเป็น 3 ปัจจัยดังนี้

1. แสง (light) มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ (Manaker, 1997) ซึ่งเป็นสารสีที่ทำ

ให้พืชมีสีเขียว และดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ (ศุภชาติ, 2562) ที่เป็นแหล่งของแสงธรรมชาติ (natural light) และแสงประดิษฐ์ (artificial light) ของไม้ประดับภายในอาคาร สำหรับการผลิตอาหาร (น้ำตาล) จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ (Manaker, 1997) โดยพลังงานแส ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมี จึงเรียกกระบวนการนี้ว่า การสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) อย่างไรก็ตามการนำไม้ใบที่ได้รับความเข้มแสงสูงจากภายนอกอาคารเข้ามาประดับภายในอาคารที่มีความเข้มแสงต่ำ (Preece & Read, 2005) จะทำให้ใบร่วง (เฉลิมพล, 2556; Furuta, 1983; Manaker, 1997; Preece & Read, 2005; Veneklaas & den Ouden, 2005) ส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลงและตายในที่สุด (Preece & Read, 2005) และความเข้มแสงต่ำภายในอาคารทำให้ใบมีสีซีด (ศุภชาติ, 2554) เนื่องจากการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ลดลง (Manaker, 1997)

โดยแหล่งของแสงมี 2 แหล่ง ดังนี้ **แสงธรรมชาติ (natural light) หรือแสงอาทิตย์ (sunlight)** ส่องผ่านหน้าต่าง (กระจก) ได้ไม่เกิน 15 ฟุต (450 เซนติเมตร หรือ 4.5 เมตร) ดังนั้นการวางไม้ประดับให้อยู่ในพื้นที่ระยะเชิงมุม 45 องศา ในแนวตั้งจากขอบบนวงกบหน้าต่าง (แสดงในรูปภาพที่ 2)



การวางไม้ประดับให้อยู่ในพื้นที่ระยะเชิงมุม 45 องศา ในแนวตั้งจากขอบบนวงกบหน้าต่าง (Manaker, 1997)

รูปที่ 1.2 การวางไม้ประดับ

จะช่วยให้ไม้ประดับใช้แสงสว่างให้เกิดประโยชน์สูงสุด (Gaines, 1977; Manager, 1997) อีกทั้งการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องกระจกรับแสงสว่างบนหลังคา จะเพิ่มประสิทธิภาพการรับแสงสว่างภายในอาคารให้มากขึ้น (Manager, 1997) โดยละติจูดของอาคาร ฤดูกาล ความสูงของพระอาทิตย์ สภาวะอากาศ และการปกคลุมของเมฆ เป็นสิ่งกำหนดการได้รับปริมาณแสงธรรมชาติของอาคาร (Gaines, 1977)

แสงประดิษฐ์ (artificial light) ใช้ร่วมกับแสงธรรมชาติที่ให้ความสว่างไม่เพียงพอ ซึ่งปริมาณแสงประดิษฐ์ที่ให้เพิ่มขึ้นอยู่กับความต้องการของชนิดพันธุ์ไม้ที่นำมาวางประดับภายในอาคารและระดับของแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามาในอาคาร โดยแสงประดิษฐ์ในรูปของหลอดไฟที่ให้ความสว่างมีบทบาท 2 ประการ คือ ให้แสงสว่างในห้อง (Manager, 1997) หรือในอาคาร (ยิ่งสวัสดิ์, 2555) และให้แสงสว่างกับพืช (Manager, 1997) สำหรับแสงประดิษฐ์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงงานแสงสว่าง ได้แก่ หลอดไส้ (incandescent lamp) และหลอดคายประจุ (discharge lamp) โดยแต่ละชนิดมีประเภทของหลอดและความหลากหลายตามขนาดของหลอด กำลังไฟฟ้า การให้แสงและเงาของสี สีของแสง ประสิทธิภาพการให้แสงสว่าง และลักษณะการทำงานที่แตกต่างกัน (ยิ่งสวัสดิ์, 2555) ประกอบกับการให้แสงสว่างในห้องไม่เพียงพอต่อการดูแลรักษาพืช ดังนั้นการให้แสงสว่างในพื้นที่ที่มีต้นไม้วางประดับอยู่ สามารถแก้ปัญหาการขาดแสงสว่างภายในอาคารได้ นอกจากนี้หลอดไฟฟ้าที่เลือกใช้ต้องมีความเหมาะสมต่อทั้งคนและพืชด้วย (Manager, 1997)

ตารางที่ 2.2 *ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับพืชในร่มตามแต่ละชนิด*

Cool temperature: 13-18 °C day, to 7 °C night		
Araucaria	*Hedera*	*Saxifrage*
Asparagus	*Nephrolepis*	*Yucca*
Cactus	*Podocarpus*	*Zebrina*
Crassula	*Sansevieria*	
Warm temperature: 18-24 °C day, 15.5-18 °C night		
Aglaonema	Croton	*Philodendron*
Annanus (pineapple)	*Dieffenbachia*	*Pilea*
Aphelandra	*Dracaena*	*Pittosporum*
Aralia	*Epipremnum*	*Plectranthus*
Araucaria	*Fatsia*	*Podocarpus*
Ardisia	*Ficus*	*Sansevieria*
Asparagus	*Fittonia*	*Saxifrage*
Beaucarnea	*Gardenia*	*Senecio*
Begonia	*Gynura*	*Spathiphyllum*
Brassaia	*Hedera*	*Syngonium*
Chlorophytum	*Hoya*	*Tolmiea*
Cissus	*Hypoestes*	*Tradescantia*
Coffea	*Maranta*	*Yucca*
Cordyline	Palms	*Zebrina*
Crassula	*Peperomia*	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อุณหภูมิ (temperature) คือ สิ่งบ่งชี้ถึงปริมาณพลังงานความร้อนที่รู้สึกได้ (sensible heat energy) ของวัตถุหรือสสาร โดยการตอบสนองทางกายภาพของพืชส่วนใหญ่ล้วนได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิทั้งสิ้น ซึ่งถูกกำหนดโดยการถ่ายโอนความร้อนระหว่างเนื้อเยื่อพืชและสภาวะสภาพแวดล้อมที่พืชนั้นเจริญเติบโตอยู่ ดังนั้นการสังเกตและการควบคุมอุณหภูมิจำเป็นสำหรับการจัดการกิจกรรมและการตอบสนองทางสรีรวิทยาของพืช (Niu et al., 2016) โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้ประดับภายในอาคาร ต้องควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม (ตารางที่ 1) เพื่อให้อายุการวางประดับภายในอาคารยาวนานมากที่สุด (Manaker, 1997)

ซึ่งไม้ใบเขตร้อนส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 18-24 องศาเซลเซียส โดยในบ้านเวลากลางคืนอุณหภูมิลดลง 12-15 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีการใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิ ส่งผลให้อุณหภูมิเย็นในฤดูหนาวและร้อนมากในฤดูร้อน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบสุดขั้ว (extreme temperature) อย่างรวดเร็ว (ทันทีทันใด) จะเป็นอันตรายต่อไม้ประดับภายในอาคาร (Manaker, 1997)

3. ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) คือ ปริมาณไอน้ำ (water vapor) ของอากาศเทียบกับปริมาณน้ำสูงสุดที่อากาศสามารถอุ้มน้ำไว้ได้เมื่อได้รับอุณหภูมิและแรงดัน ในหน่วยของเปอร์เซ็นต์หรืออัตราส่วนของปริมาณไอน้ำต่อปริมาณไอน้ำสูงสุดเมื่อได้รับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิอากาศลดลงจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณไอน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำของอากาศ (water holding capacity) สูงสุดจะลดลง เป็นผลให้ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้น (Niu *et al*., 2016) ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเย็นจะสูงกว่าอากาศร้อน การเพิ่มความร้อนให้อากาศจะทำให้ความชื้นลดลง ในขณะที่การเพิ่มความเย็นให้อากาศจะเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ให้กลับมาอีกครั้ง (Manaker, 1997) ไม้ใบส่วนใหญ่ที่นำมาวางประดับภายในอาคารถูกผลิตที่ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 80-95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกินกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ของความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคาร ความชื้นสัมพัทธ์ของบ้านชาวอเมริกันส่วนใหญ่โดยทั่วไปอยู่ต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นระดับที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและความสบายตัว ความชื้นสัมพัทธ์เป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากมีอิทธิพลต่อการคายน้ำ จึงส่งผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างพืชและน้ำ ถึงแม้ว่าไม้ใบเขตร้อนส่วนใหญ่เติบโตในที่ที่มีความชื้นมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ไม้ใบเขตร้อนดำรงอยู่ในสภาพแวดล้อมภายในอาคารที่มีความชื้นต่ำ ถ้าไม้ใบนั้นมีการปรับสภาพก่อนนำมาประดับภายในอาคาร (Manaker, 1997) ซึ่งถ้าภายในอาคารมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ จะอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมอย่างรุนแรงต่อคนที่อาศัยภายในอาคารและต้องเปิดเครื่องทำความชื้น รวมถึงไม้ประดับภายในอาคารจะเหี่ยวเนื่องจากใบมีการสูญเสียน้ำในรูปของการคายน้ำ (Gaines, 1977)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 บทบาทของพืชในร่ม

การปลูกพืชในร่มในอาคารมีหน้าที่หลากหลายทั้งในด้านกายภาพ ทำให้คนมีความสัมพันธ์กับธรรมชาติมากขึ้น และการใช้ประโยชน์ที่หลากหลาย เช่น การใช้ประโยชน์ด้านสุนทรียภาพ สถาปัตยกรรม วิศวกรรม และความรู้สึก (วิรัตน์ ภูวิวัฒน์, 2002) และพืชในร่มมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยทำหน้าที่กำจัดสารมลพิษและเพิ่มปริมาณออกซิเจนผ่านกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

1. การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2)

พืชสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศและปล่อยออกซิเจน (O2) ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงเรียกว่า กระบวนการ CO2 assimilation (Pennisi and van Iersel, 2012) สำหรับสร้างสารอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงหรือคาร์โบไฮเดรต (photosynthates) เพื่อการเจริญเติบโต (เสน่ห์ และคณะ, 2545) ดังในสมการ

$$6CO_2 + 6H_2O + \text{แสง} \longrightarrow C6H12O6 + 6O_2$$

จากสมการนี้จะเห็นได้ว่า การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 6 โมเลกุล พืชจะปล่อยก๊าซออกซิเจน ออกมา 6 โมเลกุล ซึ่งในเชิงปริมาณโมเลกุล (อัตราส่วนโดยโมล (molar ratio)) ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับต่อก๊าซออกซิเจนที่ปล่อยออกมาคือ 1:1 อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในเชิง มวล (mass) อัตราส่วนจะไม่เป็น 1:1 เนื่องจากน้ำหนักโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจนแตกต่างกัน

- น้ำหนักโมเลกุลของ CO2 (CO2) ≈ 12 (C) + 2 * 16 (O) = 44 กรัม/โมล
- น้ำหนักโมเลกุลของ O2 (O2) ≈ 2 * 16 (O) = 32 กรัม/โมล

ดังนั้น สำหรับการดูดซับ CO2 44 กรัม พืชจะปล่อย O2 ออกมาประมาณ 32 กรัม ซึ่งหมายความว่า อัตราส่วนโดยมวลของ CO2 ที่ดูดซับต่อ O2 ที่ปล่อยออกมาคือประมาณ 44 : 32 หรือ 11 : 8 หรือประมาณ 1.375 : 1 (Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E., 2013 ; Campbell, N. A., & Reece, J. B., 2005)

โดยพืชที่มีการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีภายใต้สภาวะความเข้มแสงต่ำภายในอาคาร (Pennisi and van Iersel, 2012) คือเดหลี (*Spathiphyllum wallisii* ‘Verdi’) และไอวี่ (*Hedera*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

helix) ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีที่สุด และช่วยเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจากการเปิดปากใบเพื่อดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Gubb *et al*., 2018)

2. **การกำจัดมลพิษ (VOCs)** สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) มาจากผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

เช่น น้ำยาทำความสะอาด กาว หรือสีเป็นต้น ซึ่งพืชในร่มที่มีประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายได้ดีทั้งในช่วงเวลากลางคืนใกล้เคียงกับช่วงเวลากลางวัน (Yoo *et al*., 2006) เช่น แคคตัส (*Echinopsis tubiflora*) มีประสิทธิภาพในการกำจัดเบนซีนได้มาก 50-80 เปอร์เซ็นต์ (Gong *et al*., 2019) นอกจากนี้ไม้ประดับภายในอาคารอีกหลายชนิด เช่น ไทรย้อย (*Ficus microcarpa var. fuyuensis*) กุหลาบหิน (*Crassula portulacea*) ไฮเดรนเยีย (*Hydrangea macrophylla*) ซิมบีเดียม (*Cymbidium* Golden Elf.) เก๊กฮวย (*Dendranthema morifolium*) มะนาวควาย (*Citrus medica* var. *sarcodactylis*) สาวน้อยประแป้ง (*Dieffenbachia amoena* cv. Tropic Snow) เดหลี (*Spathiphyllum* Supreme) เฟินบอสตัน นอกจากนี้ยังมีการกรองฝุ่นและอนุภาคขนาดเล็ก สามารถดักจับฝุ่นและอนุภาคขนาดเล็กในอากาศผ่านผิวใบของพืช และช่วยลดปริมาณฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายในอากาศ

3. **การควบคุมความชื้น** พืชสามารถเพิ่มความชื้นในอากาศได้ด้วยการคายน้ำ ซึ่งช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นที่สมดุล เหมาะสมต่อการอยู่อาศัย ลดปัญหาอากาศแห้งที่เกิดจากการใช้เครื่องปรับอากาศ การการเลือกพืชในร่มที่เหมาะสม เช่น เดหลีจักรพรรดิ (*Spathiphyllum floribundum* ‘Sensation’) พลูด่าง (*Epipremnum aureum*) สาวน้อยประแป้ง (*Dieffenbachia amoena*) ลิ้นมังกรแคระ (*Sansevieria trifasciata* ‘Hahnii’) กวักมรกต (*Zamioculcas zamiifolia*) และสับปะรดประดับ (*Neoregelia carolinae*) สามารถช่วยเพิ่มความชื้นภายในอาคารได้ในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน 72-91 และ 8-29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (อรพรรณ และคณะ, 2554) ในขณะที่การเปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 20-25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอาคาร 40-50 เปอร์เซ็นต์ ดอกหิน (*Cyrtomium caryotideum* var. *koreanum*) ช่วยเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ให้อาคารได้มากถึง 30.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความสามารถในการเพิ่มความชื้นของไม้ประดับในอาคารนั้น ขึ้นอยู่กับความสามารถในการคายน้ำมากกว่าพื้นที่ใบรวมทั้งหมดและจำนวนปากใบ (Jeong *et al*., 2008)

และแม้ว่างานวิจัยก่อนหน้านี้จะชี้ชัดว่าพืชในร่มมีศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสารมลพิษอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ส่วนใหญ่มักอยู่ในเงื่อนไขที่ควบคุม เช่น กล่องทดลองหรือห้องปิดที่มีการปรับระดับแสงและอุณหภูมิอย่างแม่นยำ ซึ่งไม่สะท้อนถึงสภาพแวดล้อมของห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานทั่วไปในชีวิตจริงในทางกลับกัน พื้นที่ใช้งานจริง เช่น ห้องทำงานขนาดเล็กในบ้านหรือสำนักงาน มักมีปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทั้งแสงธรรมชาติที่ไม่แน่นอน ระบบระบายอากาศที่หลากหลาย และการมีผู้คนใช้งานร่วมกัน ซึ่งล้วนส่งผลต่อประสิทธิภาพของพืชโดยตรง จึงเกิดคำถามเชิงสมมุติฐานว่า “พืชในร่มยังคงมีศักยภาพในการลดระดับก๊าซ CO_2 ได้ดีเพียงใดในบริบทที่ไม่ได้ควบคุม” และความจำเป็นที่จะต้องศึกษาในบริบทจริงจึงมีความสำคัญยิ่ง ทั้งในเชิงวิชาการและการออกแบบเพื่อสุขภาวะที่ยั่งยืน

2.2 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide, CO_2)

2.2.1 นิยามของก๊าซคาร์บอนไดออกไซน์ (Carbon Dioxide)

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซน์ (Carbon Dioxide) พบในธรรมชาติและมีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางชีวภาพหลายอย่าง เช่น การสังเคราะห์แสงในพืช และการหายใจของมนุษย์และสัตว์ ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีคุณสมบัติสำคัญของก๊าซเรือนกระจก ที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของโลก ระบุโดย IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ในปัจจุบันมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 380 โมเลกุลในทุกๆ 1 ล้านโมเลกุลของมวลอวกาศ 380 ppm (part per million) หรือเทียบกับชั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกส่วนใหญ่ประกอบด้วย ก๊าซไนโตรเจน 78 % ก๊าซออกซิเจน 0.9% ที่เหลือเป็นไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่นๆอีกเล็กน้อย

2.2.2 ลักษณะทางกายภาพ

คาร์บอนไดออกไซด์มีความหนาแน่น 1.98 kg/m^3 ซึ่งเป็นประมาณ 1.5 เท่าของอากาศ จึงมักจะลอยอยู่ในระดับต่ำ โมเลกุลเป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่ติดไฟ ซึ่งประกอบด้วยอะตอมคาร์บอนหนึ่งอะตอมและอะตอมออกซิเจนสองอะตอม (CO_2) หรือพันธะคู่ 2 พันธะ (O=C=O) ไม่ติดไฟและไม่ทำปฏิกิริยา (จุฑารัตน์ ฉัตรวิริยาวงศ์และวิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์, 2555)

2.2.3 ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ

ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศแบ่งตามสภาพแวดล้อม ดังในตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 *ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศแบ่งตามสภาพแวดล้อม*

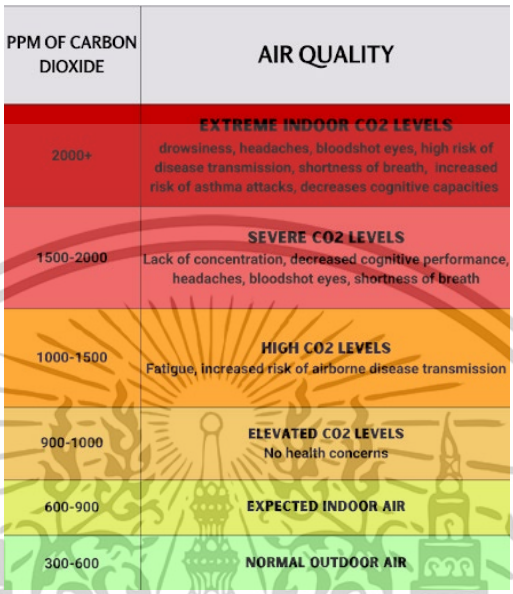
สภาพแวดล้อม	ระดับ CO_2 (ppm)	ผลกระทบหรือข้อสังเกต
อากาศภายนอก (กลางแจ้ง)	~420 ppm	ค่าเฉลี่ยทั่วโลกในปี 2023 ตามรายงานของ NOAA
ห้องทำงานที่มีการระบายอากาศดี	600–800 ppm	อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการทำงานและสุขภาพ
ห้องประชุมหรือห้องเรียนที่มีคนหนาแน่น	1,000–1,500 ppm	เริ่มมีผลต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการตัดสินใจ
ห้องปิดที่ไม่มีการระบายอากาศ	2,000 ppm ขึ้นไป	อาจทำให้เกิดอาการง่วง สมาธิลดลง และประสิทธิภาพการทำงานลดลง
มาตรฐานความปลอดภัย OSHA	สูงสุด 5,000 ppm	ขีดจำกัดสำหรับการสัมผัส CO_2 ภายในระยะเวลา 8 ชั่วโมง

อ้างอิง NOAA, 2023

ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศที่มีผลต่อมนุษย์ ในสภาพแวดล้อมแบบห้องปิด หรือมีผู้ใช้งานจำนวนมาก และการระบบระบายอากาศไม่เหมาะสม จะส่งผลให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมอย่างรวดเร็ว จนถึงระดับที่กระทบต่อประสิทธิภาพทางสมองและความรู้สึกของผู้ใช้งาน โดยระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศสามารถวัดเป็นหน่วย parts per million (ppm) ซึ่งเกณฑ์ที่จะเริ่มมีผลต่อสุขภาพดังในรูปภาพที่ 3



รูปที่ 2.3 แสดงระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศที่มีผลต่อมนุษย์

อ้างอิง Bad Air: KSS's Unsafe Atmosphere By Hazel Taylor-Quick, 2024

ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่า 1,000 ppm เป็นระดับที่ปลอดภัยและเหมาะสม หรือเป็นค่าที่ยอมรับ (ASHRAE, 2019) แต่เมื่อเกินระดับ 1,000–1,500 ppm ความเข้มข้นของพื้นที่ที่อากาศไม่ถ่ายเท เริ่มมีผลต่อร่างกายทำให้รู้สึกอ่อนเพลีย มีอาการง่วง สมาธิลดลงและอึดอัด และเมื่อเกิน 2,000 ppm อาจก่อให้เกิดผลกระทบด้านสุขภาพ เช่น ปวดศีรษะหรือเวียนหัว (EPA, n.d.)

2.2.4 พฤติกรรมการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของมนุษย์

คาร์บอนไดออกไซด์ที่มาจากการหายใจของมนุษย์ในทุกวันมีผลต่อโลก ซึ่งร่างกายของมนุษย์เราผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศอย่างมาก โดยเราจะหายใจเข้านำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายในปริมาณ 20.9% และคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณ 0.03% (ที่เหลือจะเป็นไนโตรเจนและก๊าซอื่นๆ) และใช้ออกซิเจนในกระบวนการการเผาผลาญอาหารที่เราทานเข้าไป โดยใช้ออกซิเจนเฉลี่ยวันละ 0.84 กิโลกรัม/วัน (50 ลิตร/ชั่วโมง หรือ 1,200 ลิตร/วัน) รวมทั้งการทำกิจกรรมต่างๆ และเมื่อเราหายใจออกก็จะนำออกซิเจนกลับออกมาในปริมาณ 16% และคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะถูกปล่อยออกมาด้วยเช่นกันถึง 4% (เฉลี่ยปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยวันละ 0.58 – 1.04 กิโลกรัม/วัน (500 ลิตร) หรือคน 1 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปล่อย CO_2 ประมาณ 40,000 มิลลิกรัม (40 กรัม) ต่อชั่วโมง) (ศูนย์วิจัยและนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน, 2566)

การหายใจออกจะเกิดการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจากงานวิจัยพบว่าการนอนหลับของผู้อาศัย 2 คน เป็นเวลา 8 ชั่วโมง โดยปราศจากระบบระบายอากาศ จะทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นประมาณ 1,600 ppm และในกรณีทำงานหรือทำกิจกรรมทั่วไปในห้องที่ไม่มีการระบายอากาศ จะส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นกว่า 4,000 ppm ซึ่งปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคารที่สูงเกิน 950 ppm จะเริ่มส่งผลเสียต่อร่างกาย และจะมีผลต่อสุขภาพอย่างชัดเจนเมื่อมีปริมาณ 2,000 ppm ขึ้นไป ดังนั้นระบบระบายอากาศของอาคารเป็นสิ่งที่จำเป็น แต่การจะนำคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจออกไปทิ้งภายนอกอาคารโดยตรง ก็ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมด้วยเช่นกัน แม้ว่าปัจจุบันปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยในบรรยากาศจะอยู่ที่ 424.17 ppm (สุพรรณภางค์, ณพล, 2023)

โดยการทำกิจกรรมที่ใช้พลังงานเยอะ เช่น วิ่ง ออกกำลังกาย ก็จะปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมามากกว่าการนั่ง หรือการนอนหลับถึง 8 เท่า และเมื่อเทียบกับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งหมดในประเทศไทย จะพบว่า ปี พ.ศ.2565 มีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศประมาณ 247.7 ล้านตัน ขณะที่ประชากรของประเทศไทยทั้งหมดหายใจปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศประมาณ 27.7 ล้านตัน/ปี หรือคิดเป็น 11.2% ของการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศ นั่นแสดงให้เห็นว่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของมนุษย์ส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนเช่นเดียวกัน และหากเรามองที่อาคารที่อยู่อาศัย 1 อาคาร ที่มีผู้อยู่อาศัยประมาณ 500 - 700 คน จะเห็นได้ว่า ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าภาคขนส่งและอุตสาหกรรม (สุพรรณภางค์ และณพล, 2023)

2.3 พื้นที่ห้องทำงาน

2.3.1 นิยามของพื้นที่ห้องทำงาน

"พื้นที่ห้องทำงาน" หรือ "สำนักงาน" มีความหลากหลายตามบริบทการใช้งาน ดังนี้

พรรณี ประเสริฐวงษ์ (2535) ให้คำนิยามว่า สำนักงานคือ "สถานที่ปฏิบัติงานของผู้บริหาร หรือหมายถึง สถานที่ดำเนินงานหนังสือ งานเอกสาร หรืองานข่าวสารข้อมูล"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย Keeling และ Kallaus (1973) กล่าวว่าสำนักงานคือ "สถานที่ที่มีการโต้ตอบจดหมาย การจัดเตรียมแบบฟอร์มและรายงาน การจัดเก็บเอกสาร และการบริหารงานเอกสาร ซึ่งงานเหล่านี้เป็นหน้าที่ของนักพิมพ์ดีด เลขานุการ ผู้จัดเก็บเอกสาร พนักงานบัญชี ผู้ใช้เครื่องใช้สำนักงาน ผู้ควบคุม และผู้จัดการสำนักงาน"

ศูนย์นวัตกรรมการออกแบบและวิจัย (2554) กล่าวว่า “พื้นที่ห้องทำงาน" หมายถึง สถานที่ที่จัดเตรียมขึ้นเพื่อรองรับการปฏิบัติงานของบุคลากรในองค์กร ซึ่งรวมถึงการดำเนินงานด้านเอกสาร การสื่อสาร และการบริหารงานต่าง ๆ โดยมีการออกแบบพื้นที่ให้เหมาะสมกับลักษณะงานและส่งเสริมประสิทธิภาพการทำงานของผู้ใช้งาน

2.3.2 รูปแบบของพื้นที่ห้องทำงาน

ประเภทของพื้นที่ห้องทำงาน สามารถจำแนกได้หลากหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน โครงสร้างองค์กร ขนาดพื้นที่การใช้งาน และแนวคิดการออกแบบสำนักงานนั้นๆ สามารถแบ่งออกเป็นประเภทหลัก ๆ โดยจะเพิ่มข้อมูล พื้นที่ของห้อง และจำนวนผู้ใช้งานแต่ละประเภท เปรียบเทียบกันดังในตาราง

ตารางที่ 2.4 *แสดงรูปแบบของพื้นที่ห้องทำงานเปรียบเทียบกับขนาดและจำนวนผู้ใช้งาน*

ประเภทสำนักงาน	ลักษณะ	พื้นที่เฉลี่ยต่อคน *(ตร.ม.)*	จำนวนคนต่อห้องโดยเฉลี่ย	พื้นที่ห้องต่อหน่วย *(ตร.ม./ห้อง)*	ความหนาแน่นการเข้าใช้งาน (คน/ตร.ม.)
1. แบบดั้งเดิม (Traditional)	เป็นพื้นที่สำนักงานที่แยกเฉพาะบุคคล เช่น ผู้บริหาร หรือพนักงานระดับสูง มีความเป็นส่วนตัวสูง แต่จะขาดความยืดหยุ่น และการสื่อสารอาจล่าช้า	10–15	1–3	15–45	0.067
2. แบบเปิด (Open Plan)	ไม่มีผนังกั้นถาวร เป็นพื้นที่โล่งที่ใช้ร่วมกัน อาจมีมีเสียงรบกวนและขาดความเป็นส่วนตัว แต่มีการสื่อสารที่รวดเร็วและชัดเจน	6–10	10–30	60–300	0.1
3. แบบกึ่งเปิดกึ่งปิด (Semi-Open)	มีพื้นที่ทำงานร่วมกันบางเวลา เช่น พื้นที่ห้องประชุม	8-10	5–10	40–100	0.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 *(ต่อ)*

4. Co-working Space	พื้นที่ที่ผู้คนสามารถมาใช้ร่วมกันมีความยืดหยุ่น เหมาะกับฟรีแลนซ์ หรือสตาร์ทอัพ	4–8	20–50	80–400	0.125

(อ้างอิง สมเกียรติ อ่อนวิมล (2561); อังคณา เพ็ชรประกาย (2564); สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (2563); Okamura Thailand. (2022))

จากการเปรียบเทียบพื้นที่ห้องทำงานในแต่ละประเภท พบว่าการเลือกใช้พื้นที่ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งาน ลักษณะงาน และจำนวนผู้ใช้งาน

- ห้องทำงานส่วนบุคคล (Private Office) เหมาะกับงานที่ต้องการสมาธิและความเป็นส่วนตัวสูง แต่ใช้พื้นที่ต่อคนค่อนข้างมาก
- ห้องทำงานแบบเปิด (Open Office) รองรับผู้ใช้งานจำนวนมากในพื้นที่จำกัด เหมาะกับงานที่เน้นการสื่อสารร่วมกัน แต่ลดความเป็นส่วนตัว
- Co-working Space ยืดหยุ่นและเหมาะกับผู้ใช้งานชั่วคราวหรือองค์กรขนาดเล็ก เน้นการใช้ทรัพยากรร่วม
- ห้องประชุม (Meeting Room) ใช้งานเฉพาะกิจสำหรับการประชุมและกิจกรรมกลุ่ม

องค์กรสามารถเลือกหรือผสมผสานการใช้พื้นที่ห้องทำงานหลายประเภทให้เหมาะสมกับรูปแบบการทำงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งานสูงสุด

2.3.3 อัตราการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ห้องทำงาน

ปริมาณการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในพื้นที่ห้องทำงาน สามารถประเมินได้จาก กิจกรรมของมนุษย์ และระบบการระบายอากาศ โดยมนุษย์จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการหายใจ โดยเฉลี่ยขณะนั่งทำงาน หรือกิจกรรมเบาๆ ประมาณ 0.004–0.006 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (m^3/h) หรือประมาณ 0.9–1.2 กรัม CO_2 ต่อนาที คิดเป็น ประมาณ 500–720 กรัมต่อวัน ต่อคน

โดยตัวอย่างการคำนวณ หากมี 10 คนในห้องทำงานขนาด 50 ตารางเมตร แต่ละคนปล่อย CO_2 ≈ 20 ลิตร/ชั่วโมง รวมเป็น 200 ลิตร/ชั่วโมง = 0.2 ลูกบาศก์เมตร CO_2 ต่อชั่วโมง และถ้าหากห้องไม่มีการระบายอากาศที่ดี ⟶ CO_2 จะสะสมเกิน 1,000 ppm ได้ภายใน 1–2 ชั่วโมง ซึ่งจะมีผลเสียต่อสุขภาพอย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในห้องทำงาน

1. จำนวนคนในห้องมาก
2. ห้องปิด ไม่มีหน้าต่างหรือระบบระบายอากาศ
3. ระบบปรับอากาศที่ไม่ได้เติมอากาศภายนอกเข้ามา (recirculation only)
4. พื้นที่ห้องแคบ หรือใช้ร่วมกันหลายคน

2.3 ทบทวนงานวิจัยและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาและทบทวนการวิจัยก่อนหน้า เพื่อนำมาออกแบบกำหนดการทดลองให้เหมาะสมกับงานวิจัย โดยใช้คำสำคัญค้นหาใน Research gate, Research Rabbit และฐานข้อมูลอื่นๆ และได้เลือกงานวิจัยที่ใกล้เคียงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ต้องการทดลองประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชในร่ม

2.3.1 งานวิจัยและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

งานเริ่มต้นที่ศึกษาความสามารถของพืชในการลดความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศเริ่มจากการวิจัยทางวิทยาศาสตร์อวกาศที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาของยานอวกาศที่สามารถพึ่งพาตนเองได้โดยใช้ระบบสนับสนุนชีวิตทางชีวภาพ (BLSS , Bioregenerative life support systems) (Andre´ and Chagvardieff 1997; Salisbury et al. 1997) วัตถุประสงค์คือค้นหาวิธีการสร้างระบบวงจรปิดที่สามารถพึ่งพาตนเองได้ สำหรับที่อยู่อาศัยที่ปิดสนิท การพัฒนาครั้งแรกคือการสร้างระบบ BIOS–1 ของโซเวียตในปี 1964 (Nelson et al. 2003) จากการทดลองเหล่านี้ ใช้พืชเพื่อเป็นแหล่งอาหารและฟอกอากาศด้วย (Nelson et al. 2010) ต่อมามีการเพิ่มห้องเฉพาะเพื่อรองรับพืชเหล่านี้ และโครงการได้ดำเนินไปจนถึง BIOS-2 ในปี 1969 จากการพัฒนาดังกล่าว พืชที่เติบโตในห้องดังกล่าวได้มีส่วนช่วยในการกรองอากาศประมาณ 25% ในแง่ของการกำจัด CO2 และการปล่อยก๊าซ CO2 สำหรับการทดลอง BIOS-3 (Wheeler et al. 1996) เนื่องจากองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NASA) ยังเผชิญกับปัญหาสุขภาพที่เกิดจากคุณภาพอากาศที่ไม่ดีของสถานีอวกาศแห่งแรก (และแห่งเดียว) ซึ่งตรวจพบสารอินทรีย์ระเหยง่ายมากกว่า 300 ชนิดในบรรยากาศภายในสถานีอวกาศซึ่งเรียกว่าสกายแล็บ (NASA, 1974) ดังนั้นนักวิจัยด้านชีววิทยาศาสตร์ของ NASA จึงได้ศึกษาการใช้พืชเพื่อลดสารอินทรีย์ระเหยง่าย โดยเริ่มศึกษาระยะเริ่มต้นเกี่ยวกับกระถางต้นไม้และการลดมลภาวะทางอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดำเนินการโดย Wolverton และทีมงาน (Wolverton et al. 1984) โดยได้นำมลพิษหลายชนิดเข้าไปในห้องปิดขนาดเล็ก (ปริมาตรของห้อง 0.31-0.88 ตารางเมตร) มีการศึกษาสารมลพิษหลายชนิด เช่น เบนซิน ไซลีน ไตรคลอโรเอทิลีน และฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ความเข้มข้นประมาณ 15 ถึง 20 ppm จากนั้นจึงติดตามการลดลงของความเข้มข้นของมลพิษ โดยต่อมา Wolverton et al. (Wolverton and Wolverton ,1993) ได้ทำการศึกษาพืชในร่ม 50 ชนิดเพิ่มเติมในห้องทดลอง เกี่ยวกับความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย โดยพืชทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการลดความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่าย และสามารถลดระดับแอมโมเนีย ไนตรัสออกไซด์ และอนุภาคขนาดเล็กได้ด้วย

นับตั้งแต่ที่ NASA ดำเนินการทดลองที่กล่าวไปข้างต้น ทำให้มีการศึกษาในห้องทดลองจำนวนเพิ่มมากขึ้น เพื่อค้นหาวิธีเพิ่มศักยภาพในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร (IAQ) ผ่านการใช้กระถางต้นไม้หรือวิธีการแบบพาสซีฟ (Passive) จึงได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีเกณฑ์ในการเลือกศึกษาจากมาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร (IAQ) แล้วจึงได้คัดเลือกงานวิจัยที่ผู้วิจัยสนใจมาดังนี้

Improvement of Indoor Air Quality by Houseplants in New-built Apartment Buildings (Dong-Chun Shin et al., 2009) การทดลองเริ่มด้วย ครัวเรือนถูกแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ตามการครอบครองต้นไม้ในบ้าน กลุ่มหนึ่งซึ่งมี 40 ครัวเรือนไม่มีต้นไม้ในบ้าน และอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งมี 42 ครัวเรือนมีต้นไม้ในบ้าน อุปกรณ์ที่ใช้คือกล่องปิดสนิทห้องขนาดประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร [0.9 ม. (กว้าง) × 0.9 ม. (ยาว) × 1.24 ม. (สูง)] ทำด้วยสเตนเลสและแก้ว โดยมีพืชตัวอย่างคือ ต้นหมาก/ยางอินเดีย, กระถางพลูคาว, ฟัสเซียและโรสแมรี่ (พื้นที่ใบ 1,627 cm2) มีข้อสรุปดังนี้ พืชในร่มส่งผลกระทบต่อคุณอากาศ เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ที่เพิ่มขึ้นและปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง สารเคมีพิษที่ทำให้เกิด SBS ยังคงอยู่ต่อไปอย่างน้อย 1 ปี และช่วยลดปริมาณสารเคมีบางชนิดในอากาศภายในอาคารได้ ผู้ที่อาศัยอยู่ในอาคารรู้สึกถึงการลดลงของอาการ SBS เมื่อเวลาผ่านไป อย่างไรก็ตาม ต้นไม้ในบ้านไม่ส่งผลต่อปริมาณสารเคมีพิษในอากาศภายในบ้านมากนัก ยกเว้นฟอร์มาลดีไฮด์

การวิจัยสมรรถนะการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชดูดสารพิษ เพื่อคุณภาพอากาศที่ดีภายในอาคารCarbon dioxide absorption performance of air pollution abatement plants implicated in indoor air quality concern (พนธวรรธน์ วงษ์รักษ์, 2009) โดยศึกษาแนวทางการหาสมรรถนะในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชดูดสารพิษ โดยการคำนวณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ใน 1 ลูกบาศก์เมตร และการวัดพื้นที่ใบของพืช 4 ชนิด ได้แก่ต้นวาสนา ต้นวาสนาอธิษฐาน ต้นลิ้นมังกร และต้นประกายเงิน ดำเนินงานวิจัยโดยสร้างหน่วยทดลองระบบปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Chamber) และทำการทดลองในสภาพแวดล้อมที่ควบคุม นำผลที่ติดตามมาเปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชต่อ 1 ต้น หน่วย ppm/ลบ.ม./วินาที เพื่อนำไปใช้งานจริง นอกจากนี้มีการคำนวณพื้นที่ใบ เพื่อนำมาคิดค่าการเปลี่ยนแปลงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชต่อ 1 ใบ หน่วย ppm/ตร.ม./วินาที เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระดับใบพืช

Experimental Study on Variations of CO2 Concentration in the Presence of Indoor Plants and Respiration of Experimental Animals (Geun Sug Oh et al., 2011) เริ่มที่พื้นที่ทดลองคือกล่องขนาดเล็ก มีปริมาตรประมาณ 0.5 ลบ.ม. (0.93 ม. × 0.6 ม. × 0.9 ม.) ทำด้วยกระจก สัตว์ที่ใช้ทดลองคือหนูแฮมสเตอร์ 3 ตัว (เปรียบเทียบใกล้เคียงกับความเข้มข้นของ CO2 ในการตั้งค่าที่ใช้ในการศึกษาที่มีอยู่ (1,000 ppm)) ใช้กลุ่มพืชตัวอย่าง ต้นเดหลี (Spathiphyllum clevelandii), ไทรย้อยใบแหลม (Ficus benjamina) และหมากเหลือง (Chrysalidocarpuslutescens) (กำหนดทุกต้นมีพื้นที่ใบ 3,000 cm2) โดยมีการสรุปผลคือความเข้มข้นของ CO2 จะลดลงเมื่อพื้นที่ใบของพืชเพิ่มขึ้น ผลของการลด CO2 ดังนี้ ต้นหมากเหลืองมีค่าการลด CO2 อยู่ที่ (L/1.5 h) คือ 0.07-0.13 สำหรับต้นเดหลี 0.04-0.13 สำหรับไทรย้อยใบแหลม 0.11-0.17

Effects of Indoor Plants on the Physical Environment with Respect to Distance and Green Coverage Ratio (Kim et al., 2013) โดยมีพื้นที่ทดลองเป็นห้องที่สร้างใหม่ตั้งอยู่ในชั้นใต้ดิน ขนาดของห้อง (ยาว 4.0 ม. กว้าง 3.0 ม. สูง 3.85 ม.) (พื้นที่ประมาณ 12 ตร.ม.) กลุ่มทดลองนักศึกษา 60 คน โดยมีพืชทดลองคือ ต้นปีปทอง (Radermachera hainanensis Merr.) (เส้นผ่านศูนย์กลางกระถาง 37 ซม. และความสูงของต้นไม้ประมาณ 1.3 ม.) สรุปผลตัวแปรควบคุมได้ดังนี้ ห้องที่ไม่มีต้นไม้ใดๆ พบว่าระดับมลพิษทางอากาศของเงื่อนไขการควบคุมยังคงต่ำกว่ามาตรฐานอาคารที่เพิ่งสร้างใหม่มักจะมีระดับมลพิษทางอากาศสูงเนื่องจากสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่ปล่อยออกมาจากวัสดุในอาคาร เช่น สี พื้น วัสดุอุดรอยรั่ว วัสดุยาแนว และไม้เทียม และเมื่อนำต้นไม้เข้ามาและวัดจากตัววัด 2 ตัวที่ตั้งอยู่ระยะ 0.25 และ1.50 จากต้นไม้ พบว่าตัววัดที่อยู่ใกล้กว่ามีคุณภาพที่ดีกว่าตัววัดที่อยู่ไกล และเมื่อวัดจากจำนวนต้นไม้ที่ใส่ไว้ 1 ต้น และ 3 ต้นพบว่าต้นไม้มีจำนวนมากมีคุณภาพที่ดีกว่า และมีการเพิ่มความชื้นที่ดีกว่าด้วย โดยในงานวิจัยนี้ได้ยึดหลักของสำนักงานบริหารการพัฒนาชนบทของเกาหลีใต้แนะนำให้ปลูกต้นไม้ในกระถาง 1 ต้นต่อพื้นที่ 6 ตร.ม. และการศึกษาวิจัยในสหรัฐฯ แนะนำให้ปลูกต้นไม้ในกระถางขนาด 6 นิ้ว (15.24 ซม.) อย่างน้อย 1 ต้นต่อพื้นที่ 9 ตร.ม.

Effectiveness of Indoor Plant to Reduce CO2 in Indoor Environment (Mohd Mahathir Suhaimi, 2016) วัตถุประสงค์งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของต้นไม้ในร่ม 7 ชนิด ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลด CO2 ด้วยระดับแสงที่แตกต่างกัน เพื่อหาความเข้มแสงมีบทบาทสำคัญที่ทำให้พืชสามารถดูดซับ CO2 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีห้องทดลองขนาดปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร ใช้พืชตัวอย่างดังนี้ Anthurium ต้นหน้าวัวDumb Cane สาวน้อยประแป้ง, Golden Pothos พลูด่าง, Kadaka Fern เฟิร์น, Prayer Plant ต้นคล้า, Spider Plant เศรษฐีเรือนใน, Syngonium พืชไม้เลื้อย โดยนำต้นไม้แต่ละต้นใส่ในห้องแยกกัน โดยกำหนดความเข้มข้นของ CO2 ในห้องไว้ที่ 1,000±50 ppm และกำหนดความเข้มของแสงไว้ที่ 300 และ 700 ลักซ์ ในขณะที่กำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 25±10 C ระยะเวลาในการทดลองแต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 8 ชั่วโมงในแต่ละชนิดของพืช สรุปผลมีเพียง Spider Plant เท่านั้นที่ไม่สามารถดูดซับ CO2 ได้ในระหว่างการทดสอบที่ความเข้มแสง 300 ลักซ์

ในขณะเดียวกัน Prayer Plant ก็มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเมื่อทดสอบที่ความเข้มแสง 300 หรือ 700 ลักซ์ โดยมี CO2 ที่ลดลงจาก 1000±10 ppm คือ 71.67 ppm (7%)

การประเมินความสามารถของต้นไม้ประดับในการดักจับอนุภาคขนาดเล็กในอาคาร (Thanakorn et al., 2017) พื้นที่ทดลองคือห้องทดสอบขนาด 8 ลบ.ม. ที่มีพื้นผิวภายในห้องเป็นอะลูมิเนียม มีพืชตัวอย่างดังนี้ ต้นเฟิร์น, ต้นสาวน้อยประแป้ง, ต้นพลูด่าง, ต้นฤษีผสม และต้นเข็มสามสี โดยมีการควบคุมตัวแปร ใช้วิธีวัดพื้นที่ใบเพื่อกำหนดเกณฑ์ในการวัด โดยโปรแกรม MATLAB R2015A จากการทดลองความสามารถในการดักจับอนุภาคขนาดเล็กพบว่า พื้นที่ใบมีผลต่อความสามารถในการดักจับ PM2.5 เพิ่มขึ้น โดยสามารถสร้างความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงได้ และลักษณะของใบมีผลต่อความสามารถในการดักจับอนุภาคขนาดเล็ก โดยใบของต้นเฟิร์นประดิษฐ์ที่มีผิวใบย่นมีความสามารถดักจับมากกว่าใบเรียบแผ่กว้าง นอกจากนี้การคายน้ำของต้นไม้ได้แก่ ต้นฤษีผสม มีผลทำให้ความสามารถในการดักจับลดลงจนเป็นศูนย์ แต่ทั้งนี้การทดสอบทำในห้องทดลองที่มีลักษณะปิดจึงอาจมีผลต่อการคายน้ำของต้นไม้ค่อนข้างมาก สัมประสิทธิ์การสูญหายของ PM2.5 จากการตกทับถมบนพื้นผิวใบของต้นเฟิร์นประดิษฐ์ ต้นสาวน้อยประแป้งประดิษฐ์ และต้นพลูด่าง มีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 0.06-0.07 ต่อชั่วโมง ในขณะที่ต้นฤษีผสมและเข็มสามสีมีค่าต่ำกว่าประมาณ 0.04-0.05 ต่อชั่วโมง สรุปว่าการปลูกต้นไม้ประดับมีความสามารถในการดักจับ PM2.5 ได้ แต่ต้องใช้เวลาในการลดความเข้มข้น PM2.5 เมื่อเทียบกับการใช้เครื่องฟอกอากาศ งานวิจัยนี้ได้ให้ความคิดเห็นไว้ว่าการใช้ต้นไม้ประดับดักจับฝุ่นละอองภายในอาคารจึงเป็นเพียงมาตรการเสริมร่วมกับการใช้วิธีการควบคุมอื่น

Can houseplants improve indoor air quality by removing CO2and increasing relative humidity? (Curtis Gubb, 2018) โดยใช้กล่องปิดใสขนาด 0.45*0.45*0.70 เมตร โดยใช้พืชตัวอย่างดังนี้ Spathiphyllum wallisii (พืชสกุลเดหลี)(พื้นที่ใบประมาณ1,766 cm2), Hedera helix

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(วงศ์พืชไม้เลื้อยขนาดเล็ก)(พื้นที่ใบประมาณ 1,509 cm2), Dracaena (พืชในวงศ์ดราเซียน่า เช่น ลิ้นมังกร) ผลการศึกษาระบุว่าการดูดซึม CO2 สุทธิของพืชที่ศึกษาทั้งหมด โดยทั่วไปนั้น “ต่ำ” โดยพันธุ์ Spathiphyllum (พืชสกุลเดหลี) และ Hedera helix (ไม้เลื้อยเนื้ออ่อนขนาดเล็ก) สามารถดูดซับ CO2 ได้มากที่สุด ในขณะที่การดูดซึม CO2 ของพืชในวัสดุที่ “เปียก” นั้นสูงกว่าในสภาพ “แห้ง” และทั้งสองพันธุ์นี้ยังมีอัตราการคายน้ำสูงสุด ซึ่งบ่งชี้ว่ามีศักยภาพสูงสุดที่ส่งผลต่อความชื้นสัมพัทธ์ และการศึกษาบ่งชี้ว่าการเพิ่มระดับแสงในอาคารเป็น 300 μmol m−2 s−1จะมีผลกระทบในการดูดซับ CO2 และเพิ่ม RH ในสภาพแวดล้อมภายในอาคาร โดยต้นเดหลีมีประสิทธิภาพในการกำจัด CO2 เป็น 10% ของมนุษย์ 1 คนในระดับแสงในอาคารที่ 300 μmol m−2 s−1 แต่จะมีผลก็ต่อเมื่อมีจำนวนพืชมีตั้งแต่ 15 ต้น (สำหรับพืชที่ Hedera และSpathiphyllum) ไปจนถึงมากกว่า 100 ต้น จึงจะเห็นผลต่อการเปลี่ยนแปลง CO2 ภายในห้อง

Effect of plants on an environment with high carbon dioxide concentration. *Journal of Environmental Studies* โดย Shishegaran et al., 2020 การทดลองจะทำในกล่องระบบปิด (Chamber) (ขนาด 0.50*0.5*0.5 ตร.ม.) โดยใช้พืช 3 ชนิด Spanish Moss Tillandsia Aerobic (SMTA)(ขนาด 213 กรัม (สูง 44 ซม.)), Thailandia Native Fulia (TNF)(ขนาด 163 กรัม (25 ใบ)) และ Aloe Vera (ขนาด 178 กรัม (9 ใบ)) ควบคุมสภาพแวดล้อมที่มีความเข้มข้นของ CO2 สูงด้วยค่าประมาณ 4,900 ppm เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ตั้งแต่ 10.00 น. ถึง 18.00 น. โดยอุณหภูมิภายนอกและความชื้นคงที่คือ 23.3 องศาเซลเซียสและ 76% ตามลำดับ โดยจะมีการบันทึกความเข้มข้นของ CO2(ppm), ความชื้น (%) และอุณหภูมิ (Co2) การบันทึกค่าจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือการลดเข้มข้นของ CO2 ลดลงได้ 487, 276 และ 185 ppm เป็นเวลา 8 ชั่วโมง (ต้นว่านหางจรเข้ ,SMTA และ TNF ตามลำดับ) ส่วนที่ 2 คือการวัดค่าการปล่อยคาร์บอน โดยปล่อย CO2 16, 59 และ 112 ppm (ต้นว่านห่างจรเข้, TNF, SMTA ตามลำดับ)

การใช้ไม้ประดับในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดย นวภา และคณะ,(2020) โดยใช้กล่องพลาสติกใส (chamber) ขนาด 0.50 * 0.50 * 0.50 เมตร พืชตัวอย่าง 6 ชนิดได้แก่ พลูงาช้าง (Epipremnum aureum), ต้นข้าหลวงหลังลาย (Asplenium nidus L.), ต้นเฟิร์นบอสตัน (Nephrolepis exaltata bostoniensis), ต้นเศรษฐีเรือนนอก (Schott cv. Bostoniensis, Cholorophytum comosum L.), ต้นแก้วกาญจนา (Aglaonema commutatum Schott) และต้นเดหลี (Spathiphyllum spp.) ใช้โปรแกรม Petiole แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือสำหรับคำนวณหาพื้นที่ใบ มีพื้นที่ใบดังตารางที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 *แสดงพื้นที่ใบของพืชจากงานวิจัย (นวภา et al.,2020)*

ชนิดพืช	พื้นที่ใบเฉลี่ยของพืช 1 ต้น (cm2)
พลูงาช้าง	677.1
ข้าหลวงหลังลาย	1369.1
เฟิร์นบอสตัน	505.1
เศรษฐีเรือนนอก	640.4
แก้วกาญจนา	1082.6
เดหลี	390.9

สรุปผลการทดลอง เปรียบเทียบด้วยประสิทธิภาพเฉลี่ยของต้นไม้ต่อพื้นที่ใบต่อเวลา 1 นาที พบว่าต้นเดหลีมีความสามารถในการลดก๊าซ CO_2 ต่อพื้นที่ใบได้มากที่สุด รองลงมาคือต้นพลูงาช้าง, ต้นข้าหลวงหลังลาย, ต้น แก้วกาญจนา, ต้นเฟิร์นบอสตัน และต้นเศรษฐีเรือนนอก ตามลำดับ เปรียบเทียบกันในตารางที่ 6 ดังนี้

ตารางที่ 2.7 *ผลการทดลองการดูดซับก๊าซ CO2 ด้วยต้นไม้ทั้ง 6 ชนิดจากงานวิจัย (นวภา et al.,2020)*

ชนิดพืช	ปริมาณเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง (ppm)	ปริมาณเฉลี่ยใน 1 นาที ต่อพื้นที่ใบ (ppm/cm2 leaf area/min)
พลูงาช้าง	-786.3	-7.71 * 10-4
ข้าหลวงหลังลาย	-1321.33	-6.67 * 10-4
เฟิร์นบอสตัน	-380.3	-4.58 * 10-4
เศรษฐีเรือนนอก	+14.33	-0.12 * 10-4
แก้วกาญจนา	-995.67	-6.30 * 10-4
เดหลี	-862	-16.44 * 10-4

สรุปคือต้นเดหลี สามารถลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ 16.45 * 10-4 ppm/cm2 of leaf area/min และลดฝุ่นละอองได้ 28.99 * 10-5 μg/m3/cm2 leaf area/min อีกทั้งยังสามารถลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเวลากลางวันได้ดีที่สุด โดยสามารถลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 28.85 * 10-4 ppm/cm2 of leaf area/min

2.3.2 สรุปผลจากงานวิจัยและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

สรุปได้ว่าพืชในร่มสามารถลดมลพิษทางอากาศและเพิ่มคุณภาพอากาศภายในอาคารได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามมีการวิจัยน้อยมากที่ดำเนินการในสภาพแวดล้อมการดำรงชีวิตจริงประจำวัน เพื่อตรวจสอบผลกระทบของต้นไม้ในร่มต่อคุณภาพอากาศ อุณหภูมิ และความชื้น ซึ่งการทดลองต้นไม้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร่มส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับมลพิษที่มีความเข้มข้นสูงในห้องระบบปิดขนาดเล็ก (Chamber) การทดลองในสภาพแวดล้อมจริง ต้องคำนึงถึงการสังเคราะห์แสงของพืช การดูดซับ การหายใจและการคายน้ำของพืช (Han, K.-T. Urban Forestry, 1998) นอกจากนี้ ต้องคำนึงถึงเงื่อนไขทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิและความชื้น และจากการศึกษางานวิจัยที่มีก่อนหน้าได้สรุปตารางประเด็นของแต่ละงานวิจัย ดังในตาราง

ตารางที่ 2.8 *ตารางสรุปประเด็นจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง*

	พืชที่ใช้	**พื้นที่ทดลอง**	**การทดลอง**		**ระยะเวลา**	**ตัวแปรควบคุม**		**เกณฑ์ชี้วัด**
			วิธีการทดลอง	**รูปแบบการทดลอง**		**สภาพแวดล้อม**	**พืช**	
Wolverton et al. , 1984	ไม่ระบุชนิดพืช	ห้องทดลองระบบปิด						ฟอร์มาลดีไฮด์
Dong-Chun Shin et al., 2009	ต้นหมาก/ยางอินเดีย, กระถางพลูคาว, ฟัสเซียและโรสแมรี่	Chamber	นำพืชเข้าไปวางในกล่อง 2 กล่อง	เปรียบเทียบกล่องมีต้นไม้และไม่มี				HCHO
พนธวรรธน์, 2009	ต้นวาสนา ต้นวาสนาอธิษฐาน ต้นลิ้นมังกรและต้นประกายเงิน	Chamber	นำพืชเข้าไปวางในกล่อง 1 กล่อง	ไม่มีการเปรียบเทียบ	24 ชั่วโมง	-ความเข้มแสง	พื้นที่ใบ	CO_2
Geun Sug Oh et al., 2011	ต้นเดหลี (Spathiphyllum clevelandii), ไทรย้อยใบแหลม (Ficus benjamina) และหมากเหลือง (Chrysalidocarpuslutescens)	Chamber	นำพืชเข้าไปวางในกล่อง 1 กล่องพร้อมกับพืช 1 ต้น	ไม่มีการเปรียบเทียบ	6 ชั่วโมง 10.00 - 16.00		พื้นที่ใบ	CO_2
Kim et al., 2013	ต้นปีปทอง (Radermachera hainanensis Merr.)	ห้องเรียน						VOCs
Mohd Mahathir Suhaimi, 2016	Anthurium ต้นหน้าวัว, Dumb Cane สาวน้อยประแป้ง, Golden Pothos พลูด่าง,	Chamber	นำพืชเข้าไปวางในกล่อง 2 กล่อง	เปรียบเทียบกันระหว่างพืช	8 ชั่วโมง	-ความเข้มแสง -อุณหภูมิ		CO_2

ตารางที่ 2.7 *ตารางสรุปประเด็นจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 *(ต่อ)*

	Kadaka Fern เฟิร์น, Prayer Plant ต้นคล้า, Spider Plant เศรษฐีเรือนใน, Syngonium พืชไม้เลื้อย					-ความเข้มข้นของ CO2		
Thanakorn et al., 2017	ต้นเฟิร์น, ต้นสาวน้อยประแป้ง, ต้นพลูด่าง, ต้นฤาษีผสม และต้นเข็มสามสี	Chamber	นำพืชเข้าไปวางในกล่อง 1 กล่อง	เปรียบเทียบกันระหว่างพืช	24 ชั่วโมง		พื้นที่ใบ	PM 2.5
Curtis Gubb, 2018	Spathiphyllum wallisii (พืชสกุลเดหลี, Hedera helix (วงศ์พืชไม้เลื้อยขนาดเล็ก, Dracaena (พืชในวงศ์ดราเซียน่า เช่น ลิ้นมังกร)	Chamber	นำพืชเข้าไปวางในกล่อง 1 กล่อง	เปรียบเทียบกันระหว่างพืช	24 ชั่วโมง	-สภาพเปียก/แห้ง -ความเข้มแสง	พื้นที่ใบ	CO_2
Shishegaran et al., 2020	Spanish Moss Tillandsia Aerobic (SMTA), Thailandia Native Fulia (TNF), Aloe Vera)	Chamber	นำพืชเข้าไปวางในกล่อง 1 กล่อง	เปรียบเทียบกันระหว่างพืช	8 ชั่วโมง	-อุณหภูมิ -ความชื้น	พื้นที่ใบ	CO_2
นวภา และคณะ, 2020	พลูงาช้าง (Epipremnum aureum), ต้นข้าหลวงหลังลาย (Asplenium nidus L.), ต้นเฟิร์นบอสตัน (Nephrolepis exaltata bostoniensis), ต้นเศรษฐีเรือนนอก (Schott cv. Bostoniensis, Cholorophytum comosum L.), ต้นแก้วกาญจนา (Aglaonema commutatum Schott) และต้นเดหลี	Chamber	นำพืชเข้าไปวางในกล่อง 1 กล่อง	เปรียบเทียบกันระหว่างพืช	24 ชั่วโมง	-ความเข้มข้นของ CO2	พื้นที่ใบ	CO_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 *(ต่อ)*

	(Spathiphyllum spp.)							

ดังนั้นการทำวิจัยครั้งนี้ มุ่งเน้นศึกษาศักยภาพของพืชในร่ม (Indoor Plants) ในการช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ผ่านการศึกษาพฤติกรรมของพืชในสภาพแวดล้อมที่ไม่ได้ควบคุม และได้สรุปแยกประเด็นที่สนใจได้ดังนี้

2.3.2.1 พื้นที่ทดลองและช่วงเวลาการทดลอง

สรุปขนาดห้องทดลองและช่วงเวลาแต่ละงานวิจัย เพื่อนำไปเปรียบเทียบหาปริมาณต้นไม้ที่เหมาะสมเพื่อทำการทดลองต่อไป

ตารางที่ 2.10 *แสดงผลการสรุปพื้นที่ห้องทดลองจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง*

Source	ขนาดห้องทดลอง (ตารางเมตร)	ช่วงเวลาทดลอง	หมายเหตุ
Wolverton et al. , 1984	-		-
Dong-Chun Shin et al., 2009	กล่องปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร 0.9 ม. (กว้าง) × 0.9 ม. (ยาว) × 1.24 ม. (สูง) ทำด้วยสเตนเลสและแก้ว		
พนธวรรธน์, 2009	กล่องปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร	24 ชั่วโมง	
Geun Sug Oh et al., 2011	กล่องปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เมตร (0.93 ม. × 0.6 ม. × 0.9 ม.) ทำด้วยกระจก	6 ชั่วโมง 10.00-16.00	
Kim et al., 2013	ห้องเรียนปริมาตร 46.2 ลูกบาศก์เมตร (ยาว 4.0 ม. กว้าง 3.0 ม. สูง 3.85 ม.)		-พบว่าต้นไม้มีจำนวนมากมีคุณภาพที่ดีกว่า และมีการเพิ่มความชื้นที่ดีกว่าด้วย
Mohd Mahathir Suhaimi, 2016	ห้องปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร	8 ชั่วโมง	
Thanakorn et al., 2017	ห้องปริมาตร 8 ลูกบาศก์เมตร	24 ชั่วโมง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 *(ต่อ)*

Curtis Gubb, 2018	กล่องปริมตาร 0.14 ลูกบาศก์เมตร (0.45 ม. × 0.45 ม. × 0.70 ม.)	24 ชั่วโมง
Shishegaran et al., 2020	กล่องปริมาตร 0.125 ลูกบาศก์เมตร (0.50 ม.× 0.50 ม. × 0.50 ม.)	8 ชั่วโมง
นวภา et al., 2020	กล่องปริมาตร 0.125 ลูกบาศก์เมตร (0.50 ม.× 0.50 ม. × 0.50 ม.)	24 ชั่วโมง

2.3.2.2 ชนิดของพืชในร่มและอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์

สรุปชนิดของพืชที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด สรุปพื้นที่ใบและอัตราการดูดซับของพืชชนิดนั้นๆ

ตารางที่ 2.11 *สรุปชนิดของพืชในร่มเทียบกับอัตราส่วนการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์*

Source	Plant Species	Plant Size		Pollutions	Net CO2 assimilation per plant (ppm/hr)
		Leaf Area (sq.cm.)	Size of Pot		
Wolverton et al. , 1984	ต้นปาล์มไผ่	-	-	-	2.5 – 5.1
Dong-Chun Shin et al., 2009	ต้นฟิสเชีย	1,627	-	-	-
พนธวรรธน์, 2009	ต้นวาสนาอธิษฐาน	-	-	-	
Geun Sug Oh et al., 2011	ต้นเดหลี	3,000	-	-	26.7 - 86.7
Kim et al., 2013	ต้นปีปทอง	-	1.3 Meter	-	-
Mohd Mahathir Suhaimi, 2016	ต้นคล้า	-	-	CO_2 1000±10 ppm	8.9
Thanakorn et al., 2017	ต้นเฟิร์นประดิษฐ์	-	-	-	-
Curtis Gubb, 2018	ต้นเดหลี	1,766	-	CO_2 400–450 ppm	27.86 – 36.1
Shishegaran et al., 2020	ต้นว่านหางจรเข้	-	178 g	CO_2 4,900 ppm	60.9
นวภา et al., 2020	ต้นเดหลี	390.9	-	-	30.8

*หมายเหตุ ได้มีการแปลงหน่วยให้เป็น ppm/hr ซึ่งการแปลงจาก มิลลิกรัมต่อชั่วโมง (มก./ชม./ต้น) หรือหน่วยอื่นๆตามงานวิจัยที่ผ่านมา เป็น ppm (parts per million) จำเป็นต้องรู้ปริมาตรของห้องที่ทดลองด้วย เพราะ ppm เป็นสัดส่วนความเข้มข้นในปริมาตรอากาศ ไม่ใช่แค่ปริมาณต่อเวลาเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากในตารางที่ 2.9 ต้นเดหลีมีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีประสิทธิภาพใน 3 การทดลอง และเห็นความเชื่อมโยงระหว่างพื้นที่ใบกับอัตราการดูดซับในแต่ละการทดลอง ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ต้นเดหลีเพื่อทำการทดลองต่อไป

2.4 สรุปกรอบแนวความคิด

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีกรอบแนวคิดที่สอดคล้องกัน 2 องค์ประกอบดังนี้

รูปที่ 2.4 แสดงกรอบแนวความคิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) เพื่อทดลองประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชในร่ม ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีดำเนินการวิจัยโดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1) เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.2) การออกแบบการทดลอง

3.3) ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.4) เครื่องมือการเก็บข้อมูล

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ใช้เครื่องมือตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้เครื่องวัดคุณภาพอากาศ TUYA ใช้หลักการ NDIR infrared sensor (Non dispersive -infrared) ที่มีความแม่นยำสูง โดยมีแอปพลิเคชัน Smart Life ติดตามผลทางออนไลน์ในสมาร์ทโฟน โดยในการทดลองครั้งนี้ใช้ทั้งหมด 3 เครื่อง

รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องวัดคุณภาพอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบการทดลอง

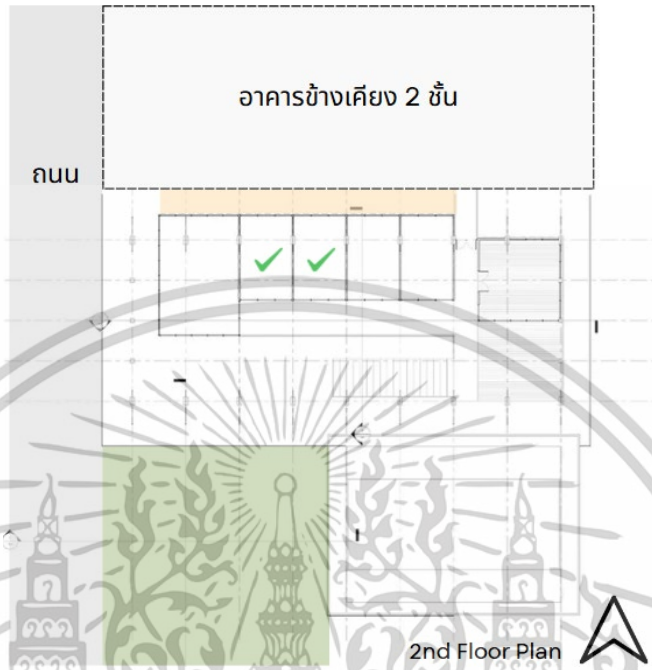
3.2.1 พื้นที่ศึกษา

จากการทบทวนงานวิจัยพบว่า การทดลองส่วนใหญ่ดำเนินการในห้องระบบปิดขนาดเล็ก (Chamber) จึงต้องการทดลองในสภาพแวดล้อมการดำรงชีวิตจริงประจำวันเพื่อตรวจสอบผลกระทบของต้นไม้ในร่มต่อคุณภาพอากาศ อุณหภูมิ และความชื้น อีกทั้งแนวทางการออกแบบพื้นที่ภายในอาคารสำนักงาน โดยเฉพาะในเขตเมือง พบว่าพื้นที่ใช้สอยเฉลี่ยต่อบุคคลอยู่ในช่วง 5–10 ตารางเมตรต่อคน ซึ่งทำให้ห้องทำงานทั่วไปในสำนักงานมีขนาดประมาณ 20–30 ตารางเมตร ทั้งนี้ ขนาดห้อง 24 ตารางเมตร (กว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร) ถือเป็นขนาดที่เหมาะสมในการศึกษาพฤติกรรมของสิ่งแวดล้อมภายในเนื่องจากสอดคล้องกับขนาดของห้องทำงานขนาดกลางที่ใช้จริง อีกทั้งยังเป็นพื้นที่ที่สามารถควบคุมปัจจัยด้านแสงและอุณหภูมิได้ในระดับที่เหมาะสม โดยไม่เล็กหรือใหญ่จนเกินไป นอกจากนี้ งานวิจัยด้านการจัดวางพืชในอาคาร โดย Smith et al. (2020) และ Tanaka & Kobayashi (2018) ยังระบุว่าห้องที่มีพื้นที่ระหว่าง 20–25 ตร.ม. เป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาประสิทธิภาพของพืชในร่มต่อการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบริบทของห้องทำงาน

การทดลองครั้งนี้จึงเลือกใช้ห้องทำงานขนาดเล็ก ขนาด กว้าง 4 เมตร * ยาว 6 เมตร * สูง 2.5 เมตร ปริมาตรห้อง 60 ลูกบาศก์เมตร โดยใช้ทั้งหมด 2 ห้องที่มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ เพื่อจำลองสภาพแวดล้อมการทำงานจริงในแต่ละวัน สถานที่ตั้ง บริเวณช็อปดำ คณะสถาปัตยกรรม ศิลปะและการออกแบบ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รูปที่ 3.2 แสดงสถานที่ตั้งห้องทดลอง

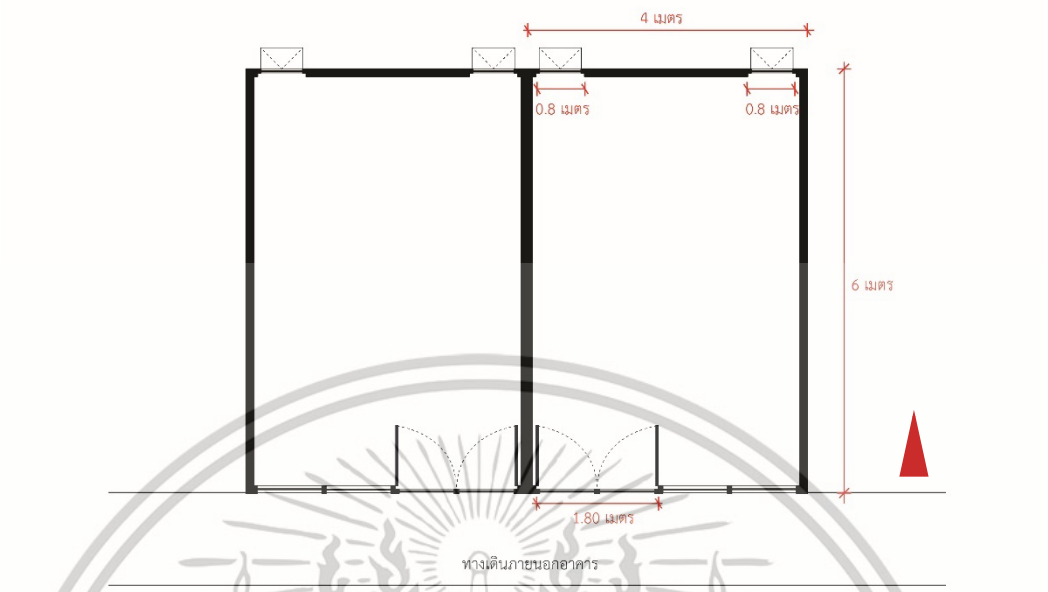
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงตำแหน่งห้องทดลอง

รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะห้องทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงแผนผังห้องทดลอง

3.2.2 ช่วงเวลาที่ทดลอง

ระยะเวลาการทำการทดลอง 10 ธันวาคม 2567 – 10 มกราคม 2568 รวมระยะเวลาประมาณ 30 วัน จากแผนผังของห้อง มีเพียงหน้าต่างทางทิศเหนือเท่านั้น ที่มีแสงแดดสะท้อนเข้ามาเล็กน้อย ไม่ได้โดนแสงแดดโดยตรง ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือ แสง ดังนั้นจะพิจารณาช่วงเวลา 8.00-16.00 น. (8 ชั่วโมง)

3.2.3 ต้นไม้ที่ใช้ในการทดลอง

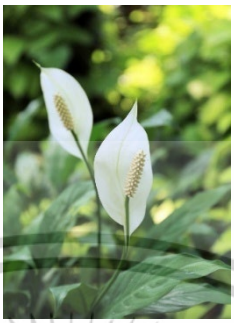
ในส่วนของพันธุ์พืชที่ใช้ในการทดลอง ได้มีการอ้างอิงจากการวิจัยก่อนหน้าที่กล่าวถึงพืชที่มีศักยภาพที่ดีที่สุดในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ และพิจารณาจากการทบทวนงานวิจัย ผู้วิจัยได้เลือกพืชเดหลีมาใช้ในการทดลอง

ชื่อทางวิทยาศาสตร์ Spathiphyllum wallisii

ชื่อวงศ์ ARACEAE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางกายภาพ เป็นไม้พุ่มเตี้ยสูงประมาณ 30-60 เซนติเมตร มีใบสีเขียวเข้มมันเป็นวาว ดอกเป็นช่อสีขาวหรือขาวแกมเหลือง



รูปที่ 3.6 ลักษณะดอกของต้นเดหลี

(ที่มา : https://www.royalparkrajapruek.org/)

ลักษณะเด่นเพิ่มเติม เป็นไม้ในร่มที่สามารถออกดอกได้ภายในอาคาร ถึงแม้จะมีความชื้นต่ำและได้รับแสงจากหลอดไฟฟ้าเท่านั้น และสามารถดูดสารพิษจำพวกแอลกอฮอล์ อาซีโตน ไตรคลอไรเอทีรีน เบนซีนและฟอร์มาดีไฮด์ ดูดได้ในปริมาณมากอีกด้วย จึงเหมาะที่จะปลูกอาคารสำนักงานอย่างยิ่ง (ที่มา : https://www.panmai.com/)

พืชที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ มีขนาดกระถาง 11 นิ้ว ความสูงลำต้นประมาณ 20-25 ซม.

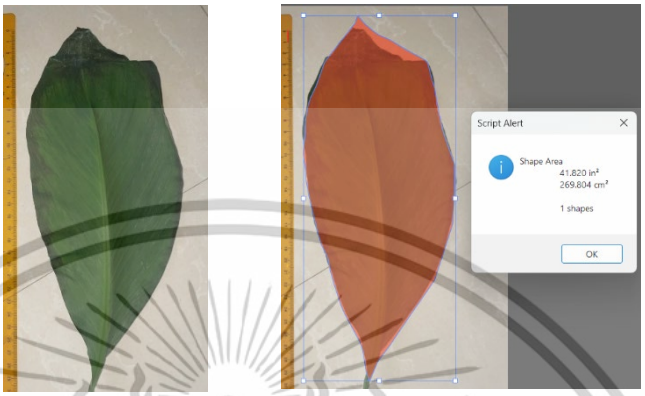
รูปที่ 3.7 ลักษณะของต้นเดหลี

3.2.2.1 คำนวณพื้นที่ใบ

ส่วนการวัดพื้นที่ใบเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบอัตราส่วนต้นไม้ต่อพื้นที่ห้องทดลอง ใช้ GetShapeArea Scripts ในโปรแกรม Adobe Illustrator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า 1 ใบมีพื้นที่โดยประมาณ ±269.8 ตร.ซม. ซึ่งใน 1 ต้น จะมีใบเฉลี่ย 15-20 ใบ ฉะนั้นแต่ละต้นมีพื้นที่ใบเฉลี่ย 4,000 – 5,500 ตร.ซม.



รูปที่ 3.8 แสดงการวัดพื้นที่ใบ

3.2.2.2 อัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

อ้างอิงสรุปผลตามตาราง พื้นที่ใบมีผลต่ออัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงสรุปอัตราการดูดซับตามพื้นที่ใบได้ดังนี้

ตารางที่ 3.1 *อัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นเดหลีจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง*

Source	Plant Species	Plant Size		Net CO2 assimilation per plant (ppm/hr)
		Leaf Area (sq.cm.)	Size of Pot	
Geun Sug Oh et al., 2011	ต้นเดหลี	3,000	-	26.7 - 86.7
Curtis Gubb, 2018	ต้นเดหลี	1,766	-	27.86 – 36.1
นวภา et al., 2020	ต้นเดหลี	390.9	-	30.8

การทดลองชุดแรกมีพื้นที่ใบ 3000 ตร.ซม. ดูดก๊าซคาร์บอนได้ 26.7-86.7 ppm/hr การทดลองชุดสองมีพื้นที่ใบ 1,766 ตร.ซม. ดูดก๊าซคาร์บอนได้ 27.86-36.1 ppm/hr การทดลองชุดที่สามมีพื้นที่ใบ 390.9 ดูดก๊าซคาร์บอนได้ 30.8 ppm/hr โดยผู้วิจัยจะคำนวณแบบ "ถ่วงน้ำหนักตามพื้นที่ใบ" เนื่องจากพื้นที่ใบไม่เท่ากันแต่ละการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่าเฉลี่ยการดูด CO_2 ของแต่ละชุด:

ชุด 1: (26.7+86.7)/2=56.7 ppm/hr

ชุด 2: (27.86+36.1)/2=31.98 ppm/hr

ชุด 3: 30.8 ppm/hr (ค่าเดียว)

หาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก:

ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก = ∑(ค่าเฉลี่ย CO_2×พื้นที่ใบ) / ∑พื้นที่ใบ

= (56.7×3000)+(31.98×1766)+(30.8×390.9) / 3000+1766+390.9

= 170100+56490.68+12037.725156.9 ≈ 238628.45156.9 ≈ 46.27

= ค่าเฉลี่ยการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นเดหลี ≈ 46.27 ppm/hr

*(ค่าเฉลี่ยถ่วงตามพื้นที่ใบ)

ซึ่งต้นเดหลีที่นำมาใช้มีพื้นที่ใบ 4,000 – 5,500 ตร.ซม.

โดยจะคำนวณอัตราการดูดซับเฉลี่ยต่อ 1 ตร.ซม.

อัตราต่อ 1 ตร.ซม.= 46.27 ppm/hr / 5156.9 ตร.ซม. ≈ 0.00897 ppm/hr/ตร.ซม.

คำนวณช่วงการดูดซับสำหรับพื้นที่ใบ 4000–5500 ตร.ซม.

พื้นที่ 4000 ตร.ซม. = 4000×0.00897≈35.88 ppm/hr

พื้นที่ 5500 ตร.ซม. = 5500×0.00897≈49.34 ppm/hr

ดังนั้นหากต้นเดหลีมีพื้นที่ใบ 4000 – 5500 ตร.ซม.

จะสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 35.88 – 49.34 ppm/hr (ค่าเฉลี่ย 42.61 ppm/hr)

3.2.2.3 หาปริมาณพืชที่ใช้ในการทดลอง

พิจารณาพื้นที่ของห้องทดลอง ทำให้คำนวณจำนวนพืชที่จะใช้ทดลองได้ งานวิจัยทั้งหมดจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองในกล่องระบบปิด (Chamber) ขนาดโดยเฉลี่ย **1 ตารางเมตร ต่อจำนวนพืช 1 ต้น** และ**พื้นใบน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3,000 ตร.ซม.** ห้องทดลองที่ใช้มีขนาด 24 ตร.ม. ถ้าคิดจากที่ว่า 1 ต้น ต่อ 1 ตารางเมตร

ดังนั้นห้องทดลองนี้ควรใช้ต้นไม้อย่างน้อย **24-30 ต้นหรือมากกว่า** ผู้วิจัยจึงใช้**จำนวนพืช 30 ต้น**เป็นเกณฑ์ในการวัดและเปรียบเทียบสัดส่วนที่เหมาะสมของพืชในร่ม ผู้ทดลองจะให้ตัวแปรแรกเป็นจำนวนต้นไม้ที่แตกต่างกัน โดยจะแบ่งเป็นอัตราส่วนที่ 15 / 30 / 45 ต้น

3.3 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

3.3.1 ขั้นตอนเตรียมการทดลอง

ขั้นตอนเตรียมการทดลองใช้เวลาทั้งหมด 3 วัน

3.3.1.1 พืชทดลอง

ต้นเดหลีที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ มีขนาดกระถาง 11 นิ้ว ความสูงลำต้นประมาณ 20-25 ซม. พื้นที่ใบเฉลี่ย 4,000-5,500 ต่อต้น นำพืชทั้งหมดวางไว้ด้านนอกห้อง 3 วันในที่แสงส่องถึงได้น้อย และมีการรดน้ำต้นไม้ทุกวัน เพื่อปรับสภาพของพืชก่อนทำการทดลอง

รูปที่ 3.9 แสดงต้นเดหลีก่อนนำเข้าห้องทดลอง

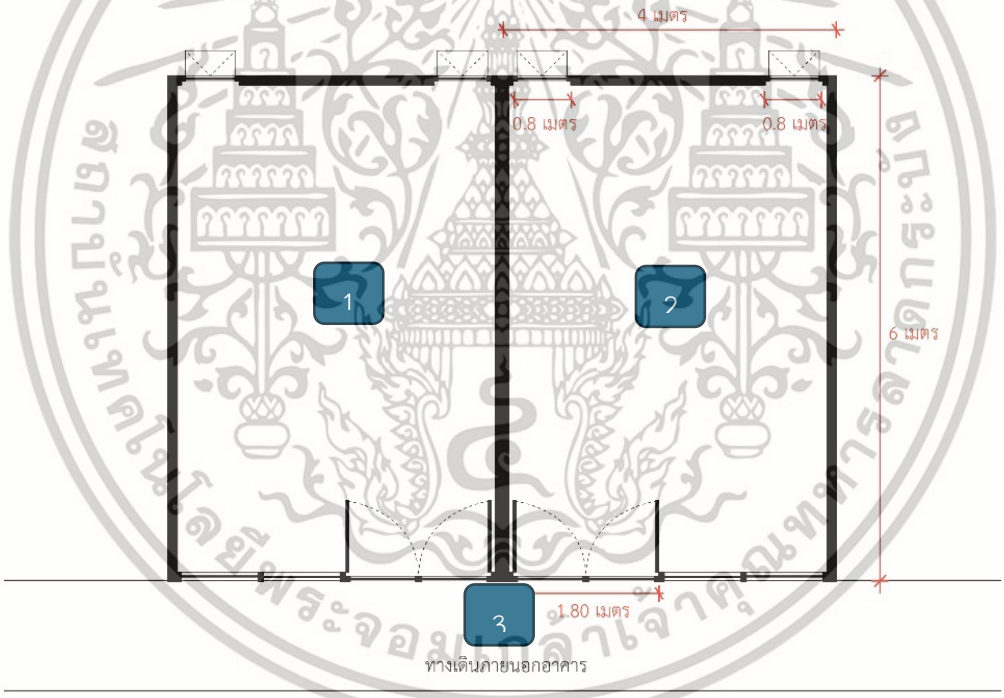
3.3.1.2 เตรียมห้องทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตรียมห้องทดลองทั้ง 2 ห้อง โดยการปิดประตูและหน้าต่างทั้งหมด ตรวจสอบสภาพห้องทั้งหมด เพื่อปรับสภาพห้องเพื่อให้แน่ใจว่ามีสภาพแวดล้อมเดียวกัน เป็นเวลา 3 วัน

3.3.1.3 เตรียมเครื่องมือวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือและเป็นการปรับเทียบเครื่องวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Calibrate) ของเครื่องวัด โดยนำเครื่องวัดทั้ง 3 เครื่องวางแยกตามจุดที่กำหนดตามรูปภาพที่ x จากนั้นเก็บข้อมูลปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน และนำผลการวัดมาหาค่าความเบี่ยงเบน



รูปที่ 3.10 แสดงตำแหน่งวางเครื่องวัด 3 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

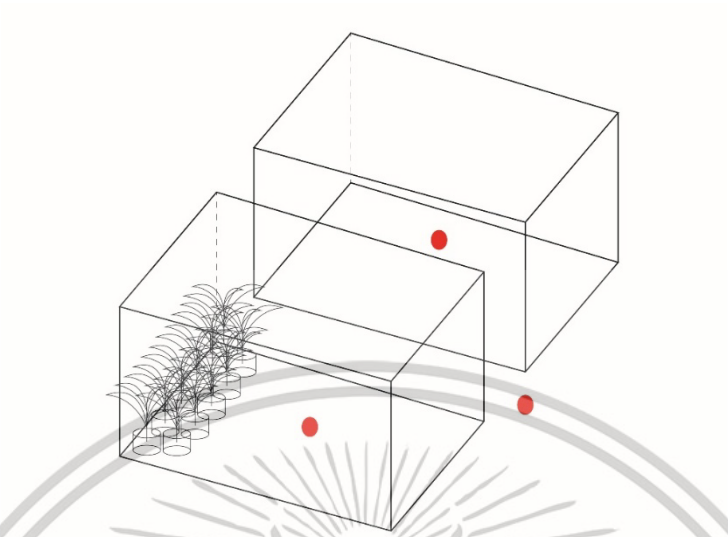
รูปที่ 3.11 แสดงภาพเครื่องวัดทั้ง 3 เครื่อง

3.3.1.4 ตำแหน่งการวางพืช

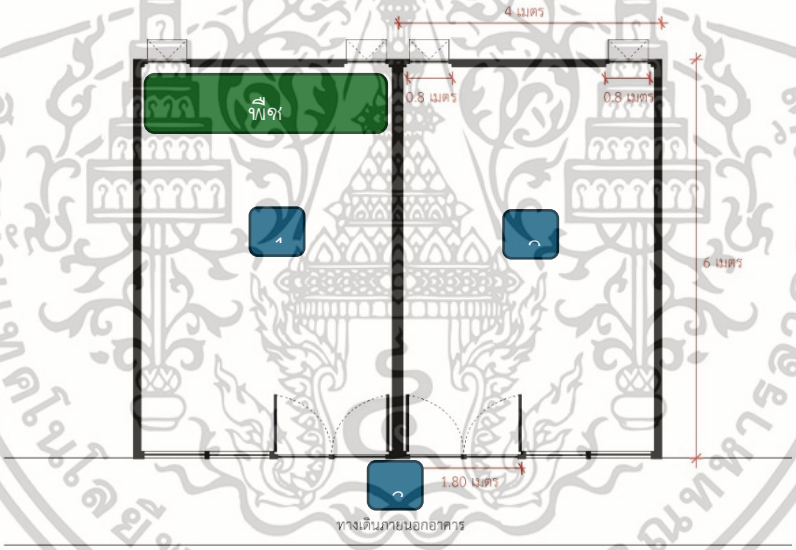
เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนเตรียมการทดลองแล้ว เริ่มนำพืชเข้ามาใส่ในห้องทดลอง มีตำแหน่งการวางดังในรูปภาพที่ x ผู้วิจัยเลือกวางพืชให้เป็นแนวตามผนังด้านที่มีหน้าต่าง และเพื่อจำลองการวางในห้องทำงานจริงที่มีพื้นที่การวางต้นไม้จำกัด และไม่รบกวนการวางเฟอร์นิเจอร์ในห้อง โดยจะเริ่มวางพืชที่ 15 ต้นในระยะการทดลอง โดยเตรียมพื้นที่ไว้เผื่อสำหรับ 45 ต้นเลย โดยเฉลี่ยแต่ละกระถางใช้พื้นที่ประมาณ 900 ตร.ซม. ฉะนั้นจะใช้พื้นที่การวางทั้งหมด 40,500 ตร.ซม. หรือ 4 ตร.ม.

รูปที่ 3.12 แสดงผังการวางพืช (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แสดงผังการวางพืช (2)



รูปที่ 3.14 แสดงแผนผังการวางพืช (3)

3.3.2 ขั้นตอนการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวัดระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องทำงาน ได้ใช้เครื่องวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แบบดิจิทัล ซึ่งสามารถบันทึกค่าความเข้มข้นในหน่วย parts per million (ppm) ได้อย่างต่อเนื่อง เครื่องวัดถูกวางไว้ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของห้อง บนพื้นระดับเดียวกับพื้นห้อง เพื่อให้สอดคล้องกับระดับที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มสะสมสูงกว่าเนื่องจากมีความหนาแน่นมากกว่าอากาศ จึงลอยต่ำอยู่ที่ผิวพื้น ตำแหน่งดังกล่าวจึงใช้เป็นจุดอ้างอิงมาตรฐานเดียวกันในการวัดทุกช่วงเวลา

โดยจะแบ่งออกเป็น 2 สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยได้อ้างอิงมาจากระดับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศที่มีผลต่อมนุษย์ ดังนี้

1. แบบห้องปกติ เพื่อจำลองห้องที่มีการระบายอากาศ
2. แบบห้องปิดสนิท เพื่อจำลองห้องที่มีการระบายไม่ดี หรือไม่มีการระบายอากาศ

รูปที่ 3.15 ลักษณะห้องแบบปกติ

โดยในสภาพแวดล้อมห้องปิดสนิท โดยการนำเทปกาวติดที่ขอบประตูและขอบหน้าต่าง เพื่อป้องกันการไหลของอากาศจากภายนอก และไม่มีการเปิดเข้าไปในห้อง

รูปที่ ลักษณะห้องแบบปิดสนิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแต่ละสภาพแวดล้อม มีการแบ่งย่อยอีก 3 ช่วงตามปริมาณของพืช คือ 15 ,30 และ 45 ต้น แสดงในตารางที่ x

ตารางที่ 3.2 *แสดงขั้นตอนการทดลอง*

	Phase 1		Phase 2	
	ห้องปกติ		ห้องปิดสนิท	
	ห้องมีพืช	ห้องไม่มีพืช	ห้องมีพืช	ห้องไม่มีพืช
พืช 15 ต้น	ทดลองวันที่ 1		ทดลองวันที่ 1	
	ทดลองวันที่ 2		ทดลองวันที่ 2	
	ทดลองวันที่ 3		ทดลองวันที่ 3	
พืช 30 ต้น	ทดลองวันที่ 1		ทดลองวันที่ 1	
	ทดลองวันที่ 2		ทดลองวันที่ 2	
	ทดลองวันที่ 3		ทดลองวันที่ 3	
พืช 45 ต้น	ทดลองวันที่ 1		ทดลองวันที่ 1	
	ทดลองวันที่ 2		ทดลองวันที่ 2	
	ทดลองวันที่ 3		ทดลองวันที่ 3	

ช่วงเวลาระหว่างการทดลองเพิ่มต้นไม้ คือ ระยะเวลา reset ผู้วิจัยจะนำต้นไม้ออกจากห้องทั้งหมด และปล่อยให้ห้องกลับเข้าสู่สภาพเดิมเป็นเวลา 1 วัน จากนั้นค่อยกลับเริ่มการทดลองเพิ่มต้นไม้เข้าไปใหม่

การเก็บข้อมูลการทดลอง จะเริ่มตั้งแต่เวลา 0.00 น. บันทึกค่าทุกๆ 1 ชั่วโมง จนครบ 24 ชั่วโมง ในแต่ละวัน กำหนดนับเวลามีแสงสว่างเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ตั้งแต่เวลา 8.00 – 16.00 น. รวมเวลา 8 ชั่วโมง โดยการบันทึกข้อมูลนี้จะทำทั้ง 3 เครื่องพร้อมกันทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

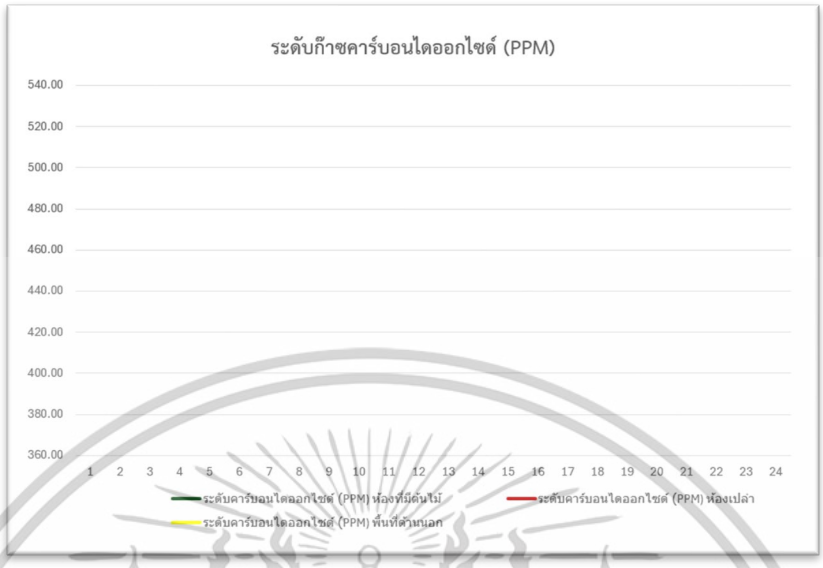
3.4 เครื่องมือการเก็บข้อมูล

ตารางที่ 3.3 *แสดงตารางการเก็บข้อมูลการทดลอง*

	หัวข้อสภาพแวดล้อมห้องทดลอง								
	วันที่ 1			วันที่ 2			วันที่ 3		
ช่วงเวลา	ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)			ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)			ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)		
	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก
1.00									
2.00									
3.00									
4.00									
5.00									
6.00									
7.00									
8.00									
9.00									
10.00									
11.00									
12.00									
13.00									
14.00									
15.00									
16.00									
17.00									
18.00									
19.00									
20.00									
21.00									
22.00									
23.00									
24.00									

เมื่อได้ตารางการเก็บข้อมูลแล้ว นำไปแปลงเป็นกราฟเพื่อทำการเปรียบเทียบได้ชัดเจนมากขึ้น และนำเสนอในรูปแบบของกราฟเส้นแสดงแนวโน้มความเข้มข้นของ CO_2 ตลอดช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 แสดงกราฟระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การสร้างเครื่องมือเก็บข้อมูล ใช้การเปรียบเทียบระหว่างห้องที่มีต้นไม้ ห้องเปล่า และพื้นที่ด้านนอก เพื่อให้เห็นภาพรวมประสิทธิภาพของพืชในร่มว่ามีผลต่อตัวแปรภายในห้องอย่างไร

โดยความถี่ในการเก็บข้อมูล แบบต่อเนื่องทุก 1 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงต่อวัน การเก็บข้อมูลดำเนินการ ทั้งในวันที่ไม่มีพืช และ วันที่มีพืชวางในห้อง ภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกัน และระยะเวลาการเก็บข้อมูลรวม 3 วันต่อสภาวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ โดยมุ่งเน้นการวัดระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เปรียบเทียบระหว่างการมีพืชในร่มและไม่มี เพื่อประเมินความสามารถในการดูดซับ CO_2 ของพืช โดยใช้เครื่องวัดคุณภาพอากาศ และเก็บวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม Microsoft Excel

4.1 ผลการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 บริบท โดยแบ่งตามสภาพแวดล้อม 2 รูปแบบที่กำหนดไว้ ดังนี้

1. แบบห้องปกติ เพื่อจำลองห้องที่มีการระบายอากาศ
2. แบบห้องปิดสนิท เพื่อจำลองห้องที่มีการระบายไม่ดี หรือไม่มีการระบายอากาศ

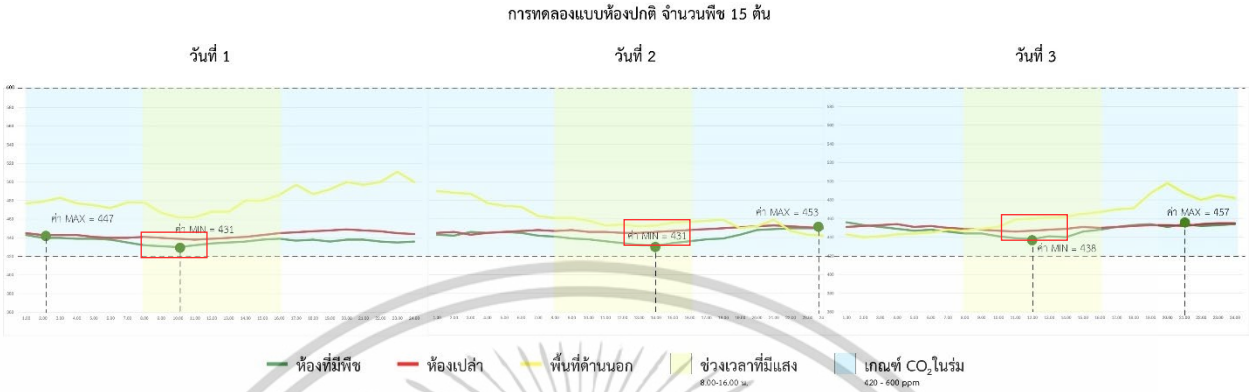
โดยในแต่สภาพแวดล้อมก็จะมีการทดลองตามตัวแปรจำนวนพืช อีก 3 รูปแบบ คือ 15, 30 และ 45 ต้น ในแต่ละจำนวนจะทดลองเป็นเวลา 3 วันและไม่มีการเข้าไปในห้องทดลอง มีผลการทดลอง ดังนี้

4.1.1 สภาพแวดล้อมแบบห้องปกติ

จากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นเดหลี ในห้องทำงานขนาด 24 ตร.ม. และบันทึกข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยจะแบ่งข้อมูลเป็น 3 ช่วง ตามจำนวนพืชที่ใช้ คือ 15, 30 และ 45 ต้น ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองแบบห้องปกติ จำนวนพืช 15 ต้น



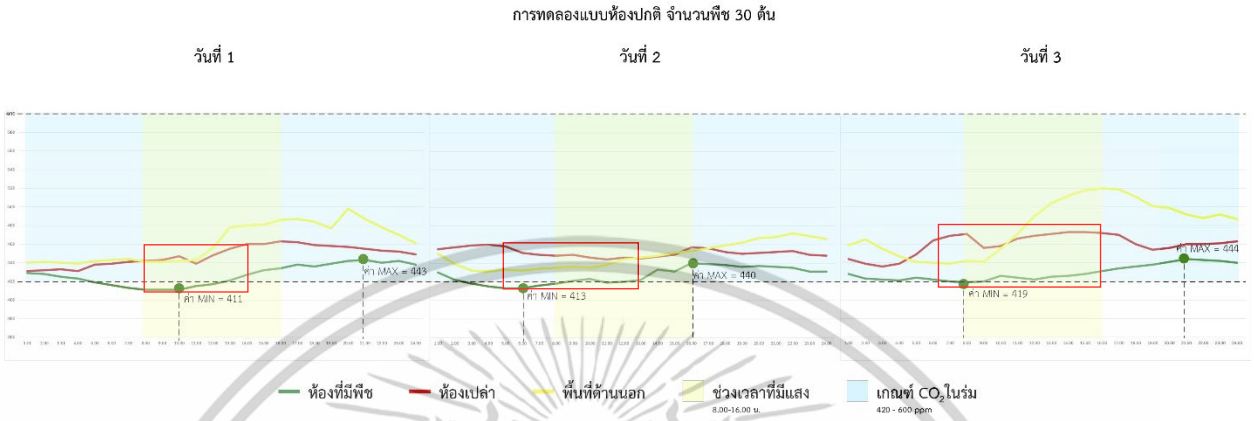
รูปที่ 4.1 กราฟผลการทดลองแบบห้องปกติ จำนวนพืช 15 ต้น

จากผลการวัดทั้ง 3 วัน ผลการวัดในวันที่ 1 เวลา 0.00 น. เริ่มต้นวัดมีค่าอยู่ที่ 444 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 447 ppm ในเวลา 02.00 น. เพิ่มขึ้นมาจากค่าเฉลี่ยต่ำสุด 431 ppm เวลา 11.00 น. โดยมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆในช่วงเวลา 16.00 น. เมื่อแสงใกล้หมดลง เช่นเดียวกับการทดลองวันที่ 2 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 431 ppm และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่เวลา 16.00 น. เพิ่มไปจนถึงค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 453 ppm และในการทดลองวันที่ 3 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 438 ppm และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่เวลา 16.00 น. เพิ่มไปจนถึงค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 457 ppm ซึ่งการทดลองทั้ง 3 วัน เห็นได้ชัดว่าค่าก๊าซ CO_2 ท้ายการทดลองในแต่ละวัน จบที่ค่าใกล้เคียงกับค่าก๊าซ CO_2 ในการเริ่มต้นการทดลองในแต่ละวัน และบางช่วงมีค่าสูงกว่าห้องเปล่าที่ไม่มีพืชเล็กน้อบ จากรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในการทดลอง พบว่า ช่วงเวลา 8:00–14:00 น. เป็นช่วงที่พืชสามารถลดระดับ CO_2 ได้มากที่สุด

จากการเปรียบเทียบข้อมูลรายชั่วโมงของห้องที่มีพืชและห้องที่ไม่มี พบว่าในการทดลองวันที่ 1 มีช่วงเวลาที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ห่างกันมากที่สุดอยู่ที่ 6.00-11.00 น. ค่าความต่างสูงสุดที่ -11 ppm การทดลองวันที่ 2 ช่วงเวลาที่ 12.00–15.00 น. ค่าความต่างสูงสุด-19 ppm และการทดลองวันที่ 3 ช่วงเวลาที่ 10.00-15.00 น. ค่าความต่างสูงสุดอยู่ที่ -7 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองแบบห้องปกติ จำนวนพืช 30 ต้น



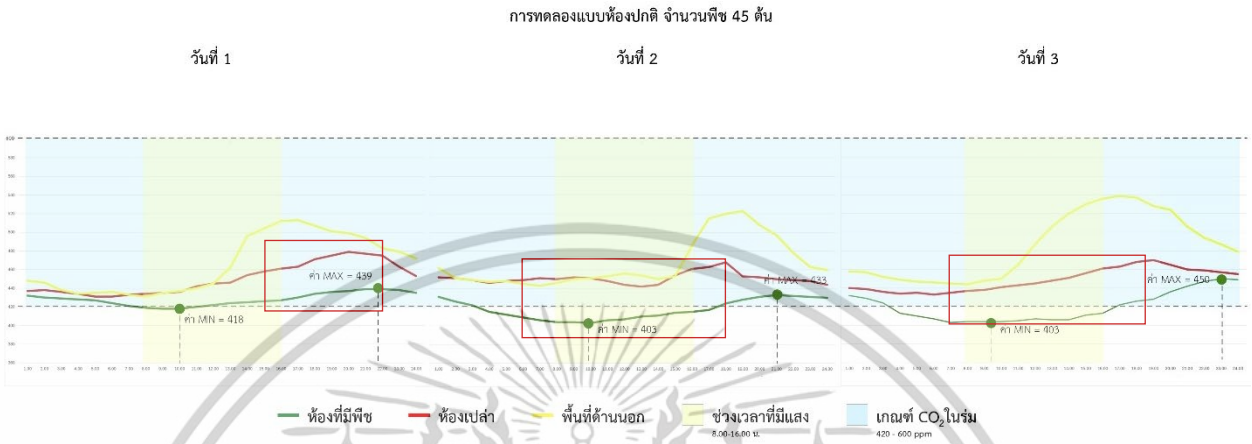
รูปที่ 4.2 กราฟผลการทดลองแบบห้องปกติ จำนวนพืช 30 ต้น

จากผลการวัดทั้ง 3 วันโดยเพิ่มจำนวนพืชเป็น 30 ต้น ผลการวัดในวันที่ 1 เวลา 0.00 น. เริ่มต้นวัดมีค่าอยู่ที่ 429 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 411 ppm เวลา 11.00 น. มีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 443 ppm ในเวลา 23.00 น. การทดลองวันที่ 2 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 413 ppm มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 440 ppm ตั้งแต่เวลา 16.00 น. และในการทดลองวันที่ 3 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 419 ppm เพิ่มไปจนถึงค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 444 ppm ซึ่งการทดลองทั้ง 3 วัน เห็นได้ชัดว่าค่าก๊าซ CO_2 ท้ายการทดลองในแต่ละวันจบที่ค่าสูงกว่าค่าก๊าซ CO_2 ในการเริ่มต้นการทดลองในแต่ละวันเล็กน้อย และจากการทดลองเพิ่มพืชจำนวน 30 ต้นในสภาพแวดล้อมห้องปกติที่ไม่ได้ควบคุม พบว่าพืชสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ CO_2 หลังการดูดซับอยู่ในช่วง 411–419 ppm ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 420-600 ppm (ASHRAE, 2019)

จากการเปรียบเทียบข้อมูลรายชั่วโมงของห้องที่มีพืชและห้องที่ไม่มี พบว่าในการทดลองวันที่ 1 มีช่วงเวลาที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ห่างกันมากที่สุดอยู่ที่ 8.00-14.00 น. ค่าความต่างสูงสุดที่ -31 ppm การทดลองวันที่ 2 ช่วงเวลาที่ 5.00–13.00 น. ค่าความต่างสูงสุด -30 ppm และการทดลองวันที่ 3 ช่วงเวลาที่ 6.00-16.00 น. ค่าความต่างสูงสุดอยู่ที่ -43 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองแบบห้องปกติ จำนวนพืช 45 ต้น



รูปที่ 4.3 กราฟผลการทดลองแบบห้องปกติ จำนวนพืช 45 ต้น

เพิ่มจำนวนพืชเป็น 45 ต้น ผลการทดลองในวันที่ 1 เวลา 0.00 น. เริ่มต้นวัดมีค่าอยู่ที่ 432 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 418 ppm เวลา 10.00 น. มีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 439 ppm ในเวลา 21.00 น. การทดลองวันที่ 2 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 403 ppm และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 433 ppm ที่เวลา 21.00 น. และในการทดลองวันที่ 3 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 403 ppm ในเวลา 7.00 น. เพิ่มไปจนถึงค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 450 ppm ที่เวลา 23.00 น. ซึ่งการทดลองทั้ง 3 วัน เห็นได้ค่าก๊าซ CO_2 ท้ายการทดลองในแต่ละวัน จบที่ค่าสูงกว่าค่าก๊าซ CO_2 ในการเริ่มต้นการทดลองในแต่ละวันอย่างเห็นได้ชัด และการเพิ่มจำนวนพืชเป็น 45 ต้น ระดับ CO_2 ลดลงเพิ่มเติม เหลือเพียง 403-418 ppm ซึ่งต่ำกว่าการทดลองแบบ 30 ต้น

จากการเปรียบเทียบข้อมูลรายชั่วโมงของห้องที่มีพืชและห้องที่ไม่มี พบว่าในการทดลองวันที่ 1 มีช่วงเวลาที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ห่างกันมากที่สุดอยู่ที่ 15.00-22.00 น. ค่าความต่างสูงสุดที่ -36 ppm การทดลองวันที่ 2 ช่วงเวลาที่ 6.00–18.00 น. ค่าความต่างสูงสุด -40 ppm และการทดลองวันที่ 3 ช่วงเวลาที่ 7.00-19.00 น. ค่าความต่างสูงสุดอยู่ที่ -39 ppm

เมื่อทดลองทั้ง 3 ช่วงครบแล้ว นำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบ สรุปหาคำนวณค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับของก๊าซ CO_2 โดยต้นเดหลีในสภาพแวดล้อมแบบห้องปกติ ซึ่งการคำนวณค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างห้องที่มีต้นไม้และห้องเปล่าในแต่ละชั่วโมง จากนั้นนำผลต่างมาหาค่าเฉลี่ยตลอดวัน (24 ชั่วโมง) หรือเฉพาะช่วงเวลาที่ต้องการศึกษา มีวิธีการคำนวณดังนี้

ค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับเฉลี่ยต่อวัน (PPM)= $(n / 1) (_{i=1}\Sigma^{n}) (\text{ค่าคาร์บอนห้องเปล่า}_i - \text{ค่าคาร์บอนห้องที่มีต้นไม้}_i)$

หมายเหตุ n = จำนวนข้อมูล (ในที่นี้คือ 24 ชั่วโมงต่อวัน)

ค่าคาร์บอนห้องเปล่า$_i$ = ค่าคาร์บอนที่วัดได้จากห้องเปล่าในชั่วโมงที่ i

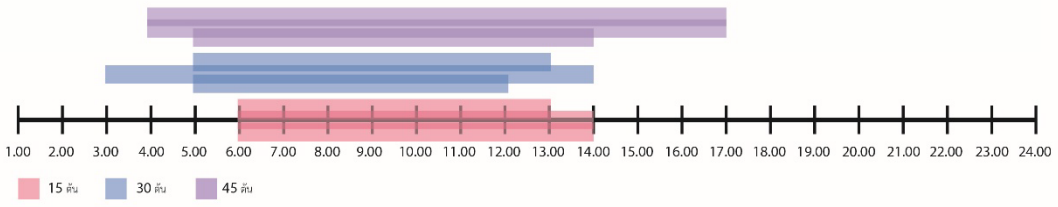
ค่าคาร์บอนห้องมีต้นไม้$_i$ = ค่าคาร์บอนจากห้องที่มีต้นไม้ในชั่วโมงเดียวกัน

ตารางที่ 4.1 *แสดงค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับแบบห้องปกติ*

จำนวนต้นไม้	**วันที่ 1**	**วันที่ 2**	**วันที่ 3**	**ค่าเฉลี่ยรวม (ppm/hr)**
15 ต้น	5.46	9.33	2.92	5.90
30 ต้น	20.71	24.75	30.58	25.35
45 ต้น	22.04	33.25	28.79	28.03

จากค่าเฉลี่ยพบว่าห้องที่มีต้นเดหลี 30 ต้นสามารถลดคาร์บอนในอากาศได้มากกว่าห้องที่มี 15 ต้นอย่างชัดเจน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 25.35 PPM ห้องที่มีต้นไม้ 45 ต้นมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีค่าเฉลี่ย 28.03 PPMความแตกต่างระหว่างวันที่ 2 และ 3 ในกลุ่ม 45 ต้น มีความผันผวนเล็กน้อย สะท้อนถึงอิทธิพลของปัจจัยภายนอก เช่น การรั่วไหลจากอากาศภายนอก แสงแดด หรืออุณหภูมิ

เมื่อพิจารณาช่วงเวลากับประสิทธิภาพการลดระดับ CO_2 ของพืชในร่มของห้องแบบปกติ ช่วงเวลาที่ลดได้มากที่สุดจะอยู่ที่ช่วง 6.00-12.00 น.



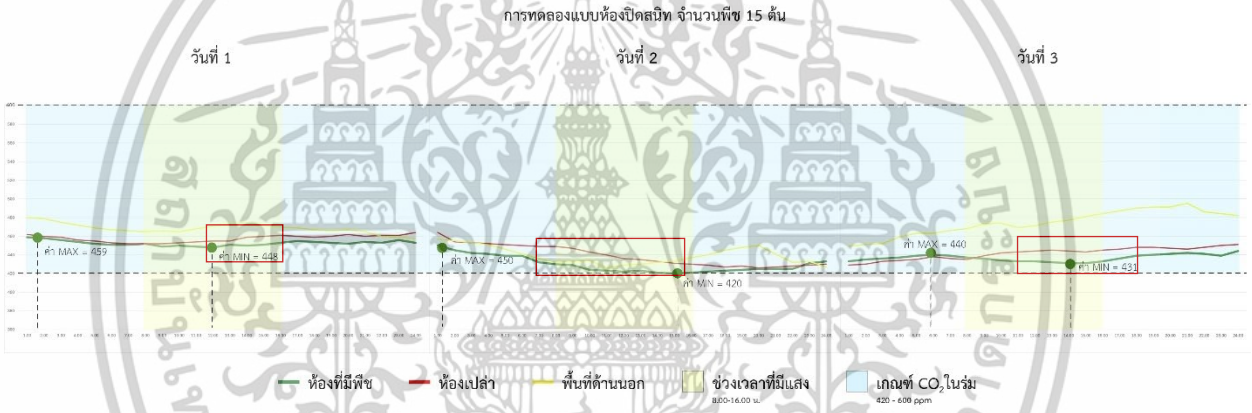
รูปที่ 4.4 แสดงช่วงเวลาที่พืชดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด แบบห้องปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 สภาพแวดล้อมแบบห้องปิดสนิท

จากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นเดหลี ในห้องทำงานขนาด 24 ตร.ม. และบันทึกข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยจะแบ่งข้อมูลเป็น 3 ช่วงตามจำนวนพืชที่ใช้ คือ 15 ,30 และ 45 ต้น ในสภาพแวดล้อมห้องปิดสนิท โดยการนำเทปกาวติดที่ขอบประตูและขอบหน้าต่าง เพื่อป้องกันการไหลของอากาศจากภายนอก และไม่มีการเปิดเข้าไปเป็นเวลา 3 วันในแต่ละช่วงการทดลองตามจำนวนต้นไม้ ได้ผลการทดลองดังนี้

การทดลองแบบห้องปิดสนิท จำนวนพืช 15 ต้น



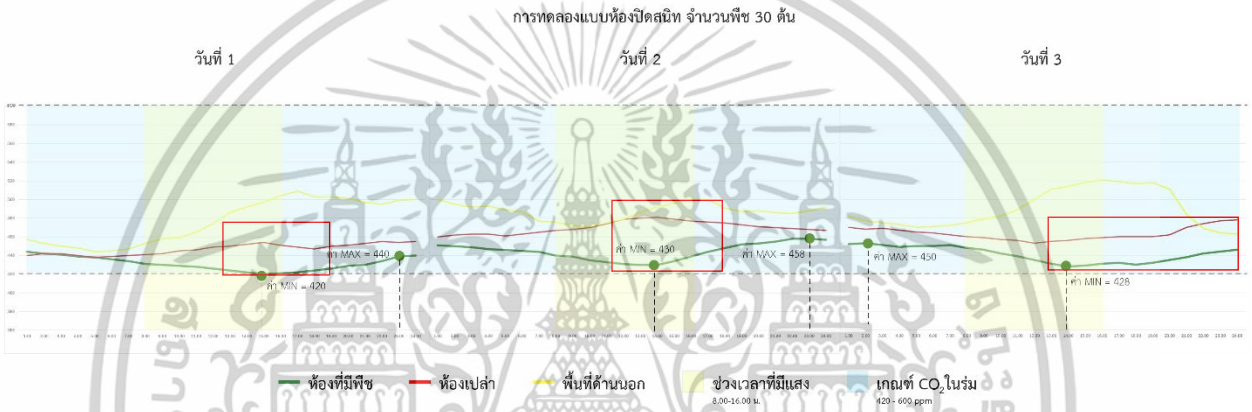
รูปที่ 4.5 กราฟผลการทดลองแบบห้องปิดสนิท จำนวนพืช 15 ต้น

เริ่มการทดลองแบบห้องปิดสนิท ผลการวัดในวันที่ 1 เวลา 0.00 น. เริ่มต้นวัดมีค่าอยู่ที่ 459 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 448 ppm เวลา 12.00 น. มีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 459 ppm ในเวลา 2.00 น. การทดลองวันที่ 2 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 420 ppm และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 450 ppm ที่เวลา 1.00 น. และในการทดลองวันที่ 3 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 431 ppm ในเวลา 14.00 น. เพิ่มไปจนถึงค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 440 ppm ที่เวลา 6.00 น. ซึ่งการทดลองทั้ง 3 วัน เห็นได้ค่าก๊าซ CO_2 ท้ายการทดลองในแต่ละวัน จบที่ค่าน้อยกว่ากว่าค่าก๊าซ CO_2 ในการเริ่มต้นการทดลองในแต่ละวันเล็กน้อย และเห็นได้ว่าบางช่วงเวลาระดับ CO_2 เท่ากับหรือมากกว่าห้องเปล่าที่ไม่มีต้นไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเปรียบเทียบข้อมูลรายชั่วโมงของห้องที่มีพืชและห้องที่ไม่มี พบว่าในการทดลองวันที่ 1 มีช่วงเวลาที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ห่างกันมากที่สุดอยู่ที่ 12.00-16.00 น. ค่าความต่างสูงสุด 7 ppm การทดลองวันที่ 2 ช่วงเวลาที่ 7.00–15.00 น. ค่าความต่างสูงสุด 15 ppm และการทดลองวันที่ 3 ช่วงเวลาที่ 11.00-17.00 น. ค่าความต่างสูงสุดอยู่ที่ 12 ppm

การทดลองแบบห้องปิดสนิท จำนวนพืช 30 ต้น



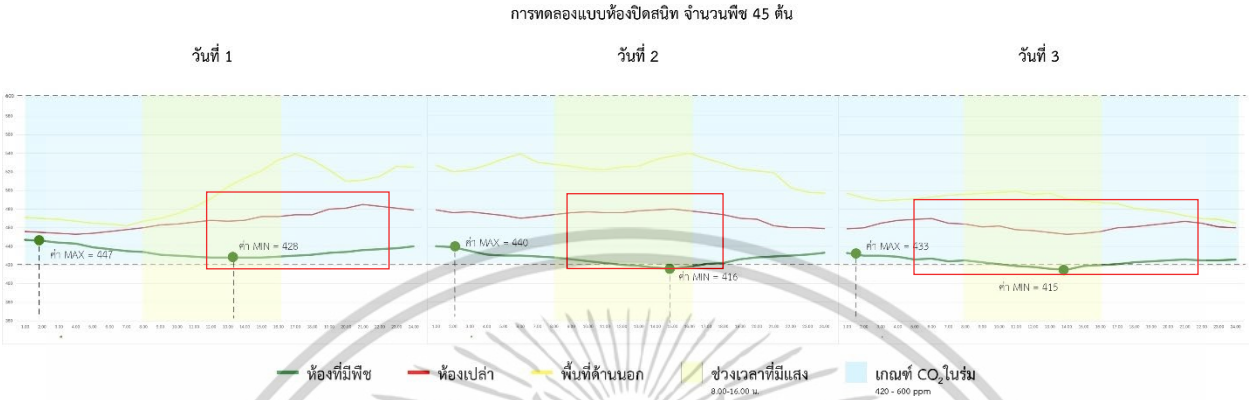
รูปที่ 4.6 กราฟผลการทดลองแบบห้องปิดสนิท จำนวนพืช 30 ต้น

เพิ่มจำนวนพืชเป็น 30 ต้น ผลการวัดในวันที่ 1 เวลา 0.00 น. เริ่มต้นวัดมีค่าอยู่ที่ 444 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 420 ppm เวลา 15.00 น. มีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 440 ppm ในเวลา 23.00 น. การทดลองวันที่ 2 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 430 ppm เวลา 14.00 น. และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 458 ppm ที่เวลา 23.00 น. และในการทดลองวันที่ 3 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 428 ppm ในเวลา 14.00 น. และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 450 ppm ที่เวลา 3.00 น. ซึ่งการทดลองทั้ง 3 วัน เห็นได้ค่าก๊าซ CO_2 ท้ายการทดลองในแต่ละวัน มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าก๊าซ CO_2 ในการเริ่มต้นการทดลองในแต่ละวันเล็กน้อย

จากการเปรียบเทียบข้อมูลรายชั่วโมงของห้องที่มีพืชและห้องที่ไม่มี พบว่าในการทดลองวันที่ 1 มีช่วงเวลาที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ห่างกันมากที่สุดอยู่ที่ 12.00-19.00 น. ค่าความต่างสูงสุด 27 ppm การทดลองวันที่ 2 ช่วงเวลาที่ 10.00–17.00 น. ค่าความต่างสูงสุด 42 ppm และการทดลองวันที่ 3 ช่วงเวลาที่ 13.00-24.00 น. ค่าความต่างสูงสุดที่ 29 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองแบบห้องปิดสนิท จำนวนพืช 45 ต้น



รูปที่ 4.7 กราฟผลการทดลองแบบห้องปิดสนิท จำนวนพืช 45 ต้น

เพิ่มจำนวนพืชเป็น 45 ต้น ผลการวัดในวันที่ 1 เวลา 0.00 น. เริ่มต้นวัดมีค่าอยู่ที่ 447 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 428 ppm เวลา 12.00 น. มีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 447 ppm ในเวลา 2.00 น. การทดลองวันที่ 2 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 416 ppm เวลา 15.00 น. และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 440 ppm ที่เวลา 2.00 น. และในการทดลองวันที่ 3 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 415 ppm ในเวลา 14.00 น. และค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 433 ppm ที่เวลา 1.00 น. ซึ่งการทดลองทั้ง 3 วัน เห็นได้ค่าก๊าซ CO_2 ท้ายการทดลองในแต่ละวัน มีค่าลดลงจากค่าก๊าซ CO_2 ในการเริ่มต้นการทดลองในแต่ละวันเล็กน้อย

จากการเปรียบเทียบข้อมูลรายชั่วโมงของห้องที่มีพืชและห้องที่ไม่มี พบว่าในการทดลองวันที่ 1 มีช่วงเวลาที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ห่างกันมากที่สุดอยู่ที่ 12.00-23.00 น. ค่าความต่างสูงสุด 43 ppm การทดลองวันที่ 2 ช่วงเวลาที่ 9.00–18.00 น. ค่าความต่างสูงสุด 56 ppm และการทดลองวันที่ 3 ช่วงเวลาที่ 5.00-22.00 น. ค่าความต่างสูงสุดอยู่ที่ 40 ppm

เมื่อทดลองทั้ง 3 ช่วงครบแล้ว นำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบ สรุปค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับของก๊าซ CO_2 โดยต้นเดหลีในสภาพแวดล้อมแบบห้องปกติ ซึ่งการคำนวณค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับใช้หลักการเปรียบเทียบค่าคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างห้องที่มีต้นไม้และห้องเปล่าในแต่ละชั่วโมง จากนั้นนำผลต่างมาหาค่าเฉลี่ยตลอดวัน (24 ชั่วโมง) หรือเฉพาะช่วงเวลาที่ต้องการศึกษา มีวิธีการคำนวณดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับต่อวัน (PPM)= (n / 1) ($_{i=1}\Sigma^{n}$) (ค่าคาร์บอนห้องเปล่า$_i$ – ค่าคาร์บอนห้องที่มีต้นไม้$_i$)

หมายเหตุ n = จำนวนข้อมูล (ในที่นี้คือ 24 ชั่วโมงต่อวัน)

ค่าคาร์บอนห้องเปล่า$_i$ = ค่าคาร์บอนที่วัดได้จากห้องเปล่าในชั่วโมงที่ i

ค่าคาร์บอนห้องมีต้นไม้$_i$ = ค่าคาร์บอนจากห้องที่มีต้นไม้ในชั่วโมงเดียวกัน

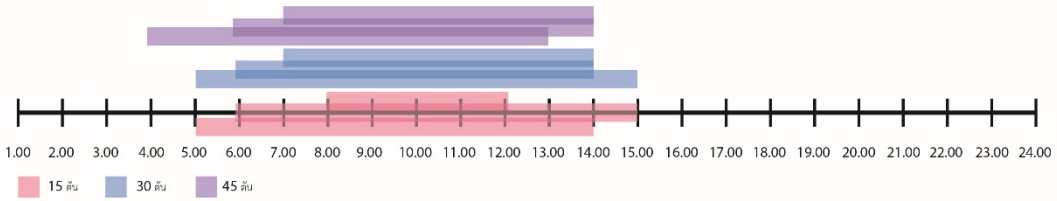
ตารางที่ 4.2 *แสดงค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับแบบห้องปิดสนิท*

จำนวนต้นไม้	**วันที่ 1**	**วันที่ 2**	**วันที่ 3**	**ค่าเฉลี่ยรวม (ppm/hr)**
15 ต้น	5.04	9.67	4.91	6.54
30 ต้น	14.29	25.54	22.08	20.63
45 ต้น	32.83	45.91	37.83	38.85

จากการทดลองในห้องปิดสนิท โดยเปรียบเทียบระหว่างห้องที่มีต้นไม้กับห้องเปล่า (ไม่มีต้นไม้) พบว่า ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในห้องที่มีต้นไม้มีแนวโน้มต่ำกว่าห้องเปล่าในทุกช่วงเวลา โดยได้คำนวณค่าความต่างระหว่างห้องทั้งสองประเภทในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ต่อเนื่อง 3 วัน และนำค่าความต่างเหล่านี้มาหาค่าเฉลี่ยรายวัน และค่าเฉลี่ยรวมของทั้ง 3 วัน เพื่อประเมินประสิทธิภาพการดูดซับ CO_2 ของต้นไม้ตามจำนวนที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาช่วงเวลากับประสิทธิภาพการลดระดับ CO_2 ของพืชในร่มของห้องแบบปิดสนิท ช่วงเวลาที่ลดได้มากที่สุดจะอยู่ที่ช่วง 8.00-12.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงช่วงเวลาที่พืชดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด แบบห้องปิดสนิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

4.2.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับ CO_2 ของต้นเดหลีระหว่างห้องปกติและห้องปิดสนิท

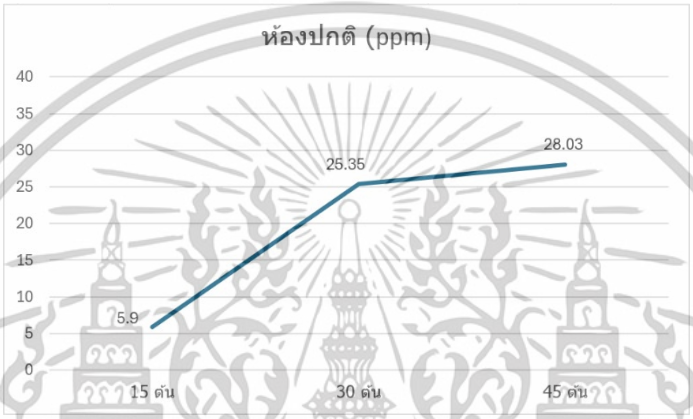
จากผลการทดลองที่ทำการวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในห้องที่มีจำนวนต้นไม้ต่างกัน (15 ต้น, 30 ต้น และ 45 ต้น) โดยเปรียบเทียบระหว่างห้องปกติกับห้องปิดสนิท พบว่า

ตารางที่ 4.3 *เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับระหว่างห้องปกติ และห้องปิดสนิท*

จำนวนต้นไม้	ห้องปกติ	ค่าเฉลี่ยต่อต้นห้องปกติ(ppm/hr/ต้น)	ห้องปิดสนิท	ค่าเฉลี่ยต่อต้นห้องปิดสนิท (ppm/hr/ต้น)
15 ต้น	5.90 ppm	0.39	6.54 ppm	0.43
30 ต้น	25.35 ppm	0.84	20.63 ppm	0.68
45 ต้น	28.03 ppm	0.62	38.85 ppm	0.86
ค่าเฉลี่ย	19.76	0.61	0.61	0.65

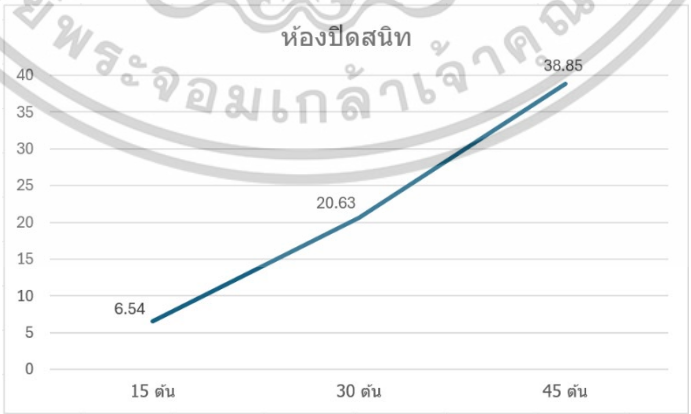
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทุกกลุ่มต้นไม้ ห้องปิดสนิทสามารถลด CO_2 ได้มากกว่าห้องปกติอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบโดยกราฟห้องปกติค่าเฉลี่ยการลด CO_2 เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเพิ่มจาก 15 เป็น 30 ต้น แต่กลับเพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่อเพิ่มจาก 30 เป็น 45 ต้น แสดงถึงแนวโน้ม “อิ่มตัว” หรือ “ลดประสิทธิภาพต่อหน่วย” เมื่อเพิ่มจำนวนพืชมากขึ้นในพื้นที่จำกัด อาจจะสรุปได้ว่าเพิ่มต้นไม้จำนวนหนึ่งช่วยได้มาก แต่ถึงจุดหนึ่งประสิทธิภาพเพิ่มช้าลง



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงผลค่าเฉลี่ยการดูดซับของต้นเดหลีในห้องปกติ

และเมื่อเปรียบเทียบกับกราฟของห้องปิดสนิทมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ไม่มีอาการอิ่มตัว แสดงว่า เมื่อเพิ่มจำนวนต้นไม้ในห้องปิดสนิทยังมีศักยภาพให้เพิ่มพืชได้อีก สามารถสรุปได้ว่าพื้นที่ปิดสนิทส่งผลให้พืชมีประสิทธิภาพมากขึ้น



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงผลค่าเฉลี่ยการดูดซับของต้นเดหลีในห้องปิดสนิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การนำค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นเดหลีไปใช้งาน

การปลูกต้นเดหลีภายในห้องสามารถช่วยลดระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้จริง โดยค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนต้นไม้ และแตกต่างกันตามสภาพแวดล้อมของห้อง กล่าวคือ ห้องที่มีการถ่ายเทอากาศบ้าง (ห้องปกติ) จะมีค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับที่สูงกว่าห้องที่ปิดสนิท เนื่องจากปัจจัยแวดล้อมเอื้อให้ต้นไม้สังเคราะห์แสงและปล่อยออกซิเจนได้ดีกว่า เพื่อให้เห็นภาพการประยุกต์ใช้งานได้ชัดเจน จึงขอแสดงตัวอย่างการคำนวณใน 2 บริบทดังนี้

กำหนดให้การทดลองต้องการให้ลดระดับก๊าซ CO_2 ได้อย่างน้อย 20 ppm ต่อชั่วโมง

โดยจะใช้ค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับของต้นเดหลี 45 ต้นในการคำนวณ

กรณีที่ 1

กำหนดให้การทดลองต้องการให้ลดระดับก๊าซ CO2 ได้อย่างน้อย 20 ppm ต่อชั่วโมงภายในห้องที่ไม่มีการระบายอากาศ โดยจะใช้ค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับของต้นเดหลีในพื้นที่ปิดสนิทในการคำนวณ

ต้นเดหลี สามารถลด CO_2 ได้เฉลี่ย ≈ 0.65 ppm/ชั่วโมง/ต้น

คำนวณจำนวนต้นไม้ที่ต้องใช้เพื่อลด CO_2 อย่างน้อย 20 ppm/hr

สูตรคำนวณ

จำนวนต้น = เป้าหมายการลด CO_2 (ppm/hr) / ค่าเฉลี่ยรวมของต้นเดหลี (ppm/hr/ต้น)

= 20 / 0.65 ≈ 30.77

หรือต้องใช้ต้นเดหลีมากกว่า 30 ต้น เพื่อต้องการลด CO_2 ชั่วโมงละ 20 ppm

กรณีที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาจำนวน ต้นเดหลี ที่ต้องใช้เพื่อลด CO_2 จากห้องที่แออัด มีค่าความเข้มข้น CO_2 1000 ppm เป็น 600 ppm ภายใน 8 ชั่วโมง โดยจะใช้ค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับของต้นเดหลีในพื้นที่ปิดสนิทในการคำนวณ

คำนวณปริมาณ CO_2 ที่ต้องลด

1000−600=400 ppm

คำนวณความสามารถในการลด CO_2 ของต้นไม้ 1 ต้นใน 8 ชั่วโมง

0.65 ppm/ชั่วโมง/ต้น × 8 ชั่วโมง = 5.2 ppm/ต้น

หาจำนวนต้นไม้ที่ต้องใช้

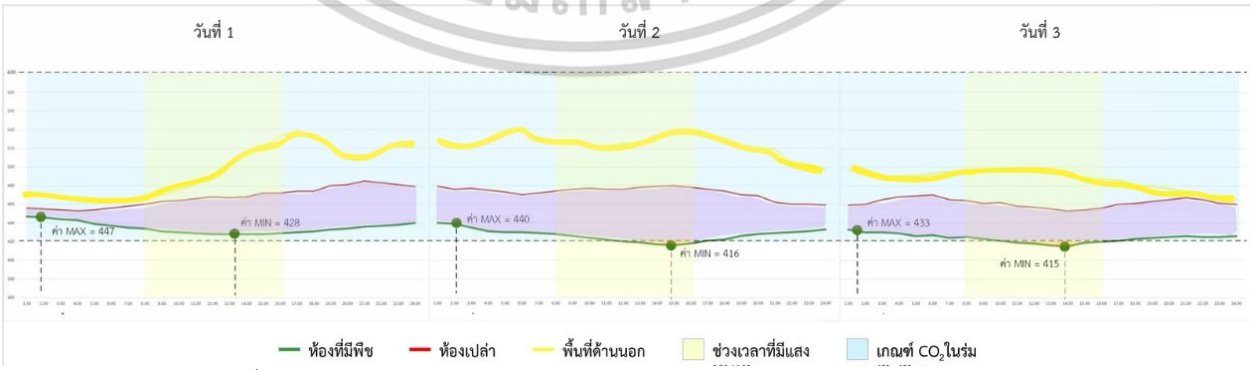
จำนวนต้น = 400 / 5.2 ≈ 76.92

ฉะนั้นต้อง**ใช้ต้นเดหลีมากกว่า 77 ต้น เพื่อลด CO_2 ภายใน 8 ชั่วโมง**

4.2.3 อิทธิพลของปัจจัยภายนอก

จากผลการทดลองที่พบว่าต้นเดหลีในห้องแบบปิดสนิทให้ผลดีกว่า แต่มีข้อขัดแย้งบางอย่างเกี่ยวกับประสิทธิภาพการลด CO_2 ได้ดีกว่าค่ามาตรฐาน (420 ppm)

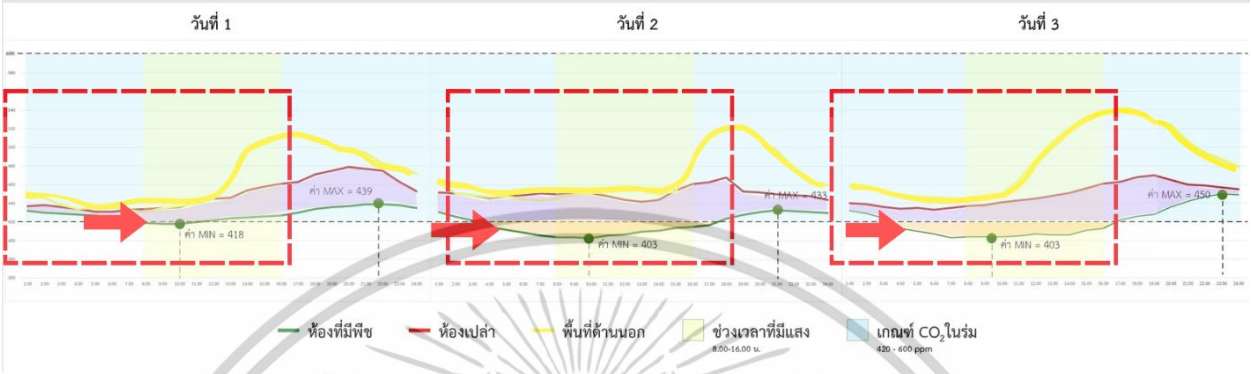
ซึ่งมีผลมาจากหลายปัจจัย แต่ที่เห็นได้ชัดจากกราฟสรุปการทดลองสภาพอากาศ หรือระดับ CO_2 ในช่วงที่ทดลองห้องแบบปกติ 45 ต้น ในช่วงเช้าถึงช่วงบ่าย มีระดับที่ต่ำมาก ใกล้เคียงกับห้องทดลองทั้ง



รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบอิทธิพลของปัจจัยภายนอกของห้องปิดสนิท จำนวนพืช 45 ต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 ห้อง แล้วจึงกลับไปสูงอีกครั้งในช่วงเย็นซึ่งอาจสะท้อนถึงอิทธิพลของสภาพอากาศภายนอกต่อระบบหมุนเวียนอากาศในห้อง



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบอิทธิพลของปัจจัยภายนอกของห้องปกติ จำนวนพืช 45 ต้น

4.3 การอภิปรายผลการศึกษา

จากการทดลองประสิทธิภาพของต้นเดหลี (Spathiphyllum spp.) ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายใต้สภาวะห้องปกติและห้องปิดสนิท โดยใช้ต้นไม้ที่มีพื้นที่ใบเฉลี่ยประมาณ 4,000 ตารางเซนติเมตรต่อหนึ่งต้น พบว่า ต้นไม้สามารถดูดซับ CO_2 ได้ในช่วงประมาณ 7.55 – 28.03 ppm ต่อชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนต้นไม้และสภาพแวดล้อมภายในห้องทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับ CO_2 จากการทดลองในครั้งนี้มีความแตกต่างจากผลที่ปรากฏในงานวิจัยก่อนหน้า ดังนี้

Source	Plant Species	Plant Size		Net CO2 assimilation per plant (ppm/hr)
		Leaf Area (sq.cm.)	Size of Pot	
Geun Sug Oh et al., 2011	ต้นเดหลี	3,000	-	26.7 - 86.7
Curtis Gubb, 2018	ต้นเดหลี	1,766	-	27.86 – 36.1
นวภา et al., 2020	ต้นเดหลี	390.9	-	30.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยที่ 1 รายงานว่า ต้นเดหลีสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในช่วงระหว่าง 26.7 – 86.7 ppm/ชั่วโมง โดยใช้ต้นไม้ที่มีพื้นที่ใบเฉลี่ยประมาณ 3,000 ตารางเซนติเมตร ซึ่งน้อยกว่าพื้นที่ใบของต้นไม้ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ อย่างไรก็ตาม อัตราการดูดซับในงานวิจัยนี้กลับสูงกว่าชัดเจน ซึ่งอาจเกิดจากสภาพแวดล้อมที่มีการควบคุมที่เหมาะสม เช่น การใช้ห้องทดสอบปิดพิเศษที่ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และแสง ทำให้ต้นไม้เกิดการสังเคราะห์แสงอย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า

งานวิจัยที่ 2 รายงานอัตราการดูดซับ CO_2 ในช่วง 27.86 – 36.1 ppm/ชั่วโมง โดยใช้ต้นไม้ที่มีพื้นที่ใบเฉลี่ยประมาณ 1,766 ตารางเซนติเมตร ซึ่งเล็กกว่าการทดลองในครั้งนี้ถึงกว่าครึ่ง แต่กลับให้ค่าการดูดซับที่อยู่ในระดับสูงกว่า ผลเฉลี่ยของห้องปิดสนิท ที่ใช้ต้นไม้จำนวน 45 ต้นในงานวิจัยนี้ แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยอื่นที่ไม่ใช่เพียงขนาดของพื้นที่ใบ เช่น ความเข้มของแสง หรือระบบการไหลเวียนอากาศ อาจมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการสังเคราะห์แสงมากกว่าขนาดของใบพืชเพียงอย่างเดียว

งานวิจัยที่ 3 พบว่าต้นเดหลีที่มีพื้นที่ใบเพียง 390 ตารางเซนติเมตร สามารถดูดซับ CO_2 ได้เฉลี่ย 30.8 ppm/ชั่วโมง ซึ่งถือว่าเป็นอัตราสูงเมื่อเทียบกับพื้นที่ใบของต้นพืชในงานวิจัยอื่น ๆ ทั้งหมด รวมถึงงานวิจัยฉบับนี้ด้วย โดยอาจเป็นผลมาจากการวัดอัตราการดูดซับในระดับต้นเดี่ยว ภายใต้ระบบควบคุมแสง อุณหภูมิ และ CO_2 อย่างเฉพาะเจาะจง ซึ่งไม่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมใน “ห้องทดลองขนาด 24 ตารางเมตร” ที่ใช้ในการศึกษานี้ ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับการใช้งานจริงมากกว่า

สามารถสรุปได้ว่า อัตราการดูดซับ CO_2 จากต้นเดหลีในงานวิจัยนี้มีค่าต่ำกว่าหลายงานวิจัยที่ผ่านมา แม้จะใช้ต้นไม้ที่มีพื้นที่ใบมากกว่า โดยเฉพาะในสภาวะห้องปิดสนิท ซึ่งให้ค่าเฉลี่ยเพียง 7.55 ppm/ชั่วโมง (ในกรณีใช้ 45 ต้น) สาเหตุหนึ่งที่อาจทำให้ผลแตกต่าง คือ งานวิจัยนี้มีการทดลองภายใต้สภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงมากกว่า เช่น มีการกระจายแสงแบบธรรมชาติหรือกึ่งควบคุม ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอย่างเข้มงวดเหมือนในห้องทดสอบเฉพาะทาง ทำให้ค่าที่ได้สะท้อนประสิทธิภาพของพืชในการใช้งานจริงภายในอาคารมากกว่าศักยภาพเชิงทฤษฎี

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ศึกษาอัตราการดูดซับของต้นเดหลีในห้องปฏิบัติการ พบว่า ค่าการดูดซับเฉลี่ยต่อต้นในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วง 0.193 – 0.623 ppm/ชั่วโมง ซึ่งต่ำกว่าค่างานวิจัยก่อนหน้า (27–86.7 ppm/ชั่วโมงต่อต้น) ความแตกต่างนี้อาจมีสาเหตุมาจากสภาวะแวดล้อมของพื้นที่ทดลองที่ใกล้เคียงการใช้งานจริง ซึ่งไม่สามารถควบคุมปัจจัยภายนอกได้ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

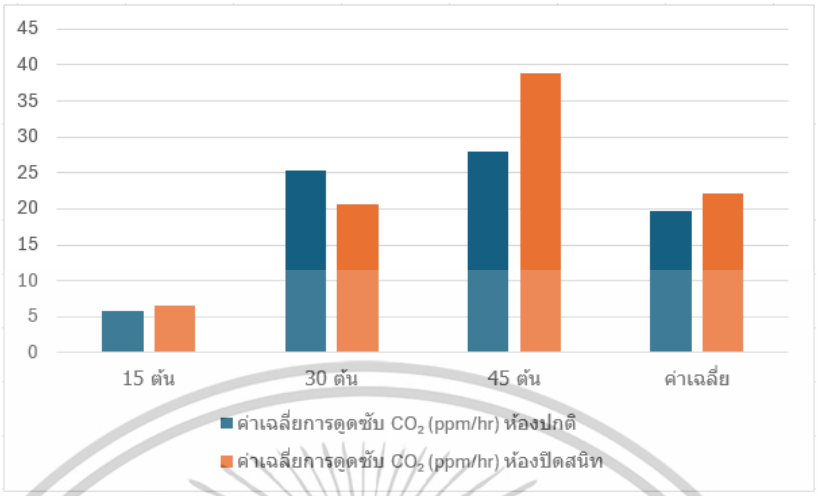
การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของต้นเดหลี (Spathiphyllum spp.) ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในห้องทดลองขนาด 24 ตารางเมตร ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกันระหว่าง “ห้องปกติ” และ “ห้องปิดสนิท” โดยเปรียบเทียบอัตราการดูดซับ CO_2 ของต้นไม้ในแต่ละกลุ่มจำนวน ได้แก่ 15 ต้น 30 ต้น และ 45 ต้น ตามลำดับ

ตารางที่ 5.1 *สรุปค่าเฉลี่ยรวมการดูดซับแบบห้องปกติ และห้องปิดสนิท*

จำนวนพืช	**ค่าเฉลี่ยการดูดซับ CO_2 (ppm/hr)**		**ค่าเฉลี่ยรวม CO_2 ต่อต้น (ppm/hr)**	
	ห้องปกติ	**ห้องปิดสนิท**	**ห้องปกติ**	**ห้องปิดสนิท**
15 ต้น	5.9	6.54	0.39	0.43
30 ต้น	25.35	20.63	0.84	0.68
45 ต้น	28.03	38.85	0.62	0.86
ค่าเฉลี่ย	19.76	22.06	0.61	0.65

จากกราฟผลการทดลองพบว่า ต้นไม้จำนวน 45 ต้นในห้องปกติสามารถดูดซับ CO_2 ได้เฉลี่ยสูงสุดที่ **28.03 ppm/ชั่วโมง** ในขณะที่กลุ่มเดียวกันในห้องปิดสนิทสามารถดูดซับได้ถึง **38.85 ppm/ชั่วโมง** แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มจำนวนต้นไม้มีผลต่อการเพิ่มอัตราการดูดซับ CO_2 แม้ในพื้นที่จำกัด

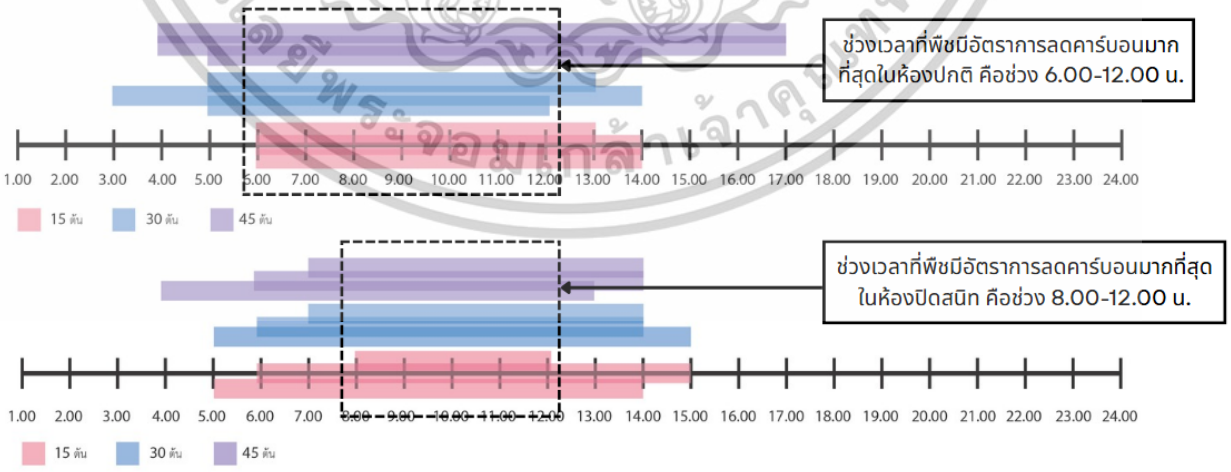
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรวม

นอกจากนี้ จากกราฟแสดงให้เห็นว่าอัตราการดูดซับต่อ 1 ต้นโดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 0.65 ppm/hr ในห้องปิด และ 0.61 ppm/hr ในห้องปกติ ซึ่งแม้ค่าจะใกล้เคียงกัน แต่ห้องปิดสนิทแสดงผลที่ต่อเนื่องและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแปรผันตามจำนวนพืชมากกว่า

ในภาพรวม การนำต้นเดหลีมาใช้งานจริงในพื้นที่ปิด เช่น ห้องทำงานหรืออาคารสำนักงาน เป็นแนวทางที่สามารถทำได้จริง และให้ผลลัพธ์ที่จับต้องได้ ข้อมูลจากการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดเรื่องการถ่ายเทอากาศ



รูปที่ 5.2 เปรียบเทียบช่วงเวลาที่พืชดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงเวลาที่พืชในร่มสามารถลดระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากที่สุด คือระหว่างเวลา 06.00 – 12.00 น. และ 08.00 – 12.00 น. ซึ่งต้นเดหลีถึงแม้ไม่ได้รับแสงแดดโดยตรง แต่แสงสะท้อนในช่วงเวลาดังกล่าวก็เพียงพอให้พืชทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้หลังช่วงเวลาดังกล่าว (โดยเฉพาะประมาณหลัง 14.00 น.) ระดับการลด CO_2 ของพืชมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าการจัดวางพืชและการเลือกช่วงเวลาเปิดใช้งานพื้นที่ทำงานร่วมกับพืชในร่ม ควรคำนึงถึงช่วงแสงที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในการฟอกอากาศ

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการประยุกต์ใช้ในพื้นที่จริง

1. การปลูกต้นไม้ภายในอาคารควรพิจารณาเรื่องจำนวนและขนาดพื้นที่ใบ โดยแนะนำให้ใช้ต้นไม้

ขนาดกลาง–ใหญ่ ที่มี**พื้นที่ใบมากกว่า 3,000 ตร.ซม./ต้น** หากต้องการประสิทธิภาพการดูดซับสูงในพื้นที่จำกัด

2. สำนักงาน, Co-working space, บ้านพักอาศัย หรือห้องทำงาน สามารถพิจารณาการใช้ต้นเดหลี

ในปริมาณที่เหมาะสมกับขนาดพื้นที่ เพื่อช่วยลดระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยไม่พึ่งพาเทคโนโลยีที่มีต้นทุนสูง

3. ผลการทดลองสะท้อนว่า พื้นที่ปิดหรือห้องที่ไม่มีการระบายอากาศ ควรเพิ่มความสำคัญกับ

“การใช้พืชในร่ม” เช่น จัดวางตามแนวผนังหรือมุมห้อง เพื่อไม่รบกวนการใช้งาน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

1. ควรศึกษาประสิทธิภาพของพืชชนิดอื่นในการดูดซับ CO_2 ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบชนิดพืชที่เหมาะสมที่สุดต่อการนำไปใช้ในพื้นที่อาคารแต่ละประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ควรทดลองในช่วงเวลาหรือฤดูกาลที่หลากหลายมากขึ้น เช่น ฤดูหนาวหรือฤดูฝน เพื่อดูผลกระทบของอุณหภูมิและความชื้นต่ออัตราการดูดซับ CO_2

3. ควรควบคุมตัวแปรแวดล้อมให้ชัดเจนยิ่งขึ้น เช่น ความเข้มของแสง (lux), อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ CO_2 ได้อย่างแม่นยำและเป็นระบบ

4. แนะนำให้มีการคำนวณ **อัตราการดูดซับต่อหน่วยพื้นที่ใบ (ppm/ชม./ตร.ซม.)** เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลได้แม่นยำในเชิงสากล และสามารถนำไปใช้ในการออกแบบอาคารสีเขียวหรือระบบควบคุมอากาศได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

NASA. (1974). ***Skylab: A guidebook*. National Aeronautics and Space Administration**.

Jenkins, P. L., Phillips, T. J., Mulberg, E. J., & Hui, S. P. (1992). **Activity patterns of Californians:**

Use of and proximity to indoor pollutant sources. *Atmospheric Environment. Part A. General Topics*, 26(12), 2141–2148.

Salisbury, F. B., Gitelson, J. I., & Lisovsky, G. M. (1997). **Bios-3: Siberian experiments in**

bioregenerative life support. *BioScience*, 47(9), 575–585. https://doi.org/10.2307/1313164

André, M., & Chagvardieff, P. (1997). **Use of photosynthetic organisms for life support in**

space missions. *Life Support & Biosphere Science*, 4(1-2), 15–23.

Nelson, M., et al. (2003). **The history of bioregenerative life support in the former USSR and**

current Russian programs. *Advances in Space Research*, 31(7), 167–175. https://doi.org/10.1016/S0273-1177(03)00023-2

Nelson, M., Dempster, W. F., & Allen, J. P. (2010). **Integration of lessons from recent closed**

ecological systems research into space life support systems. *Advances in Space Research*, 45(7), 840–848.

Wolverton, B. C., Johnson, A., & Bounds, K. (1984). ***Interior landscape plants for indoor air***

pollution abatement. NASA/Interior Landscape Plants, NASA Report.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

Wolverton, B. C., & Wolverton, J. D. (1993). **Plants and soil microorganisms: Removal of formaldehyde, xylene, and ammonia from the indoor air.** *Journal of the Mississippi Academy of Sciences*, 38(2), 11–15.

Jones, A. P. (1999). **Indoor air quality and health**. *Atmospheric Environment*, 33(28), 4535–4564. https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00272-1

Kang, S. H., Kim, H. J., & Lee, J. H. (2008). **Experimental study on the removal of indoor air pollutants by houseplants**. *Journal of the Korean Society for Atmospheric Environment*, 24(5), 643–652.

Shin, D.-C., Lee, J.-W., Lim, Y.-W., Yang, J.-Y., Park, K.-S., & Lim, M.-K. (2009). **Improvement of indoor air quality by houseplants in new-built apartment buildings**. *Journal of the Korean Medical Science*, 24(5), 1023–1028. https://doi.org/10.3346/jkms.2009.24.5.1023

พนธวรรธน์ วงษ์รักษ์. (2009). ***การวิจัยสมรรถนะการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชดูดสารพิษเพื่อคุณภาพอากาศที่ดีภายในอาคาร*** [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์].

Jiang, Y., Lu, B., & Wang, X. (2011). **Study on the impact of indoor plants on indoor air quality**. Procedia Engineering, 21, 495–502. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2045

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

Oh, G. S., Choi, Y. J., & Kim, D. J. (2011). **Experimental study on variations of CO2 concentration in the presence of indoor plants and respiration of experimental animals**. *Indoor and Built Environment*, 20(1), 180–190. https://doi.org/10.1177/1420326X10393115

Janagkakan, K., Chavalparit, O., & Kanchanapiya, P. (2012). **Evaluation of indoor air pollution from household activities in Thailand**. *EnvironmentAsia*, 5(1), 43–50.

Kim, H. H., Lee, J. H., & Lee, D. W. (2013). **Effects of indoor plants on the physical environment with respect to distance and green coverage ratio**. *Journal of Environmental Science International*, 22(6), 747–755. https://doi.org/10.5322/JESI.2013.22.6.747

Suhaimi, M. M. (2016). **Effectiveness of indoor plant to reduce CO2 in indoor environment**. *International Journal of Environmental Sciences*, 5(1), 61–66. https://doi.org/10.14445/23942568/IJES-V5I1P111

Thanakorn, T., Wiriya, P., & Jittabut, P. (2017). **การประเมินความสามารถของต้นไม้ประดับในการดักจับอนุภาคขนาดเล็กในอาคาร**. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 13(2), 45–52.

Gubb, C. (2018). **Can houseplants improve indoor air quality by removing CO_2 and increasing relative humidity?** *Thesis for Master of Science in Environmental Management, University of South Africa*.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

Shishegaran, A., Ranjbar, F., & Ghadiri, M. (2020). **Effect of plants on an environment with high**

carbon dioxide concentration. *Journal of Environmental Studies*, 46(3), 78–85.

นวภา, และคณะ. (2020). ***การใช้ไม้ประดับในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร***. รายงานวิจัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่บันทึกได้ จากการทดลองทั้ง 3 รูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้น และอุณหภูมิทั้ง 3 วันของการทดลองแบบห้องปกติ จำนวนพืช 15 ต้น

ช่วงเวลา	15 ต้น แบบห้องปกติ									ค่าความต่างของก๊าซ CO_2 จากการเปรียบเทียบห้องที่มีพืชและห้องที่ไม่มี		
	วันที่ 1			วันที่ 2			วันที่ 3					
	ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)			ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)			ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)					
	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	diff_d1	diff_d2	diff_d3
1.00	444	445	477	443	445	490	456	451	443	1	2	-5
2.00	446	443	479	442	446	488	453	452	440	-3	4	-1
3.00	448	443	483	446	443	487	451	453	441	-5	-3	2
4.00	447	443	477	445	445	477	449	454	443	-4	0	5
5.00	441	441	475	446	446	474	447	451	444	0	0	4
6.00	439	440	472	445	447	473	448	452	445	1	2	4
7.00	438	440	478	442	448	463	446	450	448	2	6	4
8.00	432	441	478	441	450	461	444	449	447	9	9	5
9.00	431	440	467	439	452	461	444	448	449	9	13	4
10.00	430	439	462	438	451	458	441	447	451	9	13	6
11.00	432	438	462	436	450	453	439	446	459	6	14	7
12.00	434	439	468	434	451	454	438	447	460	5	17	9
13.00	435	440	468	432	452	452	441	448	461	5	20	7
14.00	436	441	480	431	452	453	440	449	462	5	21	9
15.00	438	443	480	434	451	456	446	451	465	5	17	5
16.00	439	445	486	436	450	457	448	450	467	6	14	2
17.00	437	446	497	438	453	458	451	451	470	9	15	0
18.00	438	447	487	439	455	459	453	452	471	9	16	-1
19.00	436	448	492	443	457	450	454	453	487	12	14	-1
20.00	438	449	500	445	456	452	451	453	498	11	11	2
21.00	438	448	497	449	455	459	454	452	487	10	6	-2
22.00	436	447	500	450	455	447	452	454	480	11	5	2
23.00	435	445	511	452	456	443	453	455	485	10	4	2
24.00	436	444	500	453	457	442	454	455	482	8	4	1

ค่าการวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้น และอุณหภูมิทั้ง 3 วันของการทดลองแบบห้องปกติ จำนวนพืช 30 ต้น

	30 ต้น แบบห้องปกติ									ค่าความต่างของก๊าซ CO_2 จากการเปรียบเทียบห้องที่มีพืชและห้องที่ไม่มี		
	วันที่ 1			วันที่ 2			วันที่ 3					
ช่วงเวลา	ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)			ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)			ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)					
	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	diff_d1	diff_d2	diff_d3
1.00	429	431	440	430	455	450	428	444	459	2	25	16
2.00	428	432	441	422	457	439	423	439	465	4	35	16
3.00	425	433	440	418	459	432	422	436	455	8	41	14
4.00	423	431	439	415	460	431	421	439	447	8	45	18
5.00	419	438	442	413	458	433	424	449	441	19	45	25
6.00	416	439	443	413	451	432	422	464	440	23	38	42
7.00	413	441	444	416	449	434	420	469	439	28	33	49
8.00	411	442	441	418	448	435	419	471	442	31	30	52
9.00	411	443	441	421	449	436	420	456	441	32	28	36
10.00	411	447	442	423	446	435	426	458	455	36	23	32
11.00	415	439	443	419	444	438	424	466	471	24	25	42
12.00	417	448	456	420	446	444	422	469	490	31	26	47
13.00	421	455	478	422	445	446	425	471	504	34	23	46
14.00	427	460	480	433	447	448	426	473	512	33	14	47
15.00	432	460	481	431	449	451	428	473	518	28	18	45
16.00	434	463	486	440	457	453	431	472	520	29	17	41
17.00	438	462	487	439	456	456	434	470	519	24	17	36
18.00	436	459	484	438	452	459	436	460	511	23	14	24
19.00	439	458	477	436	450	462	438	454	501	19	14	16
20.00	442	457	498	437	451	467	441	456	499	15	14	15
21.00	443	455	487	436	452	468	444	460	492	12	16	16
22.00	440	453	478	435	453	472	443	460	488	13	18	17
23.00	442	452	470	431	449	469	442	461	492	10	18	19
24.00	438	449	461	431	448	466	440	463	487	11	17	23

ค่าการวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้น และอุณหภูมิทั้ง 3 วันของการทดลองแบบห้องปกติ จำนวนพืช 45 ต้น

	45 ต้น แบบห้องปกติ									ค่าความต่างของก๊าซ CO_2 จากการเปรียบเทียบห้องที่มีพืชและห้องที่ไม่มี		
	วันที่ 1			วันที่ 2			วันที่ 3					
ช่วงเวลา	ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)			ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)			ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)					
	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	diff_d1	diff_d2	diff_d3
1.00	432	437	448	431	452	462	432	440	458	5	21	8
2.00	430	438	446	426	451	451	429	439	457	8	25	10
3.00	429	436	438	422	449	449	424	436	452	7	27	12
4.00	428	434	434	415	446	447	413	434	449	6	31	21
5.00	427	431	435	412	448	448	410	435	447	4	36	25
6.00	424	431	436	409	449	445	407	433	446	7	40	26
7.00	421	433	433	406	451	443	403	435	445	12	45	32
8.00	419	434	431	404	450	446	404	437	444	15	46	33
9.00	418	435	435	404	452	450	404	438	448	17	48	34
10.00	418	436	437	403	451	451	404	441	450	18	48	37
11.00	420	442	440	406	448	453	405	443	465	22	42	38
12.00	422	445	445	407	444	456	407	445	487	23	37	38
13.00	424	446	462	410	442	454	406	448	506	22	32	42
14.00	425	454	496	411	444	450	406	451	520	29	33	45
15.00	426	458	504	414	454	453	411	456	530	32	40	45
16.00	427	461	512	415	461	486	413	461	536	34	46	48
17.00	430	463	513	417	463	515	422	463	539	33	46	41
18.00	434	471	507	424	468	520	426	468	537	37	44	42
19.00	436	475	501	428	453	523	428	470	528	39	25	42
20.00	437	479	499	431	452	508	436	465	524	42	21	29
21.00	439	477	494	433	450	497	442	460	506	38	17	18
22.00	439	475	483	432	449	478	447	459	494	36	17	12
23.00	438	463	479	431	448	463	450	457	487	25	17	7
24.00	435	453	472	430	444	460	449	455	479	18	14	6

ค่าการวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้น และอุณหภูมิทั้ง 3 วันของการทดลองแบบห้องปิดสนิท จำนวนพืช 15 ต้น

ช่วงเวลา	15 ต้น แบบห้องปิดสนิท									ค่าความต่างของก๊าซ CO_2 จากการเปรียบเทียบห้องที่มีพืชและห้องที่ไม่มี		
	วันที่ 1			วันที่ 2			วันที่ 3					
	ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)			ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)			ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)					
	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	diff_d1	diff_d2	diff_d3
1.00	459	462	480	450	464	457	433	429	449	3	14	-4
2.00	458	460	479	445	454	455	435	430	451	2	9	-5
3.00	456	459	475	442	453	453	436	433	452	3	11	-3
4.00	454	456	472	441	452	451	437	434	459	2	11	-3
5.00	452	455	469	439	451	446	439	435	463	3	12	-4
6.00	451	453	467	439	450	441	440	438	463	2	11	-2
7.00	451	452	466	432	449	436	439	436	466	1	17	-3
8.00	452	452	465	430	449	432	437	435	468	0	19	-2
9.00	449	452	466	429	447	433	436	439	473	3	18	3
10.00	450	453	465	424	443	434	434	442	474	3	19	8
11.00	449	454	468	423	440	426	433	443	469	5	17	10
12.00	448	455	471	422	436	429	433	444	471	7	14	11
13.00	451	455	473	423	435	430	432	445	475	4	12	13
14.00	450	459	474	421	433	432	431	444	477	9	12	13
15.00	451	460	472	420	431	433	431	443	481	9	11	12
16.00	453	461	470	421	430	437	433	445	484	8	9	12
17.00	455	460	469	422	429	440	436	446	487	5	7	10
18.00	454	459	467	423	427	445	439	448	490	5	4	9
19.00	453	460	466	424	428	448	440	448	491	7	4	8
20.00	452	462	467	425	426	450	441	447	491	10	1	6
21.00	454	460	465	425	427	441	442	446	495	6	2	4
22.00	453	461	460	425	428	432	441	448	486	8	3	7
23.00	456	461	459	431	429	433	439	450	484	5	-2	11
24.00	453	464	458	433	430	427	444	451	482	11	-3	7

ค่าการวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้น และอุณหภูมิทั้ง 3 วันของการทดลองแบบห้องปิดสนิท จำนวนพืช 30 ต้น

ช่วงเวลา	30 ต้น แบบห้องปิดสนิท									ค่าความต่างของก๊าซ CO_2 จากการเปรียบเทียบห้องที่มีพืชและห้องที่ไม่มี		
	วันที่ 1			วันที่ 2			วันที่ 3					
	ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)			ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)			ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)					
	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	diff_d1	diff_d2	diff_d3
1.00	444	440	457	451	460	500	457	470	482	-4	9	13
2.00	442	442	453	450	462	495	453	468	477	0	12	15
3.00	441	442	450	449	463	492	451	469	475	1	14	18
4.00	439	440	448	447	463	493	449	467	473	1	16	18
5.00	438	438	444	446	461	489	450	465	470	0	15	15
6.00	436	439	445	445	463	487	450	464	471	3	18	14
7.00	434	440	447	444	465	477	451	462	472	6	21	11
8.00	431	441	453	440	467	476	448	460	475	10	27	12
9.00	430	442	458	439	468	472	446	459	479	12	29	13
10.00	429	445	459	435	470	471	442	457	482	16	35	15
11.00	428	446	465	433	474	475	439	456	489	18	41	17
12.00	426	449	474	431	479	479	435	453	500	23	48	18
13.00	424	450	486	430	480	486	431	455	511	26	50	24
14.00	422	452	492	430	481	492	428	456	514	30	51	28
15.00	420	454	497	434	479	496	429	458	518	34	45	29
16.00	421	451	504	439	477	500	431	459	521	30	38	28
17.00	422	449	509	444	476	500	432	460	519	27	32	28
18.00	424	447	503	448	475	491	430	460	517	23	27	30
19.00	426	450	503	452	473	487	432	460	518	24	21	28
20.00	432	451	501	453	471	488	435	462	511	19	18	27
21.00	438	453	497	455	470	486	438	470	484	15	15	32
22.00	440	455	495	458	469	485	442	474	469	15	11	32
23.00	446	454	499	458	468	488	444	477	464	8	10	33
24.00	449	455	500	457	467	492	446	478	463	6	10	32

ค่าการวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้น และอุณหภูมิทั้ง 3 วันของการทดลองแบบห้องปิดสนิท จำนวนพืช 45 ต้น

ช่วงเวลา	45 ต้น แบบห้องปิดสนิท									ค่าความต่างของก๊าซ CO_2 จากการเปรียบเทียบห้องที่มีพืชและห้องที่ไม่มี		
	วันที่ 1			วันที่ 2			วันที่ 3					
	ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)			ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)			ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (PPM)					
	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	ห้องที่มีต้นไม้	ห้องเปล่า	พื้นที่ด้านนอก	diff_d1	diff_d2	diff_d3
1.00	447	456	471	440	479	527	433	459	497	9	39	26
2.00	446	455	470	439	476	520	430	460	492	9	37	30
3.00	444	454	469	435	477	522	430	465	489	10	42	35
4.00	443	453	467	431	475	527	429	468	490	10	44	39
5.00	439	454	465	430	473	534	426	469	491	15	43	43
6.00	437	456	464	430	470	539	427	470	493	19	40	43
7.00	435	458	462	429	472	530	424	465	495	23	43	41
8.00	434	460	467	428	474	528	425	464	496	26	46	39
9.00	431	463	470	426	476	526	423	461	497	32	50	38
10.00	430	464	475	424	477	523	421	462	498	34	53	41
11.00	429	466	482	422	476	522	419	458	499	37	54	39
12.00	428	468	491	420	476	525	418	457	496	40	56	39
13.00	428	467	504	419	478	526	416	455	497	39	59	39
14.00	428	468	513	417	479	533	415	453	491	40	62	38
15.00	428	472	521	416	480	537	419	454	489	44	64	35
16.00	429	472	533	418	478	540	420	456	487	43	60	36
17.00	430	474	539	421	476	534	421	460	486	44	55	39
18.00	431	474	533	422	474	529	423	461	481	43	52	38
19.00	433	480	522	426	470	523	424	463	479	47	44	39
20.00	434	481	510	428	469	521	425	465	477	47	41	40
21.00	436	485	511	429	462	519	426	467	473	49	33	41
22.00	437	483	515	430	460	503	425	465	470	46	30	40
23.00	438	481	526	431	460	498	425	461	469	43	29	36
24.00	440	479	525	433	459	497	426	460	465	39	26	34

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล ญาณิศา มะโนทัย

วัน เดือน ปีเกิด 6 เมษายน 2544 จังหวัดสระบุรี

ที่อยู่ 11 ซอยนาคนิวาส 16 เขต/แขวง ลาดพร้าว จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10230

E-mail yanisamanothai@gmail.com

โทรศัพท์ 0860412477

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2562 - 2567 สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต (สถ.บ.) สาขาวิชาสถาปัตยกรรมหลัก คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2568 สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (สถ.ม.) สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้