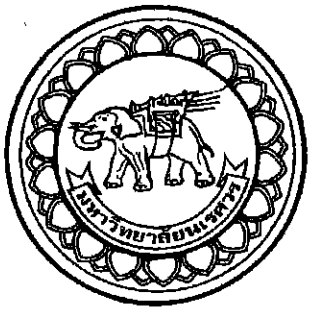


ลิ้นมังกรดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในสำนักงาน

SNAKE PLANT ABSORB CARBON DIOXIDE IN THE OFFICES

นางสาวภัทราพร จิ๋วอยู่ รหัส 51362732

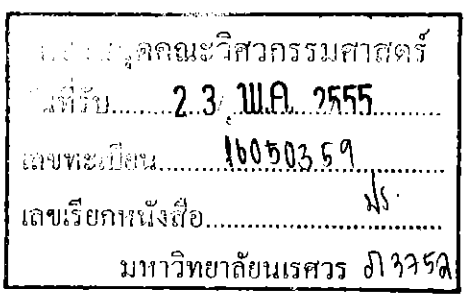
นางสาวอัจฉรา กึกไชสง รหัส 51362831

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2555



ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	ลิ้นมังกรดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในสำนักงาน		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวภัทราพร	จิ๋วอยู่	รหัส 51362732
	นางสาวอัจฉรา	กึกไธสง	รหัส 51362831
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร.ปาจรีย์ ทองสนิท		
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
ปีการศึกษา	2554		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผศ.ดร.ปาจรีย์ ทองสนิท)

.....กรรมการ
(อาจารย์วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น)

.....กรรมการ
(ดร.จิรภัทร์ อนันต์ภัทรชัย)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	ลิ้นมังกรดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในสำนักงาน	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวภัทราพร จิ๋วอยู่	รหัส 51362732
	นางสาวอัจฉรา กึกไธสง	รหัส 51362831
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร.ปาจรีย์ ทองสนิท	
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา	
ปีการศึกษา	2554	

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรภายในสำนักงานคือ ห้องวิชาการ(CE106)มีปริมาตรห้อง 360 m^3 ห้อง Water Resources Research Unit (CE 323) มีปริมาตรห้อง 192 m^3 และห้องควบคุมมีปริมาตร 16 m^3 อาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และทำการวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องทั้ง 3 ห้อง เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมงตั้งแต่ 8.30-16.30 น. และทำการวิเคราะห์หาลิ้นมังกรต่อปริมาตรห้องจากการคำนวณตามหลักการบทวิจัยของคุณพนธวรรธน์ แล้วเพิ่มหรือลดครั้งละ 1 ต้น ตามลำดับ จากการทดลองพบว่า ห้องวิชาการ(CE106)ขนาด 360 m^3 จำนวนคนทำงาน 4 คน เหมาะที่จะใช้ลิ้นมังกร 3 ต้น ห้อง Water Resources Research Unit (CE 323) ขนาด 192 m^3 จำนวนคนทำงาน 2-3 คน เหมาะที่จะใช้ลิ้นมังกร 4ต้น และห้องควบคุมใช้ลิ้นมังกร 5 ต้น สามารถลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากที่สุด รองลงมาเมื่อใช้ลิ้นมังกร 4ต้น, 3ต้น และ 2ต้น ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.36, 27.28, 27.13 และ 23.51 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการนำลิ้นมังกรไปใช้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องสำนักงานและบ้านพักอาศัย

Project title	SNAKE PLANT ABSORB CARBON DIOXIDE IN THE OFFICES	
Name	Miss. Pattaaaaraporn Jewaou	ID. 51362800
	Miss. Atchara Kuegthaisong	ID. 51362831
Project advisor	Asst. Prof. Dr. Pajaree Thongsanit	
Major	Environmental Engineering	
Department	Civil Engineering	
Academic year	2011	

.....

Abstract

This project is the study of the snake plant absorbs carbon dioxide in the offices. This studied measured the concentration of carbon dioxide in works time (8.00 am - 4.30 pm) at three rooms. The first room was The Academic Engineering Affairs room number 106 with volume of 360 m^3. The second was room Water Resources Research Unit room number 323 with volume of 192 m^3. The third was Control Room with the volume of 16 m^3. All of them were set in the building of civil engineering department, faculty of engineering, Naresuan University. The data of analytical number of plant in the room was calculated using Phonthawat 's researchs. The number of the plant added up from 1 to 2, 3, 4 and 5 of snake plants respectively. The result found that the 4 of snake plants were the most suitable for the room 360 m^3 and 5 of snake plants using for the room 192 m^3. The absorption of carbon dioxide in control room used 5, 4, 3 and 2 of snake plant, respectively. The results were 28.36, 27.28, 27.13 and 23.51 percent respectively. The future research could be applied to the other offices and houses.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางผู้ดำเนินงานต้องขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ปาจรีย์ ทองสนิท ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการปฏิบัติงาน การแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงงาน ตลอดจนติดตามประเมินผลการทำโครงงานมาโดยตลอด และทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่นและดร.จิรภัทร์ อนันต์ภัทรชัย ซึ่งเป็นกรรมการในการสอบโครงร่างและสอบจบเป็นอย่างสูง และขอขอบคุณ คุณฐปนรรฆ์ สิริโชคก ที่ให้ความช่วยเหลือโครงงานนี้ให้สำเร็จได้

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่หน่วยวิชาการและนิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้กรุณาให้ใช้ห้องในการศึกษาและให้ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนคนที่เข้ามาติดต่องาน

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่เป็นกำลังใจในการจัดทำโครงงาน

ขอขอบพระคุณ ทุกๆท่าน ที่ได้มีส่วนร่วมช่วยให้โครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นางสาวภัทราพร จิ๋วอยู่
นางสาวอัจฉรา กึกไธสง

มีนาคม 2555

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญ.....จ
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ซ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ.....ฌ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2
1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน.....2
1.5 สมมติฐานของโครง.....2
1.6 แผนการดำเนินงาน.....3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น.....4
2.1 คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor air Quality)
.....4
2.2 คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide).....6
2.3 ไม้ประดับภายในอาคาร (Plant indoor).....11
2.4 เอกสารและงานที่เกี่ยวข้อง.....19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน.....22
3.1 พื้นที่ศึกษา.....22
3.2 เครื่องมือและสารเคมี.....24
3.3 วิธีดำเนินงาน.....25
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....29

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์.....31
4.1 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก่อนวางลิ้นมังกร..... 31
4.2 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องควบคุม.....32
4.3 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องสำนักงานวิชาการ (CE 106).....34
4.4 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้อง Water Resources Research Unit (CE 323).....36
4.5 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกร).....38
4.6ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรให้องควบคุม.....44

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 46
5.1 สรุปผล.....46
5.2ข้อเสนอแนะ.....47

เอกสารอ้างอิง.....48

ภาคผนวก ก ข้อมูลความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์..... 50
ภาคผนวก ข แบบแปลนอาคารวิศวกรรมโยธา..... 54

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.แผนการดำเนินโครงงาน.....3

2.1 มลพิษทางอากาศภายในอาคาร.....4

2.2 องค์ประกอบมาตรฐานของอากาศแห้ง.....7

2.3 คุณสมบัติทั่วไปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์.....7

2.4 ชนิดของไม้ประดับที่สามารถดูดซับสารพิษต่าง ๆ.....10

2.5 ชนิดของไม้ประดับที่สามารถดูดซับสารพิษ ต่าง ๆ.....13

2.6 สายพันธุ์ของลิ้นมังกร.....17

4.1 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องสำนักงาน.....31

4.2 ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรในห้องควบคุม.....44

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 วัฏจักรคาร์บอน.....9

2.2 ไม้ประดับภายในอาคาร.....11

2.3ไม้ประดับภายในอาคารที่สามารถลดมลพิษในอาคาร.....14

2.4 ลิ้นมังกร.....16

2.5 สายพันธุ์ของลิ้นมังกร.....19

3.1 ห้องสำนักงานวิชาการ (CE 106).....22

3.2 ห้อง Water Resources Research Unit (CE323).....23

3.3 ห้องควบคุม.....23

3.4 สารเคมี.....24

3.5 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการตรวจวัดคาร์บอนไดออกไซด์.....25

3.6 ลิ้นมังกร.....25

3.7 ระบบการวัดปริมาณ CO_2.....26

3.8 การวางระบบการวัดปริมาณ CO_2 ในห้องสำนักงาน.....27

3.9 ผังการวางลิ้นมังกรห้องสำนักงานวิชาการ (CE 106).....27

3.10 ผังการวางลิ้นมังกรห้อง Water Resources Research Unit (CE 323).....28

3.11 ผังการวางลิ้นมังกรห้องควบคุม..... 28

4.1 ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของห้องควบคุม.....32

4.2 ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของห้อง CE 106.....34

4.3 ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรห้อง CE 323.....36

4.4 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรวันจันทร์.....38

4.5 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรวันอังคาร.....39

4.6 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรวันพุธ.....40

4.7 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรวันพฤหัสบดี.....41

4.8 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรวันศุกร์.....42

4.9 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรในห้องควบคุม.....43

4.10 เปอร์เซ็นต์การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกร.....44

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

CO_2	=	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
ppm	=	part per million
M	=	Molar
$ppm/m^3/s$	=	part per millionต่อลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
ml/min	=	มิลลิลิตรต่อนาที
µg/hr	=	ไมโครกรัมต่อชั่วโมง
g/hr	=	กรัมต่อชั่วโมง
µg	=	ไมโครกรัม
g	=	กรัม
hr	=	ชั่วโมง
m/s	=	เมตรต่อวินาที
l/min	=	ลิตรต่อนาที
ml	=	มิลลิลิตร
NaOH	=	โซเดียมไฮดรอกไซด์
°C	=	องศาเซลเซียส
atm	=	หน่วยวัดความดันบรรยากาศ (Atmosphere)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

การพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้มีความเจริญก้าวหน้ามีส่วนสำคัญที่ทำให้ช่วงชีวิตของคนยุคใหม่อาศัยอยู่ภายในอาคารมากขึ้น ซึ่งการศึกษาของคนไทยเป็นตัวอย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัดเจนจากการเติบโตทางเศรษฐกิจจึงเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้คนส่วนใหญ่มักเลือกประกอบอาชีพอยู่ภายในสำนักงานมากที่สุดระยะเวลาในไม่ต่ำกว่าการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน คุณภาพภายในจึงเป็นสิ่งสำคัญมาก เนื่องจากแหล่งกำเนิดมีระบบระบายอากาศไม่มีประสิทธิภาพพอ มลพิษภายในสำนักงานมีมากมาย เช่น ไซลีน เบนซินและฟอร์มาดีไฮด์ แต่คนส่วนใหญ่ในสำนักงานมักไม่ให้สนใจเกี่ยวกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด ด้วยคุณสมบัติคือเป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น หากได้รับในปริมาณที่มากเกินไปจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่ได้รับ ดังนั้นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในสำนักงานไม่ให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้คือ การนำไม้ประดับเข้ามาช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในสำนักงาน

ไม้ประดับนอกจากจะมีความสวยงามและทนทานแล้วยังสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย 3 กระบวนการ คือ 1.การสังเคราะห์แสง 2.การหายใจของพืช และ 3.การคายน้ำของพืช ดังนั้นการนำไม้ประดับเข้ามาตกแต่งภายในสำนักงานจำเป็นที่จะต้องให้ความสำคัญกับชนิดของไม้ประดับเนื่องจากว่าศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้ประดับมีประสิทธิภาพหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ คือ ไม้ประดับชนิดหนึ่งสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีเมื่อตั้งอยู่นอกอาคารดังนั้นจึงไม่ควรนำมาประดับไว้ในอาคารเพราะจะทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับน้อยลง จากการศึกษาประสิทธิภาพก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้ประดับพบว่างานวิจัยของคุณพนธวรรธน์ ในปี พ.ศ.2552 ได้มีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของไม้ประดับที่ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 4 ชนิด ได้แก่ วาสนาอธิษฐาน วาสนา ประกายเงิน และลิ้นมังกร พบว่า ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้ประดับทั้ง 4 ชนิด มีค่าเท่ากับ 1.50, 1.47, 1.31 และ 0.49 ppm/m^3/s ตามลำดับ เป็นการศึกษาในหน่วยทดลองระบบปิด จึงได้มีการสนใจที่นำลิ้นมังกรมาศึกษา ณ สถานที่จริง เนื่องจากลิ้นมังกรเป็นไม้ประดับที่ปลูกภายในอาคารได้ดีและทนทานจึงเป็นที่มาของหัวข้อที่มีชื่อว่า การประยุกต์ใช้ลิ้นมังกรมาใช้ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องสำนักงาน โดยศึกษาปริมาณและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากลิ้นมังกร ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงเห็นถึงความสำคัญของคุณภาพอากาศภายในสำนักงานที่มีผลต่อสุขภาพและศักยภาพในการทำงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ศึกษาความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องสำนักงานในช่วงเวลาทำงาน

1.2.2 ศึกษาปริมาณความเหมาะสมของลิ้นมังกรที่ใช้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องสำนักงาน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องสำนักงาน

1.3.2 ทราบถึงปริมาณความเหมาะสมที่ใช้ในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องสำนักงาน

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน

1.4.1 เก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ห้องสำนักงานที่มีหน้าต่างภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.4.2 ใช้ลิ้นมังกรเป็นไม้ประดับดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

1.4.3 เก็บตัวอย่างเป็นเวลา 4 เดือน ตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายน 2554 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2555

1.5 สมมติฐานของโครงงาน

ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องสำนักงานแต่ละห้องมีปริมาณความเข้มข้นต่างกัน

1.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	ก.ย. 54	ต.ค. 54	พ.ย. 54	ธ.ค. 54	ม.ค. 55	ก.พ. 55
เก็บข้อมูลเบื้องต้น						
วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น						
ศึกษาการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรในห้องสำนักงาน						
วิเคราะห์ข้อมูล						
สรุปผลและจัดทำรายงาน						

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality)

อากาศในบริเวณหนึ่งภายในอาคารหรือที่พักอาศัยโดยที่สภาพอากาศภายในต้องมีความสมดุลของอุณหภูมิ ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจเข้า-ออกของคน ความเข้มข้นของสารระเหย อนุภาคสิ่งสกปรกและปริมาณจุลชีพที่ไม่ก่อให้เกิดผลร้ายต่อสุขภาพและร่างกายของคนที่อาศัยอยู่ภายในอาคาร

2.1.1 ภาวะมลพิษทางอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Pollutant) หมายถึง สภาวะการที่อากาศภายในอาคารมีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณและระยะเวลาที่นานพอที่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์หรือต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณนั้นๆซึ่งแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นในสำนักงานและบ้านเรือนมีตัวอย่างดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 มลพิษทางอากาศภายในอาคาร

สำนักงาน	ที่อยู่อาศัย
วัสดุในการตกแต่ง	แหล่งมลพิษเหมือนสำนักงาน
พรม,ม่าน	สัตว์เลี้ยง
เครื่องถ่ายเอกสาร	ความชื้นจากห้องน้ำเกิดเชื้อรา
คน(กลิ่น)	Miter
น้ำยาทำความสะอาด	เตาผิง(fire place)
บุหรี่	Household Cleaner
ยาฆ่าแมลง	Radon
อาหาร	-
ฝุ่นละออง	-

ที่มา : มาริยา, 2542

2.1.2 อาการแพ้จากอาคาร (Sick Building Syndrome) หรืออาการแพ้ตึก หมายถึง อาการที่เกิดจากภาวะต่าง ๆ ในตึก อาคารสำนักงาน ห้างสรรพสินค้า ฯลฯ ที่เกิดขึ้นพร้อมกันหลาย ๆ คนและมีอาการคล้าย ๆ กัน เกิดขึ้นในเวลาใกล้เคียงกัน มักเกิดในสำนักงานที่ใช้เครื่องปรับอากาศ อากาศถ่ายเทน้อยไม่มีอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าไปปรับเปลี่ยน มักจะมีอาการระคายเคืองตา จมูก จาม น้ำมูกไหล คันตามผิวหนัง สำหรับคนที่แพ้ง่ายคนที่เป็นโรคภูมิแพ้อยู่แล้วอาการแพ้จะกำเริบมากขึ้นที่พบบ่อยคือ แพ้ไรฝุ่น เชื้อรา เชื้อจากแมลงสาปทำให้มีอาการไอ จามหรือรุนแรงขึ้นจนถึงขั้นหอบ อาการที่ไม่รุนแรงจะมีหดหู่ อ่อนเพลีย ง่วงนอนขาดความกระตือรือร้นในการทำงานซึ่งสาเหตุการเกิดอาการแพ้อาคารมีดังต่อไปนี้

2.1.2.1 การระบายอากาศไม่เพียงพอ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการนำอากาศภายนอกเข้าไปในอาคารไม่เพียงพอการกระจายและการผสมผสานอากาศภายในอาคารไม่พอเพียงอุณหภูมิและความชื้นสูงหรือไม่คงที่ระบบการกรองอากาศทำงานไม่มีประสิทธิภาพ

2.1.2.2 สารเคมีภายในอาคาร มีสาเหตุมาจากแหล่งมลพิษภายในอาคาร เช่น จากเครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องพิมพ์เลเซอร์ นอกจากนี้ยังมีสารประกอบอินทรีย์ไอระเหย (VOC: Volatile Organic Compounds) อื่นๆ ที่อาจมาจากกาวและสารเคมีที่ใช้ในสำนักงาน ตลอดจนการสูบบุหรี่ในอาคารและการใช้ก๊าซหุงต้มอาหารและฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศ

2.1.2.3 สารเคมีจากภายนอกอาคาร มีสาเหตุจากมลพิษอากาศภายนอกอาคาร เข้ามาภายในอาคารทั้งจากทางประตู หน้าต่าง ช่องระบายอากาศหรือแทรกซึมตรงบริเวณที่ปิดไม่สนิท เช่น อากาศเสียที่ระบายออกจากอาคารใกล้เคียง ควันไฟหรือกลิ่นจากครัวปรุงอาหารและควันจากท่อไอเสียรถยนต์ในโรงจอดรถ เป็นต้น

2.1.2.4 ปัจจัยทางฟิสิกส์ เช่น อุณหภูมิและความชื้นตลอดจนเสียงและแสงการป้องกันและแก้ไขแบ่งเป็น 2 กรณี คือการป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาและการแก้ไขปรับปรุงอาคารที่มีปัญหากลุ่มอาการอาคารป่วย

2.1.3 แหล่งกำเนิดอาการและโรคแพ้อาคารในสำนักงาน สามารถแบ่งประเภทของสารปนเปื้อนได้ 5 กลุ่ม ดังนี้

2.1.3.1 Aerosal and Tobacco Smoke อากาศมีอนุภาคแขวนลอยอยู่เป็นจำนวนมาก และมีหลากหลายชนิด ได้แก่ ควันบุหรี่ ฝุ่น ละอองเกสรดอกไม้ เส้นใยแร่ใยหิน อนุภาคแขวนลอยดังกล่าวมีขนาดเล็กมากที่สามารถเข้าไปยังถุงลมในปอดได้ผลกระทบต่อสุขภาพทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจส่วนบนและมะเร็งในปอด

2.1.3.2 สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่แขวนลอยในอากาศ ได้แก่ เชื้อไวรัส เชื้อแบคทีเรีย เชื้อราริกเกตเซีย โปรโตซัว ไรฝุ่น มักพบอยู่ในพื้นผิววัสดุที่มีความชื้นสูงหรือบริเวณที่มีแหล่งน้ำขังเชื้อจุลชีเหล่านี้ทำให้เกิดการติดเชื้อ การติดเชื้อภายในอาคารเกิดจากการแพร่เชื้อจากคนสู่คน ภายในอาคารมีการระบายอากาศไม่เพียงพอหรือมีคนอยู่หนาแน่นเกินไป ปัจจัยดังกล่าวยิ่งส่งเสริมให้เกิดการติดเชื้อได้ง่ายขึ้น ผลกระทบต่อสุขภาพ เมื่อคนหายใจเอาเชื้อเข้าไปในร่างกายหรือสัมผัสกับเชื้อทำให้เกิดอาการแพ้ คันตามร่างกาย คัดจมูก ไอ และมีอาการเจ็บป่วย นอกจากนี้ก๊าซพิษของเชื้อโรคที่ปล่อยออกมายังทำลายระบบทางเดินหายใจ ระบบประสาทส่วนกลางและระบบภูมิคุ้มกัน

2.1.3.3 เรดอน (Radon) เป็นก๊าซที่ไม่มีสีไม่มีกลิ่นเกิดจากการสลายตัวจากธาตุเรเดียมซึ่งมีอยู่ในดินและหินสามารถเข้ามาในอาคารได้โดยการซึมผ่านตามรอยต่อและรอยรั่วต่างๆของอาคาร ผลกระทบต่อสุขภาพการได้รับเรดอนเข้าไปในร่างกายในระยะยาวทำให้เกิดมะเร็งในปอด

2.1.3.4 สารระเหยอินทรีย์ (Volatile Organic Compounds,VOC) สารระเหยอินทรีย์ หรือ VOC ส่วนใหญ่พบในวัสดุก่อสร้างหรือวัสดุตกแต่งภายในอาคาร เช่น ไม้อัด พรม เฟอร์นิเจอร์ สี สารเคลือบเงาไม้ น้ำยาทำความสะอาดพื้น กาวที่ใช้ในการยึดกระเบื้องและสารระเหยจากย่าฆ่าแมลง ซึ่งสารเหล่านี้จะพบมากในเฟอร์นิเจอร์ใหม่ส่งผลให้ปัญหาการเจ็บป่วยจากสารประกอบประเภทนี้มักพบในอาคารที่เพิ่งเปิดใช้งานหรือทำการปรับปรุงภายในใหม่

2.1.3.5 ก๊าซอนินทรีย์ (Inorganic Gaseous) ก๊าซโอโซนที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องทำความสะอาดอากาศที่ใช้หลักการไฟฟ้าสถิต ก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้กับสารเคมีอื่น ๆ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NOx) เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เกิดจากการหายใจของคน

2.2 คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide)

2.2.1 ข้อมูลทั่วไป

2.2.1.1 ปริมาณก๊าซในบรรยากาศ บรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกส่วนใหญ่ประกอบด้วย ก๊าซไนโตรเจน 78% ก๊าซออกซิเจน 21% ก๊าซอาร์กอน 0.9% ที่เหลือเป็น ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่น ๆ จำนวนเล็กน้อย ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบมาตรฐานของอากาศแห้ง

Gas	% by Volume	% by Weight	Part per Million (by Volume)	Chemical Symbol	Molecular Weight
Nitrogen	78.08	75.47	780805	N_2	28.01
Oxygen	20.95	23.20	209450	O_2	32.00
Argon	0.93	1.28	9340	Ar	39.95
Carbon Dioxide	0.039	0.0606	390	CO_2	44.01
Neon	0.0018	0.0012	18.21	Ne	20.18
Helium	0.0005	0.00007	5.24	He	4.00
Krypton	0.0001	0.0003	1.14	Kr	83.80
Hydrogen	0.00005	Negligible	0.50	H_2	2.02
Xenon	8.7×10^{-6}	0.00004	0.087	Xe	131.30

ที่มา : Universal Industrial Gases, Inc. (2011)

2.2.1.2 คุณสมบัติทั่วไปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังแสดงในตาราง 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทั่วไปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Metric Unit			Boiling Point @ 101.325 kPa		Gas Phase Properties @ 0 °C & @ 101.325 kPa			Liquids Phase Properties @ B.P., & @ 101.325 kPa	
			Temp.	Latent Heat of Vaporization	Specific Gravity	Specific Heat (Cp)	Density	Specific Gravity	Specific Heat (Cp)
Substance	Chemical Symbol	Mol. Weight	°C	kJ/kg	Air = 1	kJ/kg °C	kg/m³	Water = 1	kJ/kg °C
Carbon Dioxide	CO_2	44.00	-78.50	571.30	1.53	0.85	1.97	1.18[c]	-

ที่มา : Universal Industrial Gases, Inc. (2011)

2.2.2 วัฏจักรคาร์บอน (Carbon Cycle) เป็นวัฏจักรชีวธรณีเคมีซึ่งคาร์บอนถูกแลกเปลี่ยนระหว่างสิ่งมีชีวิต, พื้นดิน, น้ำและบรรยากาศของโลก คาร์บอนเป็นธาตุสำคัญธาตุหนึ่งของสิ่งมีชีวิต เป็นองค์ประกอบประมาณ 50% ของเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตและในรูปคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช การหมุนเวียนของคาร์บอนในระบบนิเวศแบ่งได้เป็น 3 แบบตามระยะเวลาที่ใช้ในการหมุนเวียนให้ครบรอบคือ ระยะสั้นและระยะยาว (Mackenzie,1995)

2.2.2.1 การหมุนเวียนระยะสั้น เป็นการหมุนเวียนของคาร์บอนในรูปคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและการหายใจ เริ่มจากพืชตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมาสังเคราะห์เป็นสารอินทรีย์ คาร์บอนจากบรรยากาศจึงเคลื่อนย้ายเข้าสู่พืช เกิดขึ้นได้ทั้งบนบกและในน้ำ ดังสมการ

$$6CO_2 + 6H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

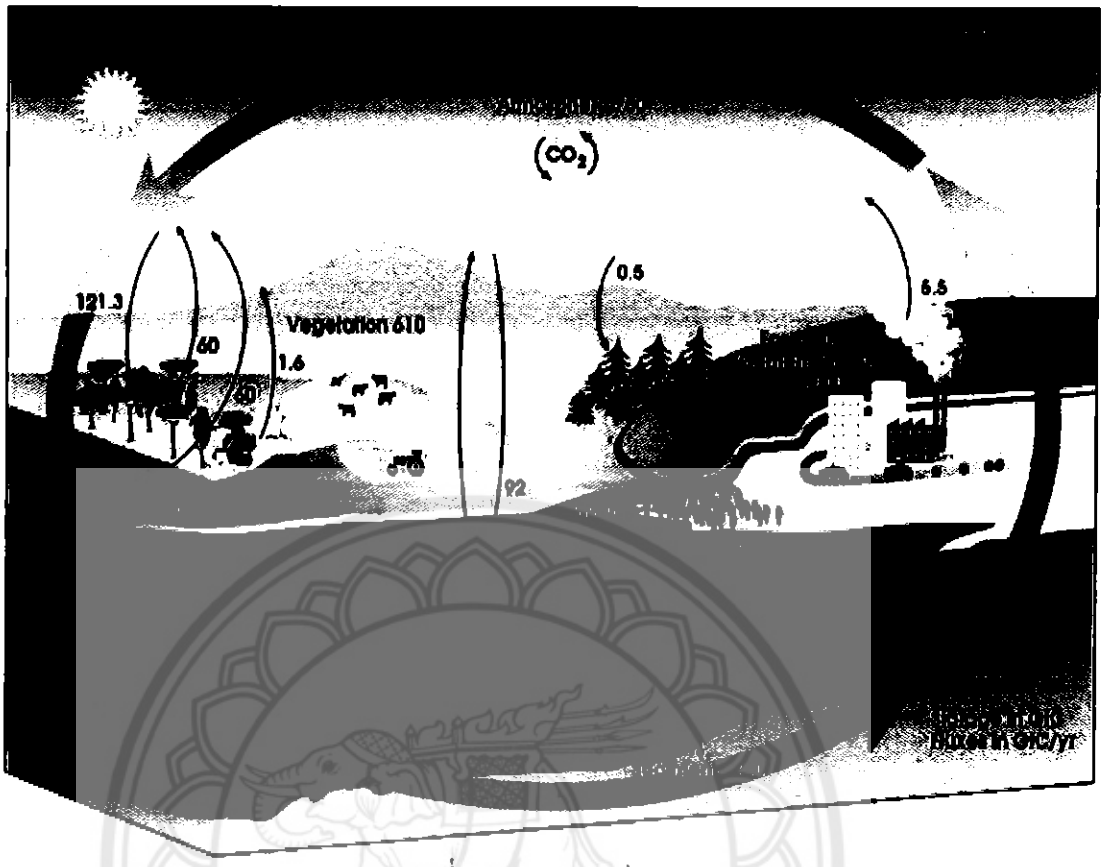
การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชจะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมี บางส่วนถูกใช้ไป บางส่วนถูกเก็บสะสมในรูปคาร์โบไฮเดรตซึ่งจะถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหาร คาร์บอนเหล่านี้จะกลับสู่บรรยากาศโดยการหายใจและการย่อยสลายหลังจากสิ่งมีชีวิตตายลงไปการย่อยสลายนี้อาจจะได้คาร์บอนในรูปคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซมีเทนกลับคืนสู่บรรยากาศ (Mackenzie,1995)

2.2.2.2 การหมุนเวียนระยะยาว เป็นการหมุนเวียนของคาร์บอนผ่านระบบโครงสร้างของโลกทั้งในแผ่นดิน มหาสมุทรและหินปูน องค์ประกอบสำคัญของหินปูนคือแคลเซียมคาร์บอเนต หินปูนเป็นแหล่งสะสมคาร์บอนที่สำคัญของพื้นโลก การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศและการกัดเซาะจะชะแคลเซียม ซิลิกา และคาร์บอนออกจากหินปูน ดังสมการ

$$CaCO_3 + CO_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^-$$

$$CaSiO_3 + 2CO_2 + H_2O \longrightarrow 2HCO_3^- + SiO_2$$

สิ่งที่ได้จากการกัดเซาะจะลงสู่แม่น้ำและไปยังมหาสมุทร Ca^{2+} และ HCO_3^- บางส่วนจะถูกไปใช้ในการสร้างโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบ เช่นเปลือกหอย บางส่วนกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กลับสู่บรรยากาศเมื่อสิ่งมีชีวิตตายจะถูกย่อยสลายได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำลึกซึ่งจะกลับสู่บรรยากาศเมื่อน้ำในบริเวณนั้นม้วนตัวขึ้นมา (Mackenzie,1995)



รูปที่ 2.1 วัฏจักรคาร์บอน

ที่มา : วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี (2554)

2.2.3 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสำนักงาน เกิดจากกระบวนการเผาไหม้และกระบวนการเผาผลาญอาหารในร่างกายเพื่อสร้างพลังงานทั้งในมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ โดยปกติก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกขับออกมาจากการหายใจออก ซึ่งในลักษณะงานในสำนักงานที่ถูกขับออกมาในแต่ละคนมีปริมาณ 200 ml/min ระดับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความสำคัญต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารเนื่องจากสามารถใช้ข้อบอกถึงสภาพอากาศภายในอาคารได้ว่ามีการระบายอากาศที่เพียงพอหรือไม่ หากความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าปกติแสดงว่าการระบายอากาศภายในอาคารออกสู่ภายนอกอาคารนั้นไม่เพียงพอ ซึ่งจะมีผลต่อสุขภาพของผู้ที่ทำงานภายในสำนักงานเนื่องจากมีผลต่อระดับความเข้มข้นของสารปนเปื้อนอื่น ๆ ด้วย ซึ่งหน่วยงาน National Institute For Occupational Safety and Health (NIOSH) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้มีการศึกษาและทำการรวบรวมข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับของ CO_2 ในอาคารกับอาการต่าง ๆที่เกิดขึ้นกับคนที่อยู่ในอาคาร ดังนี้

2.2.3.1 ระดับ CO_2 600 ppm เริ่มมีผู้เรียกร้องเกี่ยวกับปัญหาคุณภาพอากาศในอาคาร

2.2.3.2 ระดับ CO_2 600-1,000 ppm มีผู้ร้องเรียนเกี่ยวกับปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารแต่มักไม่สามารถหาสาเหตุได้

2.2.3.3 ระดับ CO_2 มากกว่า 1000 ppm บ่งชี้ถึงการระบายอากาศไม่เพียงพอและมีการร้องเรียนว่าผู้ที่อาศัยภายในอาคารมีอาการปวดศีรษะ เหนื่อยล้าและมีปัญหาทางระบบทางเดินหายใจ (ณัฐพงศ์ แหละหมัน, 2548)

2.2.4 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลต่อการหายใจภายในห้องสำนักงาน ในการหายใจปกติซึ่งความลึกและความถี่ของการหายใจจะขึ้นอยู่กับระบบประสาทเพื่อต้องการรักษาระดับออกซิเจนเข้าสู่เนื้อเยื่อของร่างกายพอดี ลักษณะของกลไกนี้เกิดจากการวัดระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในกระแสเลือดโดยปกติระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงจะบอกถึงระดับออกซิเจนที่ต่ำเพราะมนุษย์หายใจเอาออกซิเจนเข้าและหายใจออกเพื่อคายคาร์บอนไดออกไซด์ในเวลาเดียวกัน และร่างกายใช้ออกซิเจนเพื่อการเผาผลาญโมเลกุล เกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลพลอยได้ออกมาถ้าคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดเข้มข้นมากระดับออกซิเจนในร่างกายต่ำและส่งผลให้หลอดเลือดในสมองขยายตัวเพื่อให้เลือดและออกซิเจนถูกลำเลียงมาเลี้ยงสมองอย่างเพียงพอหลอดเลือดในสมองจะหดตัวเพื่อลดระดับการขนส่งโลหิตและออกซิเจนเข้าสู่สมอง จึงให้เกิดอาการวิงเวียนศีรษะและหน้ามืด (Kenneth and Alistair,2006)

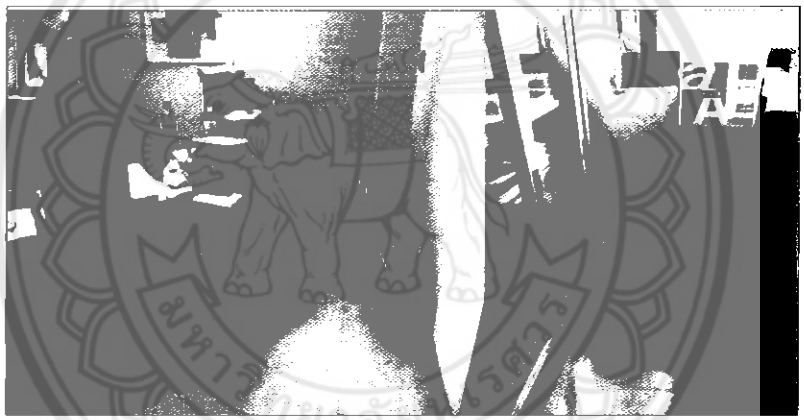
ตารางที่ 2.4 ความเข้มข้นสูงสุด สำหรับการปนเปื้อนในอาคาร

สิ่งปนเปื้อน	เวลาเฉลี่ย	ค่าที่ยอมรับได้สำหรับคุณภาพอากาศในอาคาร(ppm)
คาร์บอนไดออกไซด์	8 ชั่วโมง	1000
คาร์บอนมอนออกไซด์	8 ชั่วโมง	9
ฟอร์มาดีไฮด์	8 ชั่วโมง	0.10
โอโซน	8 ชั่วโมง	0.05

ที่มา : ณัฐพงศ์ แหละหมัน, 2548

2.3 ไม้ประดับภายในอาคาร (Plant Indoor)

ไม้ประดับภายในอาคารเป็นปัจจัยหนึ่งที่กำลังเป็นที่นิยมขึ้นซึ่งประดับมีอยู่หลายชนิดที่สามารถเจริญงอกงามอยู่ในอาคารได้เป็นอย่างดีเนื่องจากไม้ประดับบางชนิดสามารถปรับตัวให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของแต่ละสถานที่ได้ เช่น กระบองเพชร เป็นพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่บริเวณพื้นที่แห้งแล้งในเขตทะเลทรายแต่ก็สามารถนำมาปลูกไว้ในพื้นที่ชุ่มฝนได้เช่นกันหรือแม้แต่ห้องต่าง ๆภายในอาคารที่มีแสงสว่างเพียงเล็กน้อย มีเพียงแสงจากหลอดไฟฟ้าไม่ประดับก็สามารถเจริญเติบโตและปรับตัวได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้จำเป็นที่จะต้องพิจารณาไม้ประดับให้ถูกต้องและเหมาะสมด้วยว่ามีไม้ประดับชนิดไหนบ้างที่สามารถนำมาประดับภายในอาคารได้และเมื่อได้นำเข้ามาไว้ภายในอาคารแล้วจะต้องรู้วิธีการบำรุงดูแลรักษาไม้ประดับให้เจริญงอกงาม ทั้งนี้ควรที่จะต้องให้ความสำคัญกับปัจจัยอื่น ๆ เช่น น้ำ ปุ๋ย แสงแดด เพื่อให้สมบูรณ์แข็งแรง มีทรงต้นที่สวยงามเพื่อชดเชยจากสภาพแวดล้อมที่มีอยู่อย่างจำกัด (เศรษฐมันตร์ กาญจนกุล, 2552)



รูปที่ 2.2 ไม้ประดับภายในอาคาร

2.3.1 คุณลักษณะของพันธุ์ไม้ทั่วไปของไม้ประดับ ไม้ประดับที่สามารถนำมาตกแต่งภายในบ้าน สำนักงาน หรือห้องต่าง ๆ ควรเป็นไม้ใบมากกว่าไม้ดอกเนื่องจากไม้ประดับประเภทนี้มีความทนทานสูงสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ได้อย่างรวดเร็วอีกทั้งยังมีใบที่สวยงามให้ชมตลอดเมื่อพิจารณาไม้ประดับดูดสารพิษภายในอาคารส่วนใหญ่จะเป็นไม้ใบซึ่งจะมีความสวยงามมากหรือน้อยจำเป็นที่ต้องพิจารณาจากคุณลักษณะดังต่อไปนี้ (เศรษฐมันตร์ กาญจนกุล, 2552)

2.3.1.1 ลักษณะรูปร่างของใบ ใบไม้ตามธรรมชาติมีลักษณะรูปร่างแตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นรูปร่างแบน บาง กว้างใหญ่ เช่น ใบบอน เป็นต้น ใบไม้อีกประเภทหนึ่งคือมีลักษณะเป็นใบเดี่ยว บางชนิดมีลักษณะเป็นใบรวมคือมีใบเล็กรวมกันเป็นใบใหญ่ใบหนึ่งบางชนิดติดใบแฝดเป็นคู่ บางชนิดมีปลายแหลม บางชนิดมีลักษณะเป็นใบตัดบางชนิดมีลักษณะเป็นใบมน บางชนิดมี

ลักษณะแปลก ๆ อาทิเช่น ใบโกสน ใบบอนสีหรือไม้ประดับบางชนิดไม่สามารถแยกออกระหว่างใบและดอก เป็นต้นไม้ประดับบางชนิดมีลักษณะเป็นหนาม เช่น พญาไร้ใบ กระบองเพชร เป็นต้น

2.3.1.2 ลักษณะลวดลายและสีสันของใบ เป็นคุณลักษณะอย่างหนึ่งที่สามารถเพิ่มความงดงามแก่ไม้ประดับมากขึ้นเป็นสิ่งที่ธรรมชาติออกแบบมาเพื่อความสวยงาม ซึ่งโดยทั่วไปจะพบว่าใบของพรรณไม้ต่าง ๆ จะเป็นสีเขียวเนื่องจากว่าสารสีเขียวหรือคลอโรฟิลนั้นเป็นสารสำคัญของกระบวนการปรุงอาหารเพื่อความเจริญเติบโตสำหรับไม้ประดับที่มีใบสีสันสวยงามที่มักจะนำมาปลูกนั้นมีอยู่หลายประเภทด้วยกันเช่น โกสน บอนสี ฤาษีผสม หมากผู้หมากเมีย สัปปะรดสี พลูด่าง เป็นต้น (เศรษฐมันตร์ กาญจนากุล, 2552)

2.3.1.3 การจัดระเบียบ การจัดรูปเรียงตัวของใบมีความเหมือนหรือแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ประดับซึ่งบางชนิดการจัดเรียงของใบก็ไม่ให้ปิดกั้นกันบางชนิดเรียงติดกันไปมาเป็นลูกเล่นของธรรมชาติบางชนิดเรียงติดกันเป็นแถว ๆ สองข้างข้างละเท่า ๆ กันแต่บางชนิดก็เรียงเป็นแถวเวียนสองข้างข้างละเท่า ๆ กันและบางชนิดก็เรียงเป็นแถวเวียนกันจากล่างไปสู่ยอดการจัดระเบียบใบบนไม้ประดับไม่คำนึงถึงความสวยงามเป็นสำคัญแต่จะคำนึงถึงจำนวนใบที่ได้รับแสงอย่างเพียงพอรวมถึงการคายน้ำมาอกหรือน้อยอย่างไรก็ตามการเรียงใบของไม้ประดับสามารถทำให้เกิดความสวยงามอย่างหนึ่งแก่ใบได้ (เศรษฐมันตร์ กาญจนากุล, 2552)

2.3.1.4 เนื้อของใบ ความสวยงามของใบขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของเนื้อใบด้วยไม้ใบหลายชนิดมีเนื้อใบที่บางหรือหนาไม่เหมือนกัน เช่น เนื้อใบเรียบขรุขระเป็นขนหยาบและละเอียดเป็นกำมะหยี่ เป็นต้น บางชนิดใบเรียบจนเป็นมันสวยงามเช่น ใบยางอินเดีย เป็นต้น อย่างไรก็ตามเนื้อของใบไม้มีส่วนก่อให้เกิดความรู้สึกต่าง ๆ ทั้งด้านบวกและลบเช่น ใบบางชนิดที่มีขนอ่อนอาจจะก่อให้เกิดความรู้สึกคันผื่นขึ้น ได้แต่ในขณะเดียวกันก็สามารถสร้างความเพลินเพลินในขณะมอง เป็นต้น (เศรษฐมันตร์ กาญจนากุล, 2552)

2.3.2 ไม้ประดับดูดสารพิษ ไม้ประดับดูดสารพิษนั้นมีความสามารถที่ช่วยควบคุมและแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศได้ด้วยกระบวนการ 3 กระบวนการดังนี้

2.3.2.1 การสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) กระบวนการทางชีวเคมีที่สำคัญอย่างหนึ่งที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตโดยการดูดซับพลังงานจากแสงอาทิตย์จากนั้นพืชจะสร้างอาหารประเภทแป้งและน้ำตาลพืชโดยจะดูดเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศผ่านเข้าไปทางปากใบและดูดเอาจากดินผ่านทางบนรากถ้าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย (เศรษฐมันตร์ กาญจนกุล, 2552)

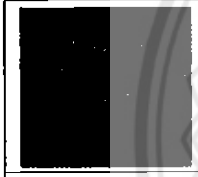
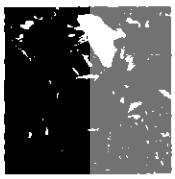
2.3.2.2 การหายใจของพืช (Respiration) กระบวนการย่อยอาหารที่พืชสร้างจากการสังเคราะห์แสงซึ่งจะมีการปลดปล่อยพลังงานออกมาพืชจะนำพลังงานเหล่านี้ไปใช้ในการสังเคราะห์สารอาหารต่าง ๆ ดูดซึมและแร่ธาตุอาหารเพื่อเจริญเติบโตเมื่อพืชโตขึ้นก็ต้องการ

พลังงานมากขึ้นการสังเคราะห์แสงก็ต้องมากขึ้นจึงมีผลต่อการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น (เศรษฐมันตร์ กาญจนกุล, 2552)

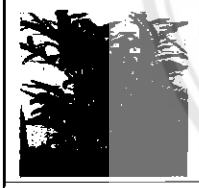
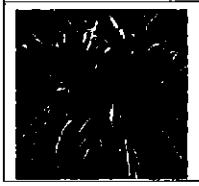
2.3.2.3 การคายน้ำของพืช การสูญเสียน้ำของพืชในรูปแบบของไอน้ำโดยระเหยออกทางปากใบ ถ้าพืชได้รับน้ำไม่เพียงพอ ปากใบจะปิดเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ เป็นต้น ดังนั้นควรรดน้ำอย่างสม่ำเสมอให้กับพืชและให้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมเพื่อที่จะได้คายน้ำออกมาได้มากขึ้น ซึ่งถ้าการคายน้ำสูงก็จะช่วยเคลื่อนตัวของอากาศที่ปนเปื้อนสารพิษลงสู่ราก จากนั้นจุลินทรีย์ในดินก็จะย่อยสลายก๊าซพิษนั้นไปเป็นอาหารและพลังงานต่อไป (เศรษฐมันตร์ กาญจนกุล, 2552)

2.3.3 ชนิดของไม้ประดับที่สามารถดูดซับสารพิษ ต่าง ๆ ไม้ประดับดูดสารพิษที่มีศักยภาพในการดูดซับสารเคมีและก๊าซพิษต่าง ๆภายในอาคารที่รู้จักดีมีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.5 ชนิดของไม้ประดับที่สามารถดูดซับสารพิษ ต่าง ๆ

ภาพ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ชื่อภาษาไทย	มลพิษที่ดูดซับ
	Dracaena fragrans massangeana.	Cornstalk Plant	วาสนา อธิษฐาน	ฟอร์มัลดิไฮด์ CO_2
	Dracaena deremensis Warneckei.	Dracaena Werneckii	ประกายเงิน	เบนซีน CO_2
	Dracaena fragrans (L.) Ker Gawl	Com plant	วาสนา	ฟอร์มัลดิไฮด์ CO_2
	Sancivieria.	Snake plant	ลิ้นมังกร	เบนซิน
	Homalomena rubescens Kunth.	Homalomena rubescens Kunth.	เสน่ห์จันทร์แดง	แอมโมเนีย

ตารางที่ 2.5 ชนิดของไม้ประดับที่สามารถดูดซับสารพิษ ต่าง ๆ (ต่อ)

ภาพ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ชื่อภาษาไทย	มลพิษที่ดูดซับ
	Hedera helix.	English Ivy	ไอวี่	ฟอร์มัลดีไฮด์ เบนซิน
	Aloe indica.	Aloe Vera	ว่านหางจระเข้	ฟอร์มัลดีไฮด์
	Aruacria Heterphylla	Norfolk Island Pine	สนฉัตร	ฟอร์มัลดีไฮด์
	Musa caven dishii	Dwarf Banana	กล้วยแคระ	อัตราการคาย ความชื้นสูง
	Chamae dorea seifrizii	Bamboo Palm	ปาล์มไผ่	เบนซิน เอททาริน ฟอร์มัลดีไฮด์
	Dendrobium 'sonia'	Dendrobium orchids	กล้วยไม้หวาย	อาซีโตน คลอโรฟอร์ม ฟอร์มัลดิไฮด์
	Ophiopogon jaburan (Kunth) Lodd.	Lily Turf	ซุ้มกระต่าย	แอมโมเนีย

รูปที่ 2.3 ไม้ประดับภายในอาคารที่สามารถลดมลพิษในอาคาร

ที่มา : B.C Wolverton, 1998

2.3.4 ลิ้นมังกร (Snake Plant) ชื่อวิทยาศาสตร์ Sansevieria จัดเป็นพืชอวบน้ำและพืชล้มลุกข้ามฤดูที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติมีถิ่นกำเนิดในแถบภูมิประเทศเขตร้อนแห้งแล้ง เช่น แอฟริกาใต้ แอฟริกา อินเดีย มาดากัสการ์ คาบสมุทรอาหรับ ทวีปยุโรป อเมริกาเหนือ เอเชียใต้และแถบเมดิเตอร์เรเนียน ลำต้น เป็นหัวหรือเหง้าอยู่ในดิน ใบเกิดจากหัวโผล่ออกมาพ้นดินประกอบกันเป็นกอ ลักษณะใบเป็นแท่งกลมยาวหรือใบแบนกว้าง ปลายแหลม แข็ง หนาเป็นมัน ขอบใบเรียบโค้งงอเล็กน้อยหรือเป็นเกลียว ใบมีความกว้างประมาณ 4-7 cm และสูงประมาณ 30-60 cm อาจมากกว่าหรือน้อยกว่าตามแต่สายพันธุ์นั้น ๆ สีสันของใบลิ้นมังกรจะมีสีเขียวซีดจนถึงสีเขียวเข้ม บางสายพันธุ์ใบมีสีเขียวเข้มขอบใบมีสีเหลืองทอง หรือใบมีสีเหลืองและมีสีขาวเป็นเส้นตามแนวใบ สีขาวประ สีเขียวอมเหลือง เขียวอมด่าง สีฟ้า และลักษณะลวดลายบนใบที่มีความแตกต่างและสวยงามอันเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของแต่ละสายพันธุ์ ดอกลิ้นมังกรมักจะออกดอกในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม ดอกมีสีขาวหรือสีเขียวอ่อนและมีกลิ่นหอม ดอกมี 5 กลีบขนาดเล็กประมาณ 1.5 cm ลิ้นมังกรสามารถขยายพันธุ์ได้ 4 วิธี ดังต่อไปนี้

2.3.4.1 วิธีการเพาะเมล็ด เกิดจากการผสมพันธุ์ของดอกลิ้นมังกร ซึ่งอาจเกิดจากการผสมในต้นเดียวกันหรือเกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์ การขยายพันธุ์ด้วยวิธีนี้เหมาะสำหรับการพัฒนาสายพันธุ์ใหม่ ๆ เนื่องจากการผสมข้ามสายพันธุ์และการกลายพันธุ์ของต้นที่เกิดจากเมล็ดจะมีพันธุ์ใหม่ ๆ เกิดขึ้น แต่ต้องใช้ระยะเวลาพอสมควรเช่นเดียวกับการคัดเลือกสายพันธุ์ชนิดอื่น ๆ

2.3.4.2 วิธีการแยกหน่อ เมื่อถึงอายุที่เหมาะสมลิ้นมังกรจะมีการแตกหน่อจากหัวใต้ดินออกมาอย่างต่อเนื่องผู้ปลูกเลี้ยงสามารถขุดหัวแล้วแยกหน่อยขยายพันธุ์ การขยายพันธุ์วิธีนี้ใช้ระยะเวลาไม่นานและต้นลูกที่ได้จะมีลักษณะเหมือนกับต้นแม่ทุกประการ จึงเหมาะแก่การขยายพันธุ์ในเชิงการค้า

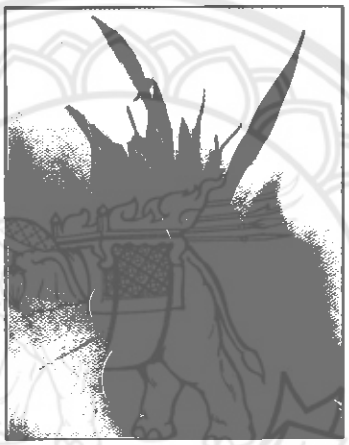
2.3.4.3 วิธีการปักชำใบ โดยการตัดใบลิ้นมังกรออกเป็นชิ้นหรือท่อน และสามารถนำไปปักลงวัสดุเพาะปลูกได้ทันทีในบางสายพันธุ์การขยายพันธุ์ด้วยวิธีนี้เมื่อใบปักชำเจริญเติบโตและแตกหน่อออกมา ต้นลูกที่ได้จะมีลักษณะผิดเพี้ยนไปจากต้นแม่ จึงไม่เหมาะที่จะนำมาขยายพันธ์ในเชิงการค้า อีกทั้งรากอ่อนที่เพิ่งแตกออกมาจากใบที่ปักชำมักถูกทำลายด้วยแมลงปีกแข็งที่อยู่ใต้ดินได้ง่าย

2.3.4.4 วิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ลิ้นมังกรเป็นไม้ประดับชนิดหนึ่งที่สามารถเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ แต่ยังคงมีอุปสรรคในเรื่องความสม่ำเสมอของการเจริญเติบโต และเปอร์เซ็นต์ความอยู่รอดที่ต่ำจึงไม่เหมาะแก่การขยายพันธุ์ในเชิงการค้า

2.3.5 การดูแลรักษาลิ้นมังกร ดินหรือเครื่องปลูกจะต้องมีความร่วนซุย ระบายน้ำได้ดี ไม่จับตัวแน่นจนเกินไป เพราะจะทำให้การเจริญเติบโตของลิ้นมังกรช้าลง สำหรับสูตรที่ใช้ในการปลูกลิ้นมังกรที่เหมาะสมมี 2 สูตรด้วยกัน สูตรแรกคือ ดินร่วน 2 ส่วน แกลบดิน 1 ส่วน มะพร้าวสับ 1 ส่วน ขุยมะพร้าว 1 ส่วน หินพัมมัส 1 ส่วน และสูตรที่ 2 คือ ถ่านป่น 1 ส่วน กรวด 1 ส่วน ปุ๋ยคอกหรือ

ปุ๋ยอินทรีย์ 1ส่วน การรดน้ำจะต้องรดน้ำประมาณ 2-3 วันต่อหนึ่งครั้ง ในช่วงเช้าและไม่ควรรดน้ำกลางแดดหรือตอนเย็น เนื่องจากใบและรากอาจเน่าได้ (เศรษฐมันตร์ กาญจนกุล, 2552)

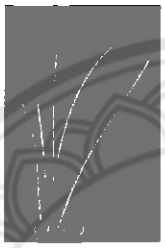
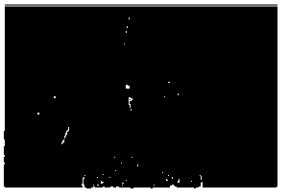
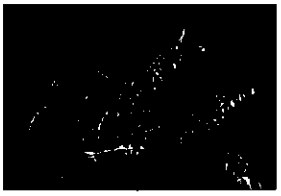
นอกจากนี้ ลิ้นมังกรยังเป็นหนึ่งในไม้ประดับที่มีคุณสมบัติช่วยฟอกอากาศบริเวณรอบ ๆ ให้มีคุณภาพมากขึ้น ช่วยดูดซับสารพิษ ไอระเหยประเภทฟอร์มาลดีไฮด์ โทลูอีน เบนซิน คลอโรฟอร์ม ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และสารพิษอื่น ๆ ที่มาจากสีทาบ้าน เฟอร์นิเจอร์ เครื่องถ่ายเอกสาร เป็นต้น สารเหล่านี้เป็นสาเหตุของการเกิดอาการแพ้ตึก (Sick Building Syndrome) ซึ่งผู้ที่ได้รับสารพิษดังกล่าวจะมีอาการปวดศีรษะบริเวณหน้าผากเหนือกระบอกตาทั้งสองข้างหรือบริเวณต้นคอ รู้สึกเหนื่อย ไม่มีแรง เซื่องซึม มีผื่นคันตามผิวหนัง ระคายเคืองตา จมูก คอ แพ้สารเคมีง่าย รวมทั้งระบบหายใจมีปัญหา เป็นต้น



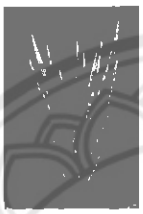
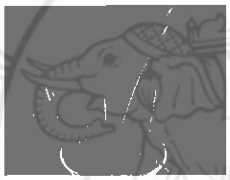
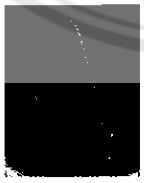
รูปที่ 2.4 ลิ้นมังกร

2.3.6 สายพันธุ์ของลิ้นมังกร ในต่างประเทศ Mr. B. Juan Chahinian ประธานสมาคมลิ้นมังกรนานาชาติเป็นผู้ศึกษาและรวบรวมสายพันธุ์ลิ้นมังกรเป็นเวลากว่า 20 ปีและเป็นเจ้าของผลงานหนังสือ THE SPLENDID SANSEVIERIA ซึ่งในปัจจุบันได้รวบรวมข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ของลิ้นมังกรที่มีชื่อและถิ่นกำเนิดจากทั่วโลกไว้กว่า 250 สายพันธุ์ มีดังนี้

ตารางที่ 2.6 สายพันธุ์ของลิ้นมังกร

ภาพ	ชื่อสายพันธุ์
	Sansevieria aethiopica Syn. Sansevieria scabrifolia
	Sansevieria bacularis
	Sansevieria bella "mutomo" syn . Sansevieria suffruticosa mutomo
	Sansevieria dooneri
	Sansevieria concinna Lav. 5933
	Sansevieria fischeri Syn. Sansevieria singularis

ตารางที่ 2.6 สายพันธุ์ของลิ้นมังกร (ต่อ)

ภาพ	ชื่อสายพันธุ์
	Sansevieria forskaoliana
	Sansevieria francisii
	Sansevieria gracilis
	Sansevieria hallii (Baseball bat)
	Sansevieria halli var. "Blue Bat"
	Sansieveria kirkii var. pulchr

ตารางที่ 2.6 สายพันธุ์ของลิ้นมังกร (ต่อ)

ภาพ	ชื่อสายพันธุ์
	Sansevieria parva

รูปที่ 2.5 สายพันธุ์ของลิ้นมังกร
ที่มา : B. Juan Chahinian, (2005)

2.4 เอกสารและงานที่เกี่ยวข้อง

พนธวรรธน์, 2552 ศึกษาแนวทางการหาสมรรถนะในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชดูดสารพิษ โดยการคำนวณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อพื้นที่ใบ 1 m^2 ในหนึ่งวินาที จากการวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในหนึ่งลูกบาศก์เมตรและการวัดพื้นที่ใบของพืช 4 ชนิด ได้แก่ วาสนา วาสนาอธิษฐาน ลิ้นมังกร และประกายเงิน การวิจัยเริ่มจากการศึกษากระบวนการการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช การหายใจของพืช การวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ผลการวิจัยนำมาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร ดำเนินการวิจัยโดยการสร้างหน่วยทดลองระบบปิดและทำการทดลองในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมและใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการบันทึกข้อมูลผลการวิจัยเบื้องต้นได้ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้ทุกๆนาทีในหนึ่งปริมาตรที่เท่ากันตลอดเวลาทั้งกลางวันและกลางคืนของพืชดูดสารพิษที่นำมาทดสอบ นำพืชที่ทดสอบมาหาพื้นที่ใบเฉลี่ย นำผลการทดสอบทั้งหมดไปใช้เปรียบเทียบเพื่อหาค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหนึ่งต้น ในหนึ่งวินาที ของพืชดูดสารพิษแต่ละชนิดซึ่งในผลการวิจัยขั้นสุดท้ายนั้นได้อัตราการเปลี่ยนแปลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหนึ่งต้น ในหนึ่งวินาที (ppm /m^3 /s) ซึ่งจะเป็นค่าที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการระบุจำนวนพืชที่ใช้การลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช เพื่อใช้ประเมินความสามารถในการใช้ประโยชน์เพื่อคุณภาพอากาศที่ดีภายในอาคาร

พาสินี, 2552 ศึกษาการปรับปรุงสมรรถนะของแผงกันแดดไม้เลื้อย โดยเพิ่มการระบายอากาศ ตามสมมติฐานว่าแผงกันแดดไม้เลื้อยแนวตั้งเป็นอุปสรรคต่อการระบายอากาศ และจากผลการทดลองในช่วงแรกซึ่งได้ปิดช่องต่างๆรอบแผงไม้เลื้อยทั้งหมดพบว่าอุณหภูมิในห้องที่ใช้แผงไม้เลื้อยบางครั้งสูงกว่าห้องธรรมดาซึ่งระบายอากาศได้ดีกว่า จึงได้ทำการปรับปรุงห้องทดลองทั้ง 2 ห้องซึ่งมีหน้าต่างด้านเดียว เป็น 4 กรณีคือ 1. ปิดประตูด้านหลัง 2. เปิดประตูด้านหลัง 3. เปิดพัดลมระบายอากาศ 1 ตัว 4. เปิดพัดลมระบายอากาศ 2 ตัว ทำการวัดและติดตามผลกรณีละ 3 วัน เพื่อไม่ให้ใบปกคลุมเปลี่ยนแปลงมากนักในช่วงการวัดข้อมูล ผลการทดลองพบว่า การระบายอากาศในกรณีที่ 2, 3 และ 4 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิให้กับห้องที่ใช้แผงไม้เลื้อย โดยทำให้เกิดความแตกต่างอุณหภูมิสูงสุด 4-7 °C ในช่วงกลางวัน เมื่อเทียบกับห้องธรรมดา ส่วนในช่วงกลางคืนอุณหภูมิในห้องที่ใช้แผงไม้เลื้อยสูงกว่าห้องธรรมดาเล็กน้อย 1-1.5 °C ในกรณีที่ 1,2 และ 3 ยกเว้นในกรณีที่ 4 ซึ่งมีอุณหภูมิลดลงมาใกล้เคียงกับห้องธรรมดาและคายความร้อนช้ากว่าเล็กน้อย มีข้อสังเกตว่าเมื่อกระแสลมในห้องธรรมดาวัดได้มากกว่า 0.05 m/s ในกรณีที่ 2 และ 4 ใบไม้ไม่เป็นอุปสรรคต่อการระบายอากาศ แต่กลับทำให้กระแสลมแรงขึ้น ในห้องที่ใช้แผงไม้เลื้อยและแรงที่สุดในกรณีที่ 4 ซึ่งได้ทำการทดลองซ้ำสองครั้งพบว่าผลไปในทางเดียวกัน แต่เมื่อกระแสลมในห้องธรรมดาลดลงมาต่ำกว่า 0.05 m/s ในกรณีที่ 1 และ 3 ความเร็วลมในห้องที่ใช้แผงไม้เลื้อยจะต่ำมาก ในช่วงกลางวันพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ในห้องที่ใช้แผงไม้เลื้อยลดลงมาใกล้เคียงกับห้องธรรมดาในกรณีที่ 2 และ 3 ซึ่งมีการระบายอากาศ ส่วนในตอนกลางคืน กรณีที่ 1, 2 และ 3 ห้องแผงไม้เลื้อยมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าห้องธรรมดาแต่ในกรณีที่ 4 ความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นมาใกล้เคียงกับห้องธรรมดาเนื่องจากกระแสลมที่แรงกว่ากรณีอื่นอาจนำความชื้นจากภายนอกเข้ามาสู่ภายในห้อง

พาสินีและชนิกานต์, 2552 สมรรถนะการป้องกันความร้อนของแผงกันแดดไม้เลื้อยในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการใช้ต้นไม้ประกอบอาคารโดยมุ่งเน้นที่ไม้เลื้อย เพื่อใช้เป็นแผงกันแดดให้แก่อาคารสำนักงานหรืออาคารพักอาศัยความสูงปานกลาง ที่ใช้การระบายอากาศธรรมชาติ โดยทำการทดสอบคุณสมบัติในการลดการถ่ายเทความร้อน ผลการทดลองพบว่า การลดการถ่ายเทความร้อนมีประสิทธิภาพสูงในช่วงกลางวันโดยเฉพาะช่วงแรกของการทดลองที่มีใบปกคลุมมาก จากความแตกต่างของอุณหภูมิมากที่สุด 11 °C และ 10 °C แต่การที่มีใบปกคลุมยังเป็นอุปสรรคต่อการคายความร้อนในช่วงกลางคืนเล็กน้อย ทำให้อุณหภูมิต่ำสุดในบางช่วงสูงกว่าห้องธรรมดา อย่างไรก็ดีช่องว่างที่กันสาดช่วยให้คายความร้อนได้เร็วขึ้น ในช่วงหลังของการทดลองแผงไม้เลื้อยมีใบปกคลุมน้อยลง ความแตกต่างของอุณหภูมิห้องที่ใช้แผงกันแดดไม้เลื้อย ห้องธรรมดาและอากาศภายนอกลดลงเป็น 6 และ 3 °C

พาสินี, 2552 สมรรถนะการลดคาร์บอนไดออกไซด์ของผนังไม้เลื้อยทำการออกแบบวิธีการปลูกต้นไม้ประกอบอาคารในแนวตั้งในลักษณะไม้เลื้อยบนระแนงโดยคัดเลือกพันธุ์ไม้ท้องถิ่นที่เหมาะสมกับภูมิอากาศของประเทศไทย ดูแลรักษาง่าย มีใบปกคลุมดีและเติบโตเร็ว ทำการทดสอบคุณสมบัติในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ 2 ครั้ง ในครั้งแรกเป็นการทดสอบหาค่าการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์จากอัตราการสังเคราะห์แสงของใบ 1 ใบเปรียบเทียบกันจากพืช 3 ชนิดที่คัดเลือกไว้ ในขั้นที่สองทำการทดสอบจากผนังไม้เลื้อยจริงขนาด 1×1 m^2 เพื่อหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับจริงจากบรรยากาศ ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าไม้เลื้อยทั้ง 3 ชนิดมีอัตราการลดคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกันทั้งในระดับใบและระดับต้น โดยพบว่าสร้อยอินทนิลเป็นต้นไม้ที่ตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีที่สุดเป็นอันดับแรก พวงชมพูเป็นอันดับที่ 2 และตำลึงเป็นอันดับสุดท้าย ในการทดลองทั้งสองครั้ง และสามารถบอกปริมาณการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรได้

พาสินีและคณะ, 2552 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศึกษาใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงกันแดดในแนวตั้งให้กับอาคารซึ่งตั้งอยู่ภายนอกอาคาร เรียกว่า ผนังสีเขียว งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้ไม้เลื้อยเป็นแผงกันแดดในแนวตั้งให้กับอาคารที่ระบายอากาศแบบธรรมชาติ ในประเทศไทย เพื่อระบุคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนจากดวงอาทิตย์อันทำให้อุณหภูมิภายในอาคารลดลงและคุณสมบัติในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์อันทำให้คุณภาพอากาศดีขึ้น ในการทดลองได้ทำการเปรียบเทียบอาคารที่ใช้แผงกันแดดไม้เลื้อยกับอาคารที่ไม่ใช้โดยการติดตั้งเข้ากับอาคารจริงและทดลองในกล่องทดลอง ผลของการทดลองสามารถระบุคุณสมบัติเชิงปริมาณซึ่งพิสูจน์ว่า ผนังสีเขียว ได้สร้างสภาพแวดล้อมที่ดีให้แก่การอยู่อาศัยของมนุษย์ ช่วยให้ประหยัดพลังงาน และลดคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศอันนำไปสู่การช่วยแก้ปัญหาภาวะโลกร้อนอันเป็นวิกฤตของโลกร้อนในยุคปัจจุบัน ทดลองปลูกต้นไม้ 3 ชนิด โดยเลือกใช้ไม้ท้องถิ่นที่เหมาะสมกับภูมิอากาศในประเทศไทย ดูแลรักษาง่าย มีใบปกคลุมและเติบโตเร็วพบว่า สร้อย อินทนิล เป็นต้นไม้ที่ตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีที่สุดเป็นอันดับแรก พวงชมพู เป็นอันดับสองและตำลึงเป็นอันดับสุดท้าย

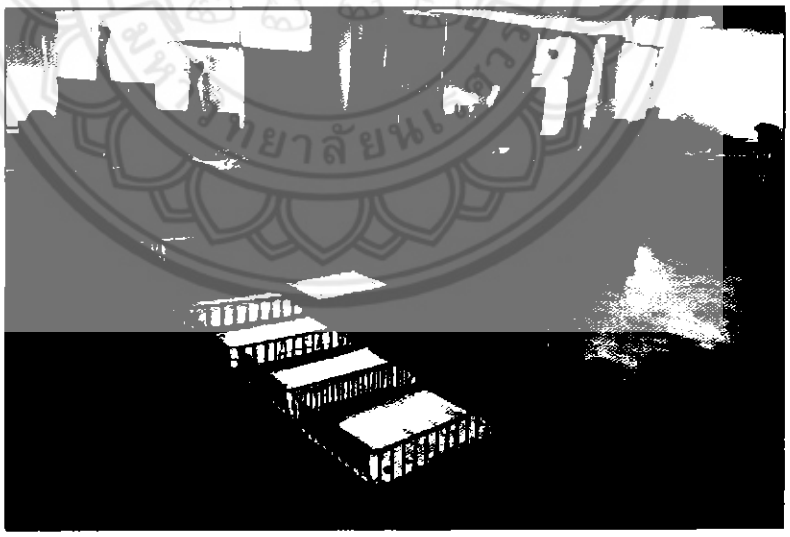
บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

3.1 พื้นที่ศึกษา

การศึกษาการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรภายในห้องสำนักงาน จะใช้ห้องสำนักงานจำนวน 2 ห้องในการศึกษาซึ่งแบ่งเป็นห้องขนาด 360 m^3 1 ห้อง คือ ห้องสำนักงานวิชาการ (CE 106) และห้องขนาด 192 m^3 1 ห้อง คือ ห้อง Water Resources Research Unit (CE 323)

3.1.1 ห้องสำนักงานขนาด 360 m^3

ห้องสำนักงานวิชาการ (CE 106) เป็นห้องที่ใช้ทำงานเกี่ยวกับการเก็บรวบรวมเอกสารทางวิชาการและการจัดการเกี่ยวกับการจัดการอบรมเชิงวิชาการของภาควิชา เป็นต้น ห้องมีขนาด 15x8x3 m เป็นห้องขนาดกลาง มีพนักงาน 4 คน ทำงานวันจันทร์-ศุกร์ เป็นเวลา 5 วัน เวลาทำงานคือ 8.30 - 16.30 น.มีผู้มาติดต่อคือ นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่ เฉลี่ยประมาณ 10-15 คน/วัน ตั้งอยู่ในอาคารวิศวกรรมโยธา ชั้น 1 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ 3.1 ห้องสำนักงานวิชาการ (CE 106)

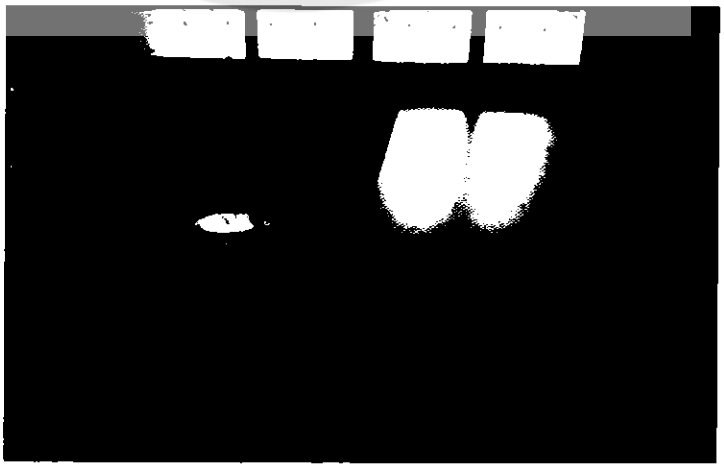
3.1.2 ห้องสำนักงานขนาด 192 m^3

ห้อง Water Resources Research Unit (CE 323) ห้องมีขนาด 8x8x3 m มีพนักงาน 3-4 คน เป็นห้องขนาดเล็ก ทำงานเกี่ยวกับงานวิจัย เป็นศูนย์วิจัยของทรัพยากรแหล่งน้ำ เป็นต้น ทำงานวันจันทร์-ศุกร์ เป็นเวลา 5 วัน เวลาทำงานคือ 8.30 - 16.30 น.มีผู้มาติดต่อคือ นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่ เฉลี่ยประมาณ 3-5 คน/วัน ตั้งอยู่ในอาคารวิศวกรรมโยธา ชั้น3 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

รูปที่ 3.2 ห้อง Water Resources Research Unit (CE 323)

3.1.3 ห้องควบคุมขนาด 16 m^3

ห้องปฏิบัติการสำหรับเครื่องมือพิเศษตั้งอยู่บริเวณชั้น 1 อาคารปฏิบัติการภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ห้องมีขนาด 2x2x4 m. ไม่มีผู้ปฏิบัติงาน



รูปที่ 3.3 ห้องควบคุม

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างอากาศ

1. ปั๊มพ่นอากาศ อัตราไหล

เครื่องที่ 1 เท่ากับ 3.125 l/min

เครื่องที่ 2 เท่ากับ 2.778 l/min

เครื่องที่ 3 เท่ากับ 3.061 l/min

2. สายยางพร้อมหัวทราย

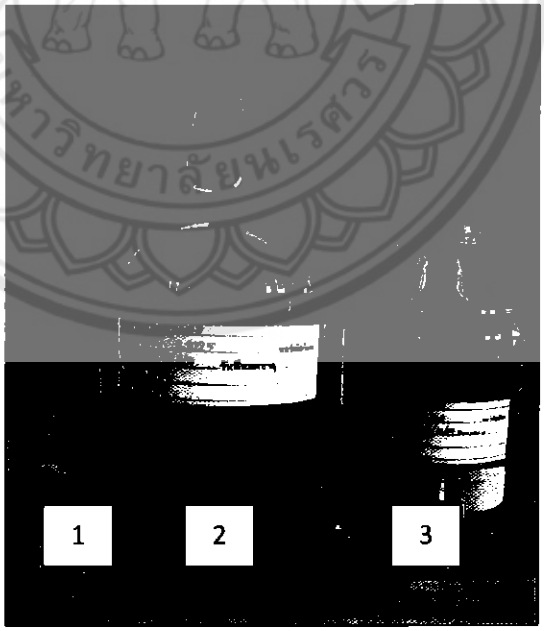
3. โหลใส่สารขนาด 1500 ml.

3.2.2 สารเคมี

1. Phenolphtalein

2. สารละลาย Hydrochoric Acid (HCl) เข้มข้น 0.1 M

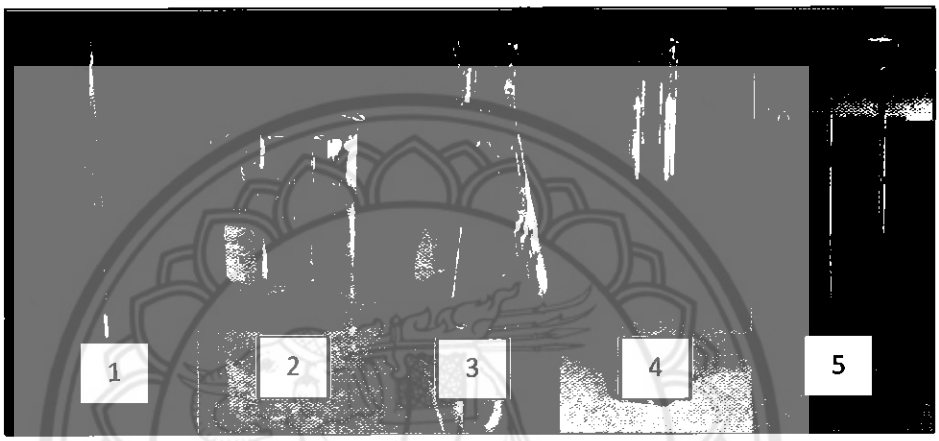
3. สารละลาย Sodium Hydroxide (NaOH) เข้มข้น 0.2 M



รูปที่ 3.4 สารเคมี

3.2.3 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการตรวจวัดคาร์บอนไดออกไซด์

1. ปิเปตพร้อมไซริ่งบอล		**ขนาด**	**20**	**ml.**	**1 อัน**
2. บิกเกอร์		**ขนาด**	**250**	**ml.**	**2 ใบ**
3. ขวดรูปชมพู่	**ขนาด**	**250**	**ml.**	**4 ใบ**	
4. กระบอกตวง	**ขนาด**	**500**	**ml.**	**1 อัน**	
5. บิวเรตพร้อมขาตั้ง				**1 ชุด**	



รูปที่ 3.5 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการตรวจวัดคาร์บอนไดออกไซด์

3.3 การดำเนินการ

3.3.1 ไม้ประดับ การเลือกขนาดไม้ประดับของกลุ่มตัวอย่าง กำหนดให้มีอายุของต้นไม้ที่ใกล้เคียงกันมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม 60 cm มีส่วนสูงของทรงพุ่ม 60 cm ความสูงของพืชไม่เกิน 80 cm กำหนดให้ปลูกในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 cm ใช้ดินร่วนซุยน้ำหนัก 4.20 kg และดินที่ใส่ลงในกระถางมีระดับต่ำกว่าขอบกระถาง 2.5 cm (พนธวรรธน์,2552)

รูปที่ 3.6 ลิ้นมังกร

3.3.2 คาร์บอนไดออกไซด์

3.3.2.1 การดำเนินการ

ก.วัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องสำนักงานที่ไม่มีลิ้นมังกรในวันทำการจันทร์-ศุกร์ เป็นเวลา 5 วัน ในช่วงเวลาทำงานคือ 8.30 - 16.30 น.

ข. คำนวณจำนวนต้นลิ้นมังกรต่อขนาดพื้นที่ห้องและปริมาณก๊าซคาร์-บอนไดออกไซด์โดย ใช้หลักการบทวิจัยของคุณพนธวรรธน์ วงษ์รักษ์, 2552 ศึกษาแนวทางการหาสมรรถนะในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชดูดสารพิษ พบว่า ห้องCE 106 ใช้ลิ้นมังกร 3 ต้น และห้องCE 323 ใช้ลิ้นมังกร 4 ต้น

ค. นำลิ้นมังกรที่ได้จากการคำนวณตามหลักการบทวิจัยของคุณพนธวรรธน์ วงษ์รักษ์, 2552 ทิ้งไว้ในห้องสำนักงาน 1 สัปดาห์ เพื่อปรับสภาพลิ้นมังกรให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม แล้ววัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวันทำการจันทร์-ศุกร์ เป็นเวลา 5 วัน ในช่วงเวลาทำงาน คือ 8.30 - 16.30 น.

ง. ทำซ้ำข้อ ค แต่เพิ่มจำนวนลิ้นมังกรครั้งละ 1 ต้น คือห้อง CE 106 เพิ่มจากลิ้นมังกร 3 ต้น เป็น 4 ต้น และ 5 ต้น ส่วนห้อง CE 323 เพิ่มจากลิ้นมังกร 4 ต้น เป็น 5 ต้น

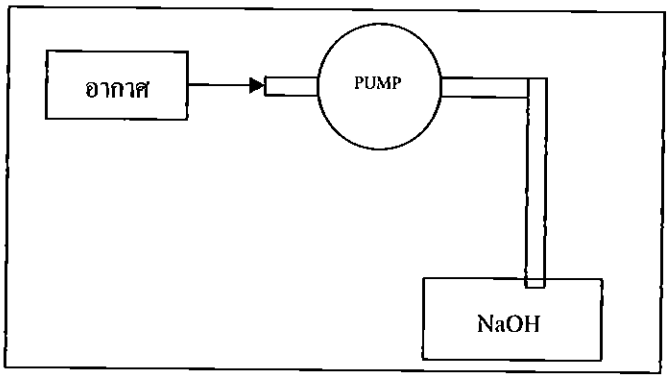
จ.ลดจำนวนลิ้นมังกรลงครั้งละ 1 ต้น คือห้อง CE 106 ลดจากลิ้นมังกร 3 ต้น เหลือ 2 ต้น ส่วนห้อง CE 323 ลดจากลิ้นมังกร 4 ต้น เหลือ 3 ต้น และ 2 ต้น

ฉ. พิจารณาปริมาณความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อวางลิ้นมังกรในห้องสำนักงานขณะที่มีการเพิ่มและลดในแต่ละครั้ง และจำนวนลิ้นมังกรที่เหมาะสมกับขนาดห้อง

ช. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์และสรุปผล

3.3.2.2 การวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ

ก. ใช้ปั๊มดูดอากาศปริมาตร 0.25 m^3 ในห้องสำนักงานลงไปในสารละลาย Sodium Hydroxide (NaOH) เข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 500 ml โดยใช้ระบบดังรูป



รูปที่ 3.7 ระบบการวัดปริมาณ CO_2

รูปที่ 3.8 การวางระบบการวัดปริมาณ CO_2 ในห้องสำนักงาน

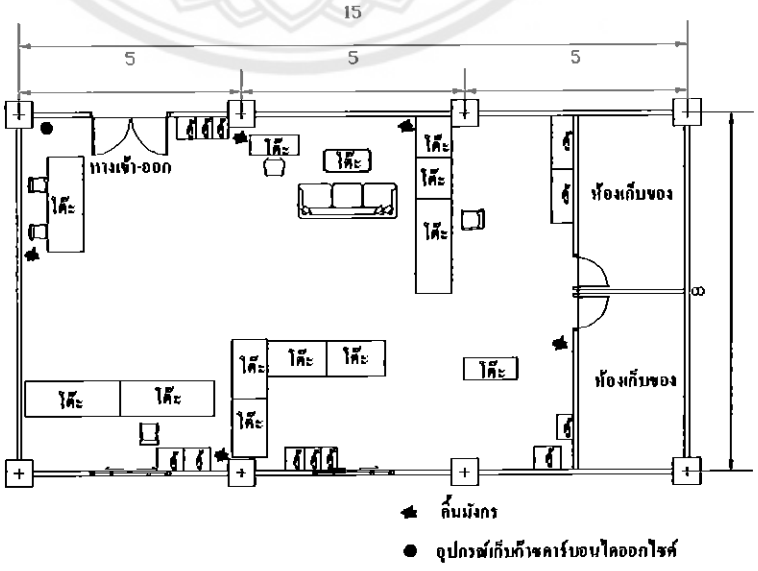
ข. นำสารละลาย Sodium Hydroxide (NaOH) ที่ได้ไปหาความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสารละลาย ดังนี้

ข.1 ไตเตรตสารสารละลาย NaOH กับสารละลาย HCl โดยใช้ Phenolphtalein เป็น Indicator บันทึกปริมาณสารละลาย HCl ที่ใช้เมื่อสารละลายเปลี่ยนสีของ Phenolphtalein จากสีชมพูเป็นไม่มีสี

ข.2 ทำการคำนวณหาความเข้มข้นของ NaOH ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์

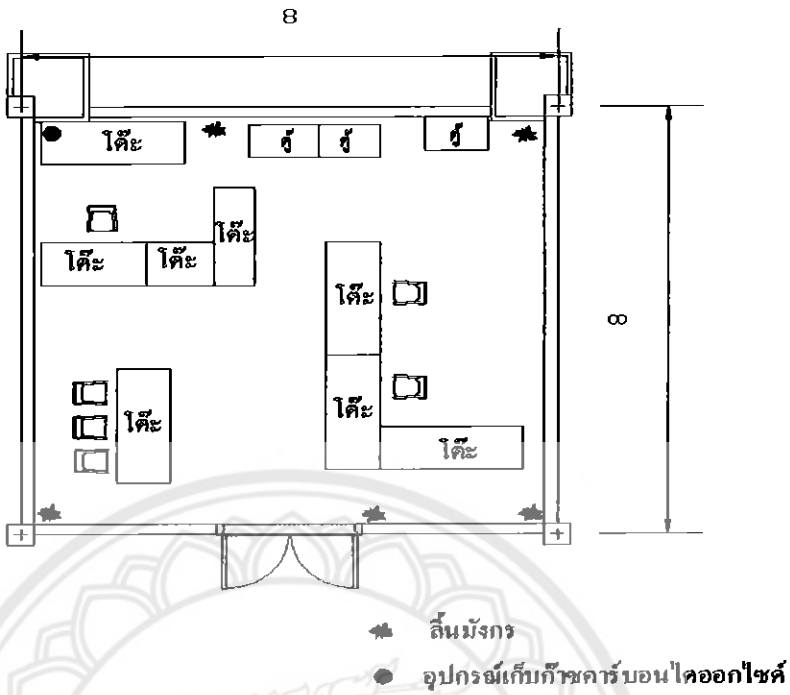
3.3.2.3 การจัดวางต้นไม้และอุปกรณ์เก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องสำนักงาน

ก. ห้องสำนักงานวิชาการ (CE 106)



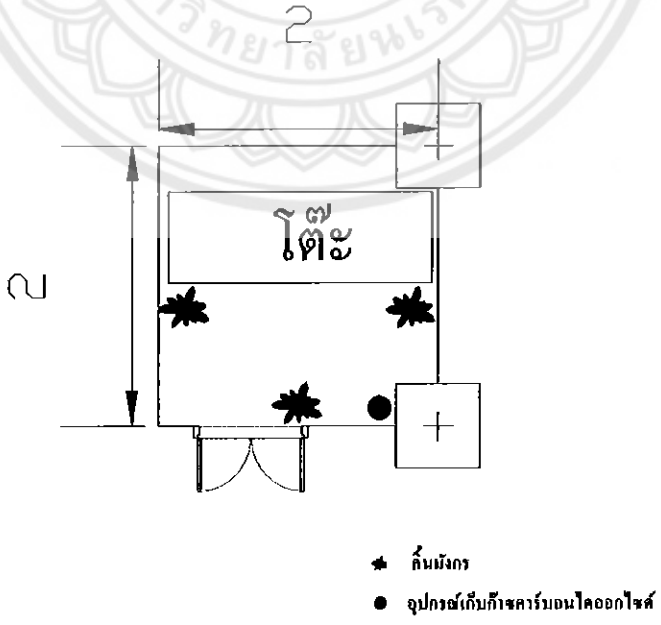
รูปที่ 3.9 ผังการวางลิ้นมังกรห้องสำนักงานวิชาการ (CE 106)

ข. ห้อง Water Resources Research Unit (CE 323)



รูปที่ 3.10 ผังการวางลิ้นมังกรห้อง Water Resources Research Unit (CE 323)

ค.ห้องควบคุม



รูปที่ 3.11 ผังการวางลิ้นมังกรห้องควบคุม

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 คาร์บอนไดออกไซด์

ปฏิกิริยาในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

$$2NaOH + CO_2 \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

จากสมการแสดงให้เห็นว่าจะต้องใช้ NaOH 2 M ต่อ CO_2 1 M

ดังนั้น เมื่อทำการคำนวณปริมาณที่เหลืออยู่ของสารละลาย NaOH ได้แล้วจะทำให้สามารถทราบปริมาณ NaOH ที่ถูกใช้ไปในการทำปฏิกิริยา และนำไปคำนวณเทียบหาปริมาณ CO_2 ที่ใช้ไป

ตัวอย่าง จากการไตเตรตพบว่า มีการใช้ NaOH ในการทำปฏิกิริยาไป 0.003 M ในห้องขนาด 360 m^3 มีการดูดอากาศผ่านสารละลาย NaOH 1.43750 m^3 ความหนาแน่นของ CO_2 1.79976 kg./ m^3 (ที่ 25 °C และ ความดัน 1 atm)

จากการไตเตรตพบว่าใช้ NaOH ไป 0.05625 M แสดงว่าใช้ CO_2 0.02813 M ในการทำปฏิกิริยา

จาก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1 M มีมวล = 44.00 g

จะได้ว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.0029 M มีมวล = 44.00 X 0.02813 g

= 1.23772 g

ห้องนี้มีปริมาตรอากาศ 360 m^3 จึงมี CO_2 = (1.23772 x 360)/1.4375

= 309.96814 g

ดังนั้น ในห้องนี้มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ = (309.96814/1000)/1.79976

= 0.17223 m^3

หรือ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปริมาตรห้อง = 0.04784 % โดยปริมาตร หรือ 478.4 ppm

3.4.2 จำนวนไม้ประดับต่อขนาดพื้นที่ห้อง ในการคำนวณอัตราการใช้ไม้ประดับต่อขนาดพื้นที่ห้อง ใช้หลักการบทวิจัยของคุณพนธวรรธน์ ศึกษาแนวทางการหาสมรรถนะในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชดูดสารพิษ ซึ่งมีหลักการในการคำนวณดังนี้

ตัวอย่าง ห้องสำนักวิชาการ(CE 106) มีปริมาณก๊าซ CO_2 ภายในห้องเฉลี่ย 479.2 ppm ในสภาพการใช้งานเวลากลางวันจะต้องปลูกพืชลิ้นมังกรกี่ต้นที่ใช้ลดก๊าซ CO_2 ให้ได้ทั้งหมดใน 1 s เพื่อสร้างคุณภาพอากาศที่ดีภายในอาคาร

ปริมาตรของห้องที่นำมาคิด $8 \times 15 \times 3 = 360\ m^3$ .....(1)

ปริมาณก๊าซ CO_2 ที่ต้องการลด 479.2 ppm .....(2)

สามารถนำค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของก๊าซ CO_2 (ppm/ m^3/s) มาคำนวณหาจำนวนปริมาณพืชแต่ละชนิดที่ใช้ลดก๊าซ CO_2 ใน 1 s ได้ดังนี้

ในเวลากลางวันมีอัตราการเปลี่ยนแปลงก๊าซ CO_2 0.49 ppm/ m^3/s

ต้องปลูกต้นลิ้นมังกรอย่างน้อย = 479.2/(0.49×360)

~ 3 ต้น

ตัวอย่าง ห้อง Resources Research Unit (CE 323) มีปริมาณก๊าซ CO_2 ภายในห้องเฉลี่ย 380.4 ppm ในสภาพการใช้งานเวลากลางวันจะต้องปลูกพืชลิ้นมังกรกี่ต้นที่ใช้ลดก๊าซ CO_2 ให้ได้ทั้งหมดใน 1 s เพื่อสร้างคุณภาพอากาศที่ดีภายในอาคาร

ปริมาตรของห้องที่นำมาคิด 8x8x3 = 192 m^3 .....(1)

ปริมาณก๊าซ CO_2 ที่ต้องการลด 380.4 ppm .....(2)

สามารถนำค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของก๊าซ CO_2 (ppm/ m^3/s) มาคำนวณหาจำนวนปริมาณพืชแต่ละชนิดที่ใช้ลดก๊าซ CO_2 ใน1 s ได้ดังนี้

ในเวลากลางวันมีอัตราการเปลี่ยนแปลงก๊าซ CO_2 0.49 ppm/ m^3/s

ต้องปลูกต้นลิ้นมังกรอย่างน้อย = 380.4/(0.49×192)

~ 4 ต้น

(หมายเหตุ 0.49 ppm/ m^3/s คือ ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรจากการทดลองของคุณคุณพนธวรรธน์)

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์

ผลการศึกษาความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรภายในห้องสำนักงาน จากห้องสำนักงานจำนวน 2 ห้องในการศึกษา ซึ่งแบ่งเป็นห้องขนาด 360 m^3 1 ห้อง คือ ห้องสำนักงานวิชาการ (CE 106) และห้องขนาด 192 m^3 1 ห้อง คือ ห้อง Water Resources Research Unit (CE 323) อาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นดังนี้

4.1 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องสำนักงาน

จากการศึกษาความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกร ห้องควบคุม ห้องสำนักงานวิชาการ (CE106) และห้อง Water Resources Research Unit (CE 323) ในช่วงเวลาทำงาน คือ เวลา 08.30-16.30 ของวันจันทร์-ศุกร์ ก่อนนำลิ้นมังกรไปวางในห้อง เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ผลการศึกษาเป็นดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องสำนักงาน

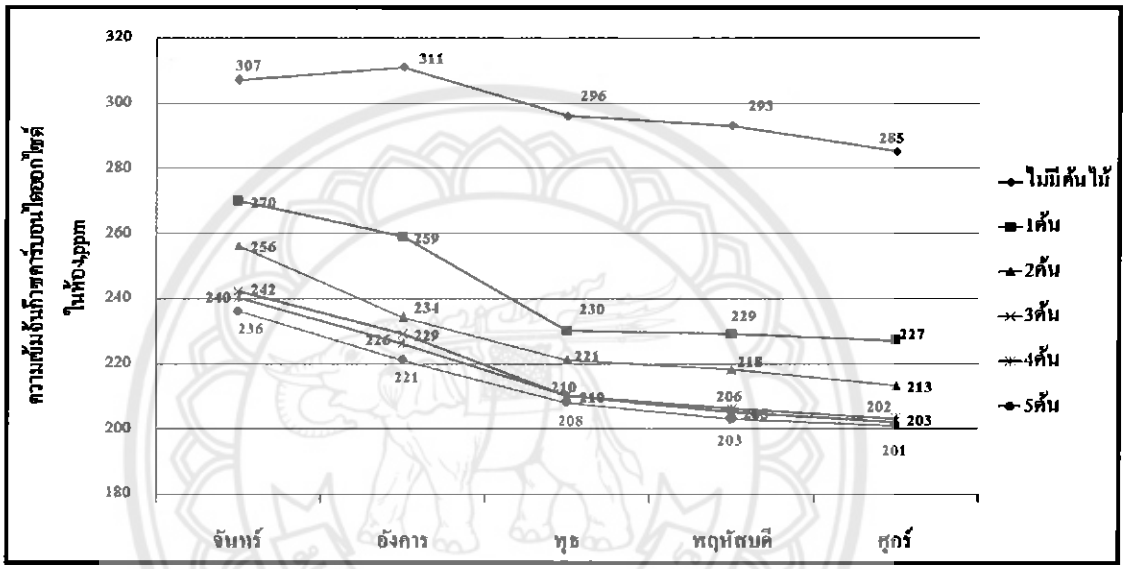
ห้องสำนักงาน	ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ (ppm)					
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เฉลี่ย
ห้องควบคุม	307	311	296	293	285	298.4
CE 106	488	478	462	445	456	465.8
CE 323	406	407	396	380	378	393.4

จากตารางที่ 4.1 ห้องควบคุม ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 298.4 ppm ไม่มีผู้มาติดต่อและผู้ปฏิบัติงานเลย ห้องสำนักงานวิชาการ (CE106) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 465.8 ppm มีผู้มาติดต่อเฉลี่ยประมาณ 10-15 คน/วัน ผู้ปฏิบัติงานประจำทำงานอยู่ในห้องสำนักงานจำนวน 4 คน และห้อง Water Resources Research Unit (CE 323) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 393.4 ppm มีผู้มาติดต่อเฉลี่ยประมาณ 3-5 คน/วัน ผู้ปฏิบัติงานบ้างเป็นครั้งคราวจำนวน 2-3 คนพบว่าเนื่องจากห้องสำนักงานวิชาการ(CE 106)

มีผู้มาติดต่อและผู้ปฏิบัติงาน มากกว่า ห้อง Water Resources Research Unit (CE 323) จึงเป็นปัจจัยให้ห้องสำนักงานวิชาการ (CE 106) มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องสูงที่สุด

4.2 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องควบคุม

จากการศึกษาความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ห้องควบคุม ขนาด 16 m^3ไม่มีผู้มาติดต่อและปฏิบัติงาน โดยมีการเพิ่มจำนวนลิ้นมังกรครั้งละ 1 ต้น เป็น 2 ,3 ,4 และ 5 ต้น ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.1 ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของห้องควบคุม

4.2.1 กรณีไม่มีลิ้นมังกร จากรูป 4.1 พบว่า ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละวันมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากไม่มีแหล่งกำเนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อื่น โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวันจันทร์ อังคาร พุธ พฤหัสบดี และศุกร์ มีค่าเท่ากับ 307, 311, 296, 293 และ285 ppm ตามลำดับ จากการศึกษาได้ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 298 ppm

4.2.2 กรณีใช้ลิ้นมังกร 1 ต้น จากรูป 4.1 พบว่า วันจันทร์ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่ามากที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงที่ลิ้นมังกรจำนวน 1 ต้นปรับสภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมภายในห้อง โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 270 ppm และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในวันอังคาร พุธ พฤหัสบดี และศุกร์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 259, 230, 229 และ 227ppm ตามลำดับ จากการศึกษาลิ้นมังกร 1 ต้น ได้ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 243 ppm

4.2.3 กรณีใช้ลิ้นมังกร 2 ต้น จากรูป 4.1 พบว่า วันจันทร์ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่ามากที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงที่ลิ้นมังกรจำนวน 2 ต้นปรับสภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมภายในห้อง โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 256 ppm และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในวันอังคาร พุธ พฤหัสบดี และศุกร์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 234 , 221, 218 และ 213 ppm ตามลำดับ จากการศึกษาลิ้นมังกร 2 ต้น ได้ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 228 ppm

4.2.4 กรณีใช้ลิ้นมังกร 3 ต้น จากรูป 4.1 พบว่า วันจันทร์ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่ามากที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงที่ลิ้นมังกรจำนวน 3 ต้นปรับสภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมภายในห้อง โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 242 ppm และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในวันอังคาร พุธ พฤหัสบดี และศุกร์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 229 , 210, 205 และ 202 ppm ตามลำดับ จากการศึกษาลิ้นมังกร 3 ต้น ได้ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 218 ppm

4.2.5 กรณีใช้ลิ้นมังกร 4 ต้น จากรูป 4.1 พบว่า วันจันทร์ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่ามากที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงที่ลิ้นมังกรจำนวน 4 ต้นปรับสภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมภายในห้อง โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 240 ppm และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในวันอังคาร พุธ พฤหัสบดี และศุกร์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 226 , 210, 206 และ 203 ppm ตามลำดับ จากการศึกษาลิ้นมังกร 4 ต้น ได้ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 217 ppm

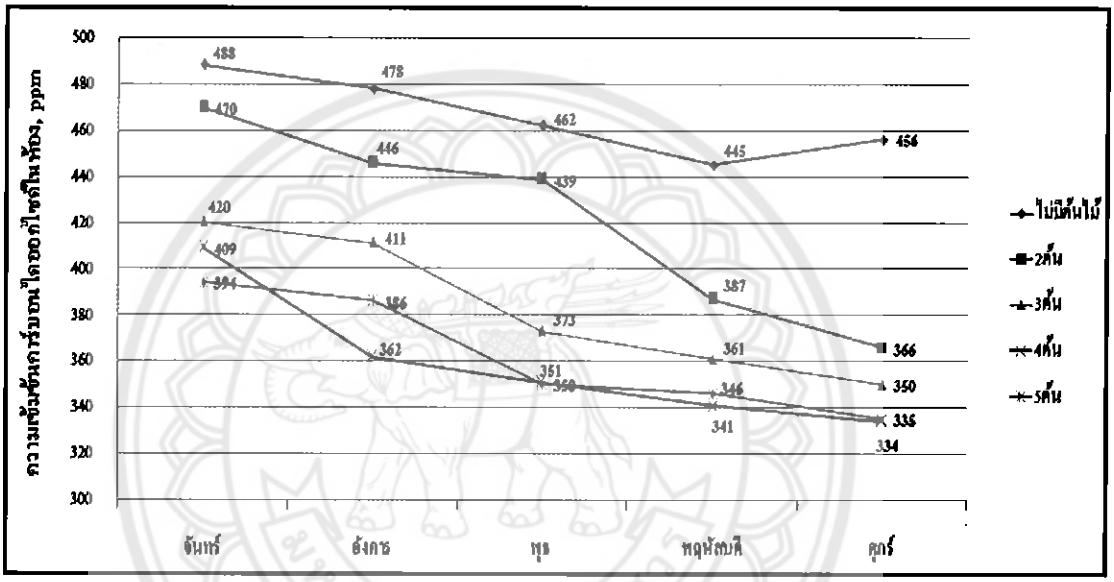
4.2.6 กรณีใช้ลิ้นมังกร 5 ต้น จากรูป 4.1 พบว่า วันจันทร์ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่ามากที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงที่ลิ้นมังกรจำนวน 5 ต้นปรับสภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมภายในห้อง โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 236 ppm และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในวันอังคาร พุธ พฤหัสบดี และศุกร์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 221 , 208, 203 และ 201 ppm ตามลำดับ จากการศึกษาลิ้นมังกร 5 ต้น ได้ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 214 ppm

จากการศึกษารูปที่ 4.1 ห้องควบคุม ขนาด 16 m^3 ไม่มีผู้มาติดต่อและปฏิบัติงาน มีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 298 ppm และค่าความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 243, 228, 218, 217 และ 214 ppm เมื่อมีการวางลิ้นมังกรจำนวน 1, 2, 3, 4 และ5 ต้น ตามลำดับ มีแนวโน้มความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ภายในห้องลดลงอย่างต่อเนื่องและมีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด เมื่อมีจำนวนลิ้นมังกร 5 ต้น

4.3 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องสำนักงานวิชาการ (CE 106)

จากการศึกษาความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ห้องสำนักงานวิชาการ (CE 106) ขนาด 360 m^3 มีผู้มาติดต่อเฉลี่ยประมาณ 10-15 คน/วัน ผู้ปฏิบัติงานประจำทำงานอยู่ในห้องสำนักงานจำนวน 4 คน เพิ่มจำนวนลิ้นมังกรจาก 3 ต้น ที่ได้จากการคำนวณตามหลักการบทวิจัยของคุณพนธวรรธน์ เป็น 4 และ 5 ต้น และลดจำนวนลิ้นมังกรลงเหลือ 2 ต้น ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.2ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของห้อง CE 106

4.3.1 กรณีไม่มีลิ้นมังกร จากรูป 4.2 พบว่า ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละวันมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากในแต่ละวันมีผู้ปฏิบัติงานและลักษณะการใช้ห้องสำนักงานไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวันจันทร์ อังคาร พุธ พฤหัสบดี และวันศุกร์ มีค่าเท่ากับ 488, 478, 462, 445 และ456 ppm จากการศึกษาลิ้นมังกรได้ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 298 ppm

4.3.2 กรณีใช้ลิ้นมังกร 2 ต้น จากรูป 4.2 พบว่า วันจันทร์ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่ามากที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงที่ลิ้นมังกรจำนวน 2 ต้นปรับสภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมภายในห้อง ประกอบกับเป็นวันที่มีผู้ติดต่องานมากที่สุดของสัปดาห์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 470 ppm และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในวันอังคาร พุธ พฤหัส และศุกร์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เท่ากับ 446, 439 ,387 และ 366 ppm ตามลำดับ จากการศึกษาลิ้นมังกร 5 ต้น ได้ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 422 ppm

4.3.3 กรณีใช้ลิ้นมังกร 3 ต้น จากรูป 4.2 พบว่า วันจันทร์ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่ามากที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงที่ลิ้นมังกรจำนวน 3 ต้นปรับสภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมภายในห้อง ประกอบกับเป็นวันที่มีผู้ติดต่องานมากที่สุดของสัปดาห์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 420 ppm และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในวันอังคาร พุธ พฤหัส และศุกร์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 411 ,373, 361 และ 350 ppm ตามลำดับ จากการศึกษาลิ้นมังกร 3 ต้น ได้ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 383 ppm

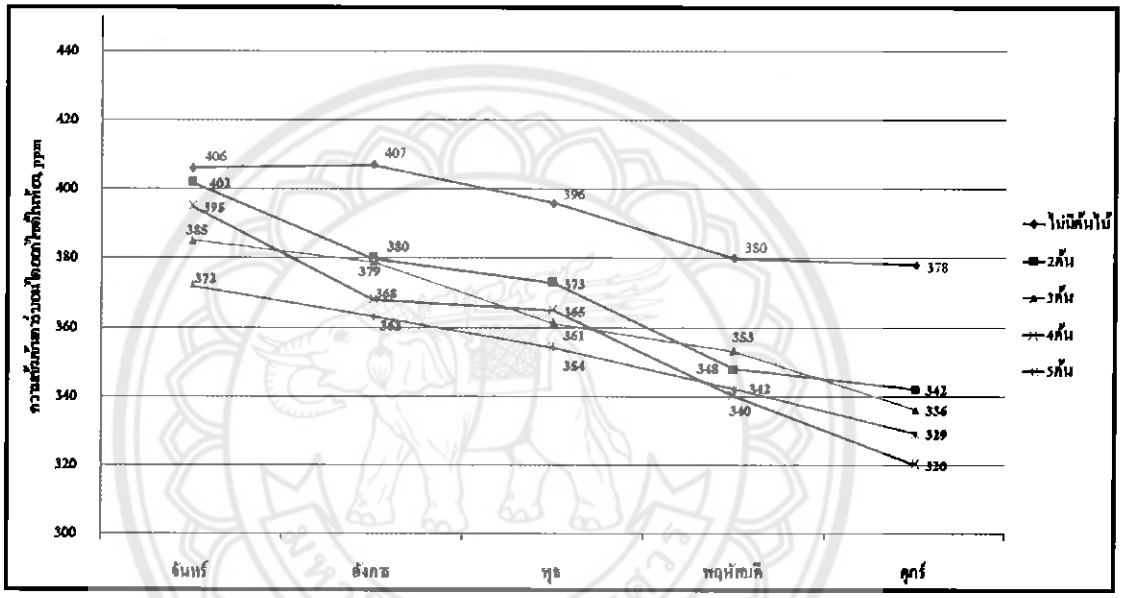
4.3.4 กรณีใช้ลิ้นมังกร 4 ต้น จากรูป 4.2 พบว่า วันจันทร์ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่ามากที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงที่ลิ้นมังกรจำนวน 4 ต้นปรับสภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมภายในห้อง ประกอบกับเป็นวันที่มีผู้ติดต่องานมากที่สุดของสัปดาห์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 409 ppm และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในวันอังคาร พุธ พฤหัส และศุกร์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 362, 351 ,341 และ 334 ppm ตามลำดับ จากการศึกษาลิ้นมังกร 4 ต้น ได้ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 360 ppm

4.3.5 กรณีใช้ลิ้นมังกร 5 ต้น จากรูป 4.2 พบว่า วันจันทร์ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่ามากที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงที่ลิ้นมังกรจำนวน 5 ต้นปรับสภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมภายในห้อง ประกอบกับเป็นวันที่มีผู้ติดต่องานมากที่สุดของสัปดาห์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 394 ppm และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในวันอังคาร พุธ พฤหัส และศุกร์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 386, 350 ,346 และ 335 ppm ตามลำดับ จากการศึกษาลิ้นมังกร 5 ต้น ได้ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 362 ppm

จากการศึกษารูปที่ 4.2 ห้องสำนักงานวิชาการ (CE 106) ขนาด 360 m^3 มีผู้มาติดต่อคือ นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่ เฉลี่ยประมาณ 10-15 คน/วัน และผู้ปฏิบัติงานประจำทำงานอยู่ในห้องสำนักงานจำนวน 4 คน มีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 298 ppm เมื่อวางลิ้นมังกรจำนวน 3ต้นที่ได้จากการคำนวณตามหลักการบทวิจัยของคุณพนธวรรธน์ ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 383 ppm เมื่อเพิ่มและลดจำนวนลิ้นมังกรเป็น 4, 5 และ 2 ต้นค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 360, 362 และ 422 ppm ตามลำดับ มีแนวโน้มความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องลดลงอย่างต่อเนื่องและมีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด เมื่อมีจำนวนลิ้นมังกร 4 ต้น

4.4 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้อง Water Resources Research Unit (CE 323)

จากการศึกษาความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ห้อง **Water Resources Research Unit (CE 323)** ขนาด 192 m^3 มีผู้มาติดต่อเฉลี่ยประมาณ 3-5 คน/วัน ผู้ปฏิบัติงานบ้างเป็นครั้งคราว จำนวน 2-3 คน เพิ่มจำนวนลิ้นมังกรจาก 4 ต้นที่ได้จากการคำนวณตามหลักการบทวิจัยของคุณพนธวรรธน์ เป็น 5 ต้น และลดจำนวนลิ้นมังกรลงเหลือ 3และ2 ต้นได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.3 ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรห้อง CE 323

4.4.1 กรณีไม่มีลิ้นมังกร จากรูป 4.3 พบว่า ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละวันมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากในแต่ละวันมีผู้ปฏิบัติงานและลักษณะการใช้ห้องสำนักงานไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวันจันทร์ อังคาร พุธ พฤหัสบดี และวันศุกร์ มีค่าเท่ากับ 406, 407, 396, 380 และ 378 ppm จากการศึกษาลิ้นมังกรได้ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 393 ppm

4.4.2 กรณีใช้ลิ้นมังกร 2 ต้น จากรูป 4.3 พบว่า วันจันทร์ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่ามากที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงที่ลิ้นมังกรจำนวน 2 ต้นปรับสภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมภายในห้อง ประกอบกับเป็นวันที่มีผู้ติดต่องานมากที่สุดของสัปดาห์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 402 ppm และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในวันอังคาร พุธ พฤหัส และศุกร์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เท่ากับ 380, 373 ,348 และ 342 ppm ตามลำดับ จากการศึกษาลิ้นมังกร 2 ต้น ได้ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 369 ppm

4.4.3 กรณีใช้ลิ้นมังกร 3 ต้น จากรูป 4.3 พบว่า วันจันทร์ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่ามากที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงที่ลิ้นมังกรจำนวน 3 ต้นปรับสภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมภายในห้อง ประกอบกับเป็นวันที่มีผู้ติดต่องานมากที่สุดของสัปดาห์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 385 ppm และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในวันอังคาร พุธ พฤหัส และศุกร์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 379, 361 ,353 และ 336 ppm ตามลำดับ จากการศึกษาลิ้นมังกร 3 ต้น ได้ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 363 ppm

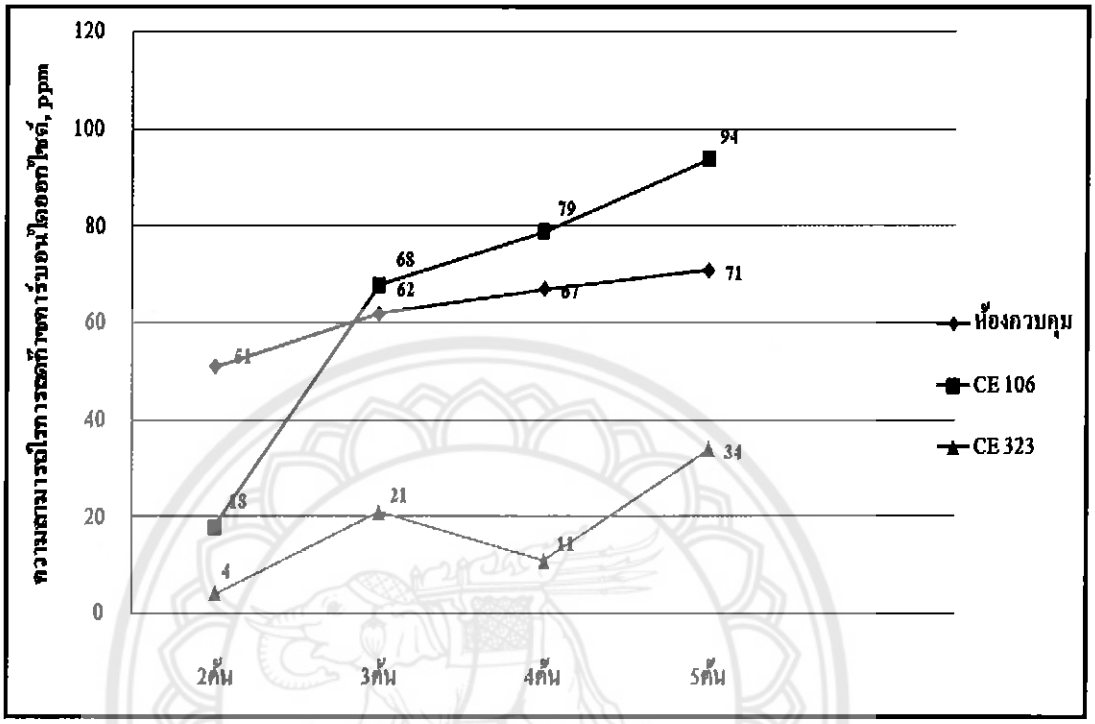
4.4.4 กรณีใช้ลิ้นมังกร 4 ต้น จากรูป 4.3 พบว่า วันจันทร์ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่ามากที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงที่ลิ้นมังกรจำนวน 4 ต้นปรับสภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมภายในห้อง ประกอบกับเป็นวันที่มีผู้ติดต่องานมากที่สุดของสัปดาห์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 395 ppm และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในวันอังคาร พุธ พฤหัส และศุกร์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 368, 365 ,340 และ 320 ppm ตามลำดับ จากการศึกษาลิ้นมังกร 4 ต้น ได้ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 356 ppm

4.4.5 กรณีใช้ลิ้นมังกร 5 ต้น จากรูป 4.3 พบว่า วันจันทร์ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่ามากที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงที่ลิ้นมังกรจำนวน 5 ต้นปรับสภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมภายในห้อง ประกอบกับเป็นวันที่มีผู้ติดต่องานมากที่สุดของสัปดาห์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 372 ppm และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในวันอังคาร พุธ พฤหัส และศุกร์ โดยมีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 363, 354 ,342 และ 329 ppm ตามลำดับ จากการศึกษาลิ้นมังกร 5 ต้น ได้ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 352 ppm

จากการศึกษารูปที่ 4.3 ห้อง Water Resources Research Unit (CE 323) ขนาด 192 m^3 มีผู้มาติดต่อคือ นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่ เฉลี่ยประมาณ 3-5 คน/วัน และผู้ปฏิบัติงานบ้างเป็นครั้งคราว จำนวน 2-3 คน มีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 393 ppm เมื่อวางลิ้นมังกรจำนวน 4 ต้นที่ได้จากการคำนวณตามหลักการบทวิจัยของคุณพนธวรรธน์ ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 356 ppm เมื่อลดและเพิ่มจำนวนลิ้นมังกรเป็น 3, 2 และ5 ต้นค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 387, 363 และ 352 ppm ตามลำดับ มีแนวโน้มความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องลดลงเพียงเล็กน้อยอย่างต่อเนื่อง และมีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด เมื่อมีจำนวนลิ้นมังกร 5 ต้น

4.5 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกร

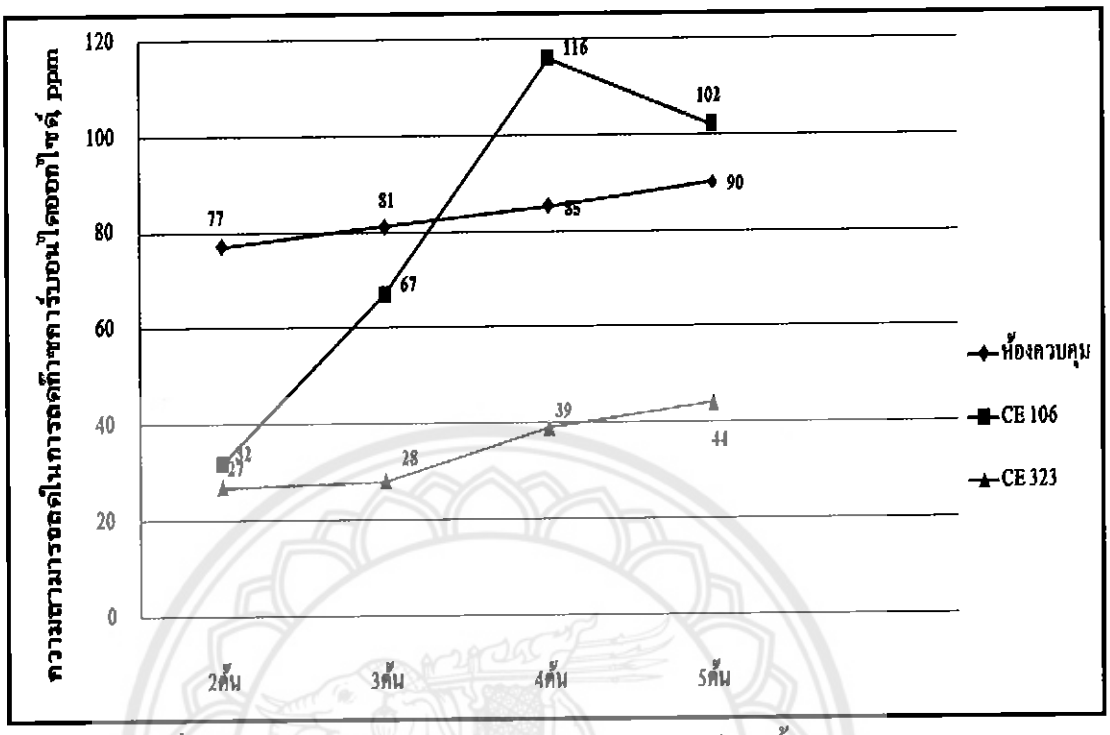
4.5.1 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรวันจันทร์



รูปที่4.4 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรวันจันทร์

จากรูป 4.4 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรวันจันทร์ เมื่อวางลิ้นมังกร 2 , 3, 4 และ5 ต้น ห้องควบคุม ขนาด 16 m^3ไม่มีผู้มาติดต่อและปฏิบัติงาน มีค่าเท่ากับ 51, 62 , 67 และ 71 ppm ตามลำดับ ห้องCE 106 ขนาด 360 m^3 มีผู้มาติดต่อคือ นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่ เฉลี่ยประมาณ 10-15 คน/วัน และผู้ปฏิบัติงานประจำทำงานอยู่ในห้องสำนักงานจำนวน 4 คน มีค่าเท่ากับ 18, 68, 79 และ 94 ppm ตามลำดับ และห้อง CE 323 ขนาด 192 m^3มีผู้มาติดต่อคือ นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่ เฉลี่ยประมาณ 3-5 คน/วัน และผู้ปฏิบัติงานบ้างเป็นครั้งคราวจำนวน 2-3 คน มีค่าเท่ากับ 4, 21, 11 และ 34 ppm โดยการลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรห้อง CE 323 ที่ 4 ต้น มีลักษณะลดลง เนื่องจากมีพนักงานภายในห้องมาทำงานบ้างไม่มาบ้าง จึงทำให้การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลง

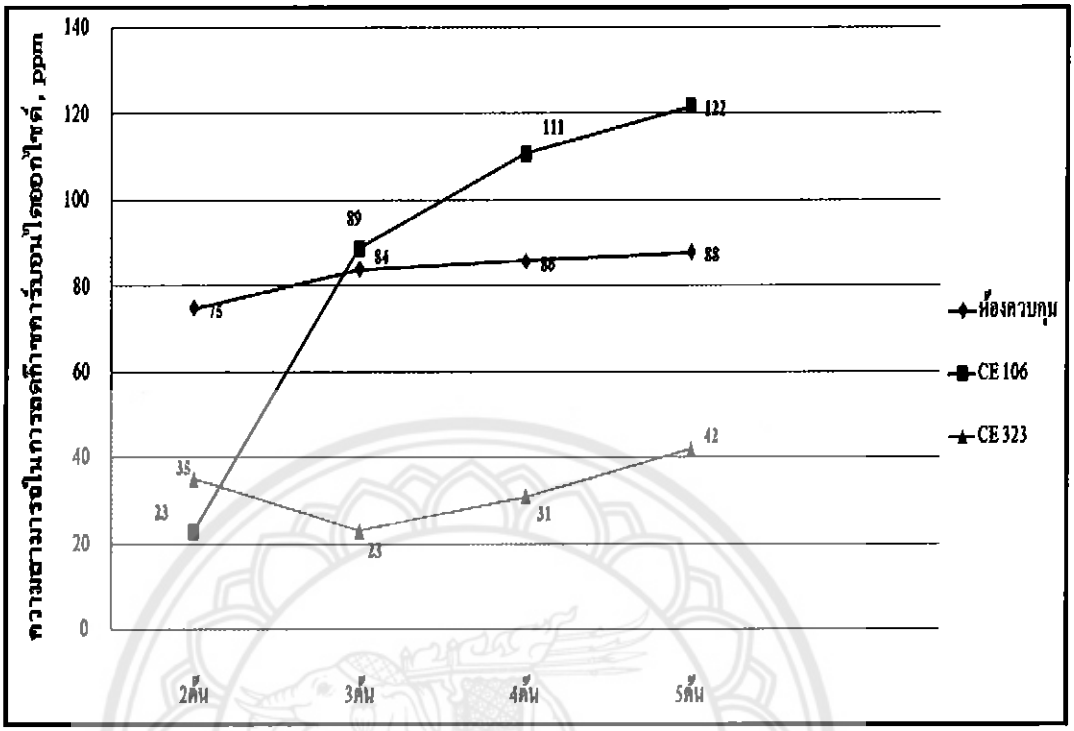
4.5.2 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรวันอังคาร



รูปที่4.5 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรวันอังคาร

จากรูป 4.5 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรวันอังคาร เมื่อวางลิ้นมังกร 2 , 3, 4 และ5 ต้น ห้องควบคุม ขนาด 16 m^3ไม่มีผู้มาติดต่อและปฏิบัติงาน มีค่าเท่ากับ 77 , 81, 85 และ 90 ppm ตามลำดับ ห้องCE 106 ขนาด 360 m^3 มีผู้มาติดต่อคือ นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่เฉลี่ยประมาณ 10-15 คน/วัน และผู้ปฏิบัติงานประจำทำงานอยู่ในห้องสำนักงานจำนวน 4 คน มีค่าเท่ากับ 32 , 67, 116 และ 102 ppm ตามลำดับ และห้อง CE 323 ขนาด 192 m^3มีผู้มาติดต่อคือ นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่ เฉลี่ยประมาณ 3-5 คน/วัน และผู้ปฏิบัติงานบ้างเป็นครั้งคราวจำนวน 2-3 คน มีค่าเท่ากับ 27, 28, 39 และ 44 ppm ตามลำดับ โดยการลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรห้อง CE 106 ที่ 5 ต้น กราฟมีลักษณะลดลง เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานทำงานไม่ครบ 8 ชั่วโมง มีการประชุมในช่วงบ่าย ปิดแอร์ จึงทำให้การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรมีค่าลดลง

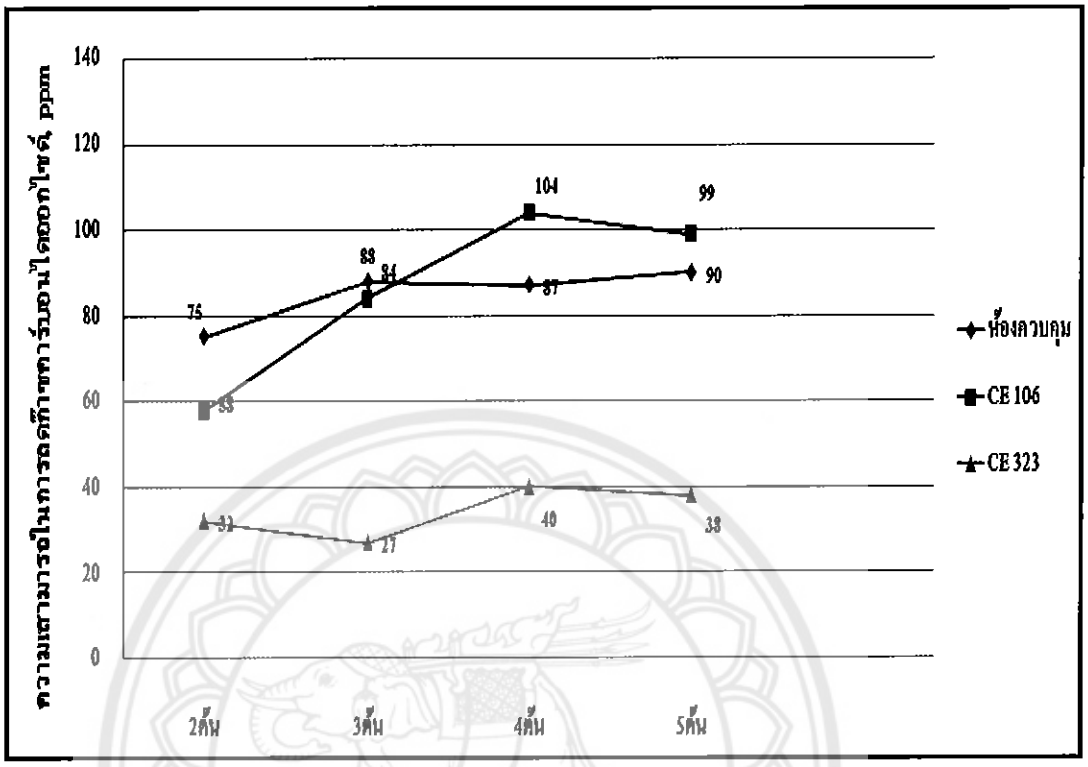
4.5.3 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรวันพุธ



รูปที่4.6 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรวันพุธ

จากรูป 4.6 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรวันพุธ เมื่อวางลิ้นมังกร 2 , 3, 4 และ5 ต้น ห้องควบคุม ขนาด 16 m^3 ไม่มีผู้มาติดต่อและปฏิบัติงาน มีค่าเท่ากับ 75 , 84, 86 และ 88 ppm ตามลำดับ ห้องCE 106 ขนาด 360 m^3 มีผู้มาติดต่อคือ นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่ เฉลี่ยประมาณ 10-15 คน/วัน และผู้ปฏิบัติงานประจำทำงานอยู่ในห้องสำนักงานจำนวน 4 คน มีค่าเท่ากับ 23, 8 , 111 และ 122 ppm ตามลำดับ และห้อง CE 323 ขนาด 192 m^3 มีผู้มาติดต่อคือ นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่ เฉลี่ยประมาณ 3-5 คน/วัน และผู้ปฏิบัติงานบ้างเป็นครั้งคราวจำนวน 2-3 คน มีค่าเท่ากับ 23, 35, 31 และ42 ppm ตามลำดับ โดยการลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรห้อง CE 323 ที่ 3 ต้น และ 4 ต้น กราฟมีลักษณะลดลง เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานมาทำงานน้อย จึงทำให้การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรมีค่าลดลง

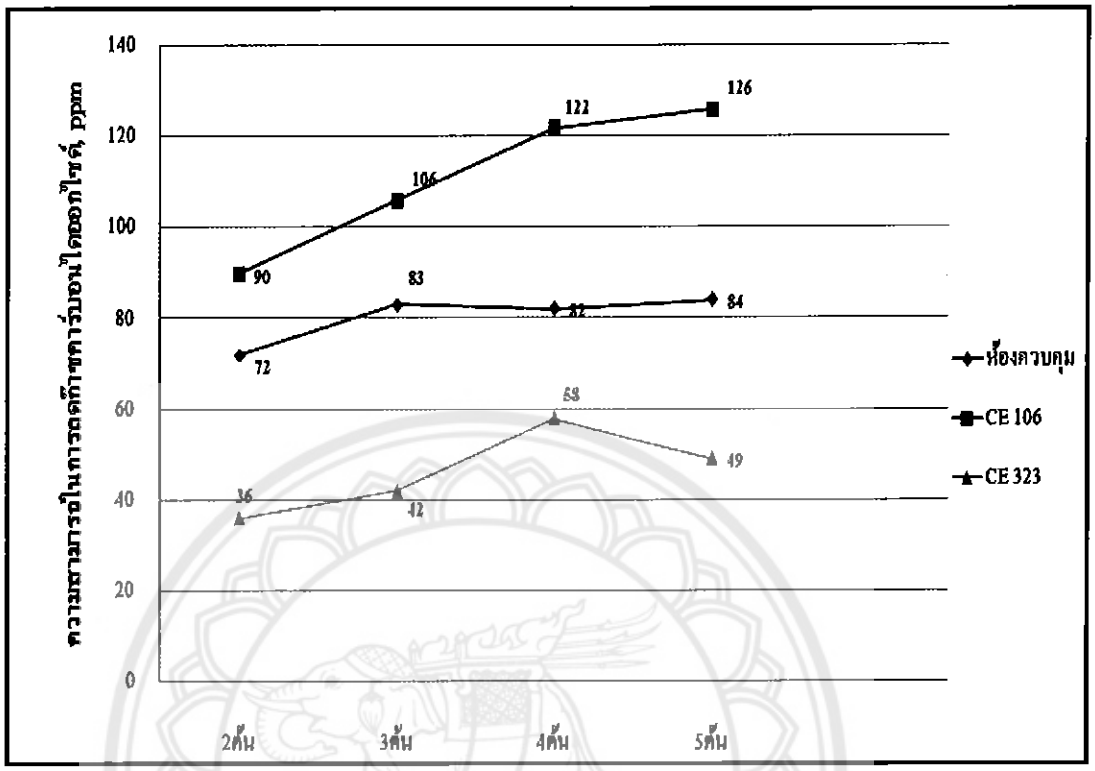
4.5.4 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรวันพฤหัสบดี



รูปที่4.7 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรวันพฤหัสบดี

จากรูป 4.7 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรวันพฤหัสบดี เมื่อวางลิ้นมังกร 2 , 3, 4 และ5 ต้น ห้องควบคุม ขนาด 16 m^3 ไม่มีผู้มาติดต่อและปฏิบัติงาน มีค่าเท่ากับ 75, 88, 87 และ 90 ppm ตามลำดับ ห้องCE 106 ขนาด 360 m^3 มีผู้มาติดต่อคือ นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่เฉลี่ยประมาณ 10-15 คน/วัน และผู้ปฏิบัติงานประจำทำงานอยู่ในห้องสำนักงานจำนวน 4 คน มีค่าเท่ากับ 58 , 84, 104 และ 99 ppm ตามลำดับ และห้อง CE 323 ขนาด 192 m^3 มีผู้มาติดต่อคือ นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่ เฉลี่ยประมาณ 3-5 คน/วัน และผู้ปฏิบัติงานบ้างเป็นครั้งคราวจำนวน 2-3 คน มีค่าเท่ากับ 32 , 27, 40 และ 38 ppm ตามลำดับ โดยการลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรห้อง CE 323 ที่ 3 ต้น กราฟมีลักษณะลดลง เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานมาทำงานน้อยและมาทำงานสายจึงทำให้การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรมีค่าลดลง

4.5.5 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกร วันศุกร์



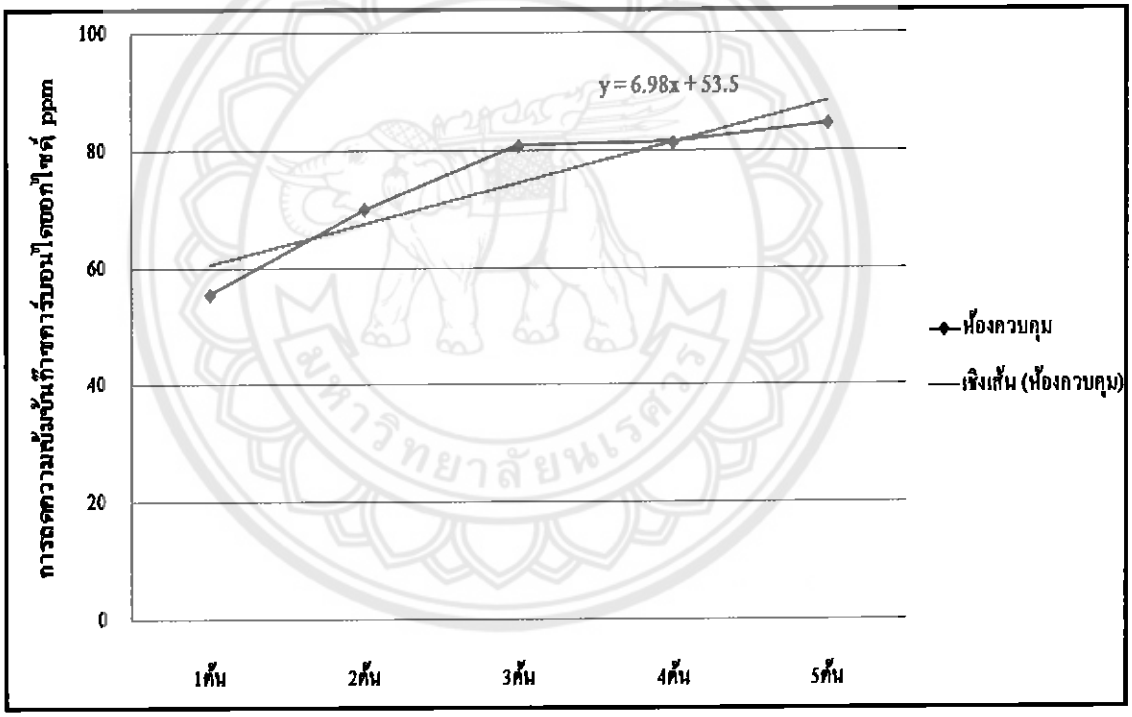
รูปที่4.8 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรวันศุกร์

จากรูป 4.8 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรวันศุกร์ เมื่อวางลิ้นมังกร 2 , 3, 4 และ5 ต้น ห้องควบคุม ขนาด 16 m^3 ไม่มีผู้มาติดต่อและปฏิบัติงาน มีค่าเท่ากับ 72, 83,82 และ 84 ppm ตามลำดับ ห้องCE 106 ขนาด 360 m^3 มีผู้มาติดต่อคือ นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่ เฉลี่ยประมาณ 10-15 คน/วัน และผู้ปฏิบัติงานประจำทำงานอยู่ในห้องสำนักงานจำนวน 4 คน มีค่าเท่ากับ 90 , 106, 122 และ 126 ppm ตามลำดับ และห้อง CE 323 ขนาด 192 m^3 มีผู้มาติดต่อคือ นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่ เฉลี่ยประมาณ 3-5 คน/วัน และผู้ปฏิบัติงานบ้างเป็นครั้งคราวจำนวน 2-3 คน มีค่าเท่ากับ 36 , 42, 58 และ 49 ppm ตามลำดับ โดยการลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรห้อง CE 323 ที่ 5 ต้น กราฟมีลักษณะลดลง เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานไม่มาทำงาน จึงทำให้การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรมีค่าลดลง

จากการศึกษารูป 4.4-4.8 ห้องสำนักงานวิชาการ (CE106) ขนาด 360 m^3 มีผู้มาติดต่อเฉลี่ยประมาณ 10-15 คน/วัน ผู้ปฏิบัติงานประจำทำงานอยู่ในห้องสำนักงานจำนวน 4 คน มีการลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรในแต่ละวันมากกว่าห้อง Water Resources Research

Unit (CE 323) ขนาด 192 m^3 มีผู้มาติดต่อเฉลี่ยประมาณ 3-5 คน/วัน ผู้ปฏิบัติงานบ้างเป็นครั้งคราว จำนวน 2-3 คน เนื่องจากห้อง CE106 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเริ่มต้นที่มากกว่า ประกอบกับมีผู้มาติดต่อและผู้ปฏิบัติงานเป็นประจำทุกวันในวันทำการ ทำให้มีสภาพแวดล้อมที่ทำให้ลิ้นมังกรมีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องได้ดี สามารถลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากขึ้น เช่น การเปิดไฟ การเปิดแอร์ การเปิดม่าน เป็นต้น

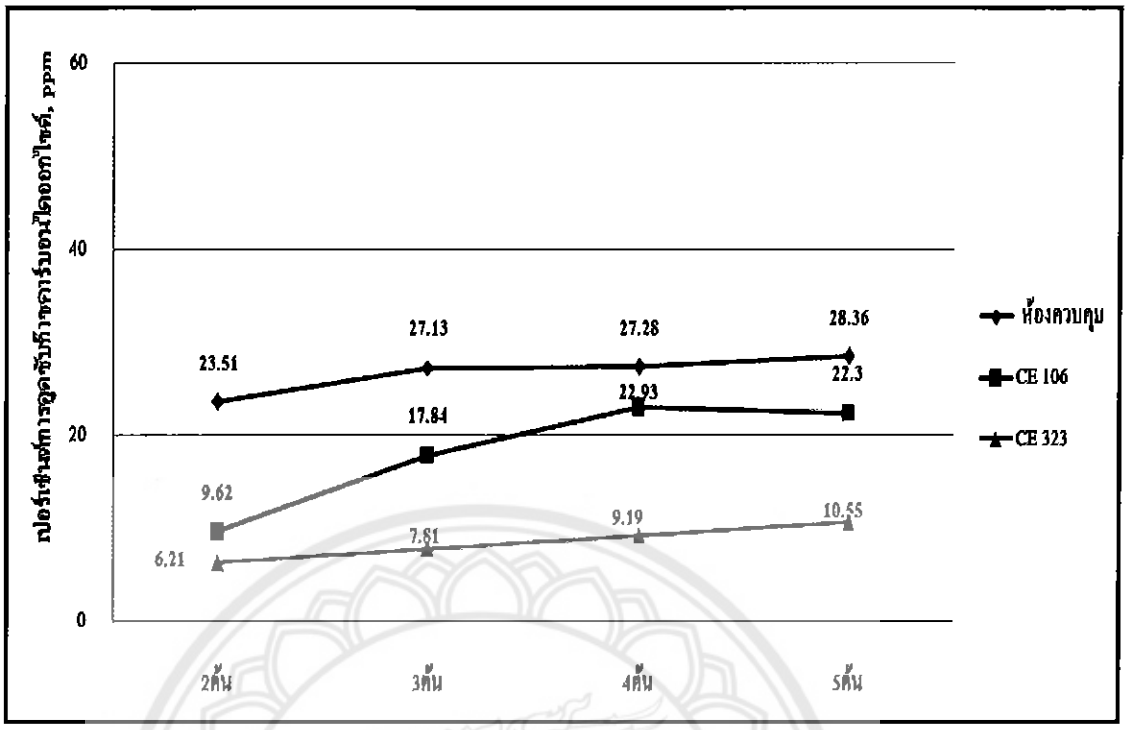
การลดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรในห้องควบคุมเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ ดังสมการเส้นตรง คือ 6.98X + 53.5 ดังรูปที่ 4.9 อันเนื่องมาจากห้องควบคุมนั้นเป็นมีลักษณะคล้ายห้องปิด ไม่มีผู้เข้าไปใช้ จึงไม่มีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวข้อง



รูปที่ 4.9 การลดความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรในห้องควบคุม

4.6 เปอร์เซ็นต์การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกร

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรห้องควบคุม ห้องสำนักงานวิชาการ (CE 106) และห้อง Water Resources Research Unit (CE 323) ในช่วงเวลาทำงาน คือ เวลา 08.30-16.30 ของวันจันทร์-ศุกร์ เมื่อวางลิ้นมังกรจำนวน 2, 3, 4 และ 5 ต้น ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.10 เปอร์เซ็นต์การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกร

จากรูปที่ 4.10 พบว่า ห้อง CE 106 ขนาดห้อง 360 m^3 มีผู้มาติดต่อคือ นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่ เฉลี่ยประมาณ 10-15 คน/วัน และผู้ปฏิบัติงานประจำทำงานอยู่ในห้องสำนักงานจำนวน 4 คน มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรมากที่สุด เท่ากับ 22.93 % จำนวนลิ้นมังกรที่เหมาะสม คือ จำนวน 4 ต้น ห้อง CE 323 ขนาด 192 m^3 มีผู้มาติดต่อคือ นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่ เฉลี่ยประมาณ 3-5 คน/วัน ผู้ปฏิบัติงานบ้างเป็นครั้งคราวจำนวน 2-3 คน มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรมากที่สุด เท่ากับ 10.55 % คือ ลิ้นมังกรจำนวน 5 ต้น และห้องควบคุม เป็นห้องที่มีขนาด 16 m^3 ไม่มีผู้มาติดต่อและปฏิบัติงาน ไม่มีการทำกิจกรรมใด ๆ ที่ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรมากที่สุด เท่ากับ 28.36 % คือ จำนวนลิ้นมังกร 5 ต้น

4.6 ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรในห้องควบคุม

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรในห้องควบคุม ในช่วงเวลาทำงาน คือ เวลา 08.30-16.30 ของวันจันทร์-ศุกร์ เมื่อวางลิ้นมังกรจำนวน 1, 2, 3, 4 และ 5 ต้น ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.2 ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรในห้องควบคุม

วันทำการ / จำนวนต้น	ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกร ($ppm/m^3/s$)				
	1ต้น	2ต้น	3ต้น	4ต้น	5ต้น
จันทร์	8.03×10^{-5}	1.10×10^{-4}	1.41×10^{-4}	5.21×10^{-4}	5.12×10^{-4}
อังคาร	1.10×10^{-4}	1.67×10^{-4}	1.78×10^{-4}	4.90×10^{-4}	4.80×10^{-4}
พุธ	1.43×10^{-4}	1.62×10^{-4}	1.86×10^{-4}	4.51×10^{-4}	4.51×10^{-4}
พฤหัสบดี	1.38×10^{-4}	1.62×10^{-4}	1.91×10^{-4}	4.47×10^{-4}	4.41×10^{-4}
ศุกร์	1.26×10^{-4}	1.56×10^{-4}	1.80×10^{-4}	4.41×10^{-4}	4.36×10^{-4}
เฉลี่ย	1.19×10^{-4}	1.514×10^{-4}	1.75×10^{-4}	4.71×10^{-4}	4.64×10^{-4}
ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อ 1 ต้น	1.19×10^{-4}	7.57×10^{-5}	5.83×10^{-5}	1.18×10^{-4}	9.27×10^{-5}

จากตารางที่ 4.2 พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกร ที่ 1 , 2, 3, 4 และ 5 ต้น ในแต่ละวันมีค่าใกล้เคียงกัน โดยลิ้นมังกรที่ 5 ต้นมีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด ในวันจันทร์มีประสิทธิภาพในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าวันทำการวันอื่น ๆ เนื่องจากว่าในวันจันทร์ลิ้นมังกรจะค่อย ๆ เริ่มมีการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องหลังจากมีการปรับสภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับสภาพแวดล้อมภายในห้อง จึงทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรมีค่าน้อย

จากการศึกษาการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรในห้องควบคุมเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับหลักการบทวิจัยของคุณพนธวรรธน์ วงษ์รักษ์ ค่าในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรเท่ากับ 0.49 $ppm/m^3/s$ พบว่าผลการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรไม่สอดคล้องกับหลักการบทวิจัยของคุณพนธวรรธน์ วงษ์รักษ์ เนื่องจากประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรที่ได้จากการศึกษามีค่าน้อยมาก และเมื่อเพิ่มจำนวนลิ้นมังกรเป็น 2, 3 , 4 และ 5 ต้น ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อต้นมีค่าลดลง ซึ่งอาจมีปัจจัยจากการแลกเปลี่ยนระหว่างอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้อง เนื่องจากห้องควบคุมมีรอยรั่วหรือรูที่อากาศสามารถผ่านเข้าไปในห้องได้

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การศึกษาการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรภายในห้องควบคุม ขนาด 4 m^2 ห้องสำนักงานวิชาการ (CE 106) ขนาด 120 m^2และห้อง Water Resources Research Unit (CE 323) ขนาด 64 m^2 อาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2554 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2555 ในช่วงเวลา 08.30-16.30 ของวันจันทร์-ศุกร์ จะสามารถสรุปได้ดังนี้

ห้องควบคุม ขนาด 4 m^2 ไม่มีผู้มาติดต่อและปฏิบัติงาน มีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 298 ppm มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรมากที่สุด เท่ากับ 27.13 % คือ จำนวนลิ้นมังกร 3 ต้น ห้องสำนักงานวิชาการ (CE 106) ขนาด 120 m^2มีผู้มาติดต่อคือ นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่ เฉลี่ยประมาณ 10-15 คน/วัน และผู้ปฏิบัติงานประจำทำงานอยู่ในห้องสำนักงานจำนวน 4 คน มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรมากที่สุด เท่ากับ 22.9 % จำนวนลิ้นมังกรที่เหมาะสม คือ จำนวน 4 ต้น และห้อง Water Resources Research Unit (CE 323) ขนาด 64 m^2 มีผู้มาติดต่อคือ นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่ เฉลี่ยประมาณ 3-5 คน/วัน และผู้ปฏิบัติงานบ้างเป็นครั้งคราวจำนวน 2-3 คน มีค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเฉลี่ยประมาณ 393 ppm มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรมากที่สุด เท่ากับ 10.55 % คือ ลิ้นมังกรจำนวน 5 ต้น

จากการศึกษาการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรในห้องควบคุมเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับหลักการบทวิจัยของคุณพนธวรรธน์ วงษ์รักษ์ ค่าในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรเท่ากับ 0.49 ppm/m^3/s พบว่าผลการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรไม่สอดคล้องกับหลักการบทวิจัยของคุณพนธวรรธน์ วงษ์รักษ์ เนื่องจากประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของลิ้นมังกรที่ได้จากการศึกษามีค่าน้อยมาก และเมื่อเพิ่มจำนวนลิ้นมังกรเป็น 2, 3 , 4 และ 5 ต้น ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อต้นมีค่าลดลง ซึ่งอาจมีปัจจัยจากการแลกเปลี่ยนระหว่างอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้อง เนื่องจากห้องควบคุมมีรอยรั่วหรือรูที่อากาศสามารถผ่านเข้าไปในห้องได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้พบว่ามีปัจจัยต่างๆภายในห้องที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น จำนวนอุปกรณ์สำนักงาน จำนวนคนที่เข้ามาติดต่องาน จำนวนคนที่ปฏิบัติงาน ลักษณะกิจกรรมในแต่ละวัน การระบายอากาศของภายในห้อง ถ้ามีการนำมาศึกษาต่อควรศึกษาในห้องที่มีคนปฏิบัติงานมากกว่าการศึกษาครั้งนี้ ควรมีการดูแลรักษาต้นไม้ เช่น การใส่ปุ๋ย การพรวนดิน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

ณัฐพงศ์ แหละหมัน. **อัตราชุกและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานภายในอาคารของโรงพยาบาลที่มีการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ.** วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2548ล

พนธวรรธน์ วงษ์รักษ์. (2552). **ศึกษาแนวทางการหาสมรรถนะในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชดูดสารพิษ.** วิทยานิพนธ์ (สถ.ม. (นวัตกรรมอาคาร)) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2553.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (12 พฤษภาคม 2554). วัฏจักรคาร์บอน. **สารานุกรมออนไลน์. สืบค้นเมื่อ** 3 ตุลาคม 2554, จากhttp://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/55/Carbon_cycle-cute_diagram.jpeg

วุฒิชัย เสียมไธสง. (2554). วาสนาอธิษฐาน. **ไม้ประดับ.คอม.** สืบค้นเมื่อ 12 ตุลาคม 2554, จากhttp://www.maipradabonline.com/maipradabin/wasanaathithan.htm

เศรษฐมันตร์ กาญจนกุล. (2552) หนังสือร้อยพรรณพฤกษา พรรณไม้ลดสารพิษ. กรุงเทพมหานคร: ส.พิจิตร การพิมพ์ จำกัด.

พาสินี สุนากร. (2552). **การปรับปรุงสมรรถนะของแผงกันแดดไม้เลื้อยโดยการเพิ่มการระบายอากาศคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2554, จาก http://biofacade.com/Abstract07_THA.html

พาสินี สุนากร. (2552). **สมรรถนะการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของผนังไม้เลื้อย.** คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์. สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2554, จาก http://biofacade.com/Abstract08_THA.html

พาสินี สุนากร และคณะ.(2552) **ผนังสีเขียว.** คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สืบค้น เมื่อ 10 ตุลาคม 2554, จาก http://biofacade.com/Abstract01.html

พาสินี สุนากร และชนิกานต์ ยิ้มประยูร.(2552). **สมรรถนะการป้องกันความร้อนของแผงกันแดดไม้เลื้อยในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น.** คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2554, จาก http://biofacade.com/Tha003_Research.htlm.

มาริยา เพ็ดสุด ภู่พิญโญกุล.(2542).**กลไกการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ.**สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2554, http://web.kkb.ac.th/~ph/san/story3.html

B.C. Wolverton (1998). **Eco-Friendly House Plants London**. George Weiderfeld & Nicolson Ltd.Retrieved October 12, 2011, from http://www.panmai.com./Pollution/Pollution.shtml

B. Juan Chahinian, 2005. **THE SPLENDID SANSEVIERIA**. Retrieved September 16, 2011, from http://www.thaigoodview.com/node/106654?page=0%2C3

Mackenzie, 1995.**Biogeochemistry InEncyclopedia of Environmental Biology**. W.A. Nierenberg, editor. San diago: Academic Pres, Inc. pp 261-267, 270

Kenneth Baillie and Alistair Simpson. **Hyperventilation calculator**. Apex (Altitude Physiology EXpeditions). Retrieved October 10, 2011, from http://www.altitude.org/calculators/oxygencalculator/oxygencalculator.htm

Universal Industrial Gases, Inc.(2011). **Air: Composition and Properties.** Retrieved October 12, 2011, from http://www.uigi.com/air.html

ภาคผนวก ก

ข้อมูลความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ก.1 ข้อมูลความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ตารางที่ ก1 ข้อมูลความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

วัน	ว/ด/ป	CE106	CE323	ห้องควบคุม	หมายเหตุ
จันทร์	31/10/11	478	380	307	ไม่มีต้นไม้
อังคาร	1/11/11	466	407	311	
พุธ	2/11/11	445	420	296	
พฤหัสบดี	3/11/11	436	370	293	
ศุกร์	4/11/11	428	325	285	
เฉลี่ย		450.6	380.4	289	
จันทร์	7/11/11	378	395	282	(CE 106,CE 323)3ต้น ,(ห้องควบคุม) 1 ต้น
อังคาร	8/11/11	393	410	293	
พุธ	9/11/11	389	413	247	
พฤหัสบดี	10/11/11	404	393	244	
ศุกร์	11/11/11	395	372	206	
เฉลี่ย		391.8	396.6	254.4	
จันทร์	14/11/11	420	402	270	
อังคาร	15/11/11	411	390	259	
พุธ	16/11/11	373	352	230	
พฤหัสบดี	17/11/11	361	349	229	
ศุกร์	18/11/11	350	342	227	
เฉลี่ย		383	367	243	
จันทร์	21/11/11	385	358	264	(CE 106,CE 323)4ต้น ,(ห้องควบคุม) 2 ต้น
อังคาร	22/11/11	393	365	259	
พุธ	23/11/11	404	382	242	
พฤหัสบดี	24/11/11	381	388	247	
ศุกร์	25/11/11	414	326	240	
เฉลี่ย		395.4	363.8	250.4	

ตารางที่ ก1 ข้อมูลความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ต่อ)

วัน	ว/ด/ป	CE106	CE323	ห้องควบคุม	หมายเหตุ
จันทร์	28/11/11	409	372	256	(CE 106,CE 323)4 ต้น,(ห้องควบคุม) 2 ต้น
อังคาร	29/11/11	362	356	234	
พุธ	30/11/11	351	353	221	
พฤหัสบดี	1/12/11	341	347	218	
ศุกร์	2/12/11	334		213	
เฉลี่ย		359.4	357	228.4	
จันทร์	5/12/11				(CE 106,CE 323)5 ต้น,(ห้องควบคุม) 3 ต้น
อังคาร	6/12/11	442	378	253	
พุธ	7/12/11	429	365	250	
พฤหัสบดี	8/12/11	341	362	250	
ศุกร์	9/12/11	435	357	247	
เฉลี่ย		411.75	365.5	250	
จันทร์	12/12/11				
อังคาร	13/12/11	363	381	243	
พุธ	14/12/11	354	377	241	
พฤหัสบดี	15/12/11	342	354	236	
ศุกร์	16/12/11	329	346	233	
เฉลี่ย		347	364.5	238.25	
จันทร์	9/1/2012	470	402		(CE 106,CE 323)2 ต้น
อังคาร	10/1/2012	446	380		
พุธ	11/1/2012	439	373		
พฤหัสบดี	12/1/2012	387	348		
ศุกร์	13/1/2012	366	342		
เฉลี่ย		421.6	369		

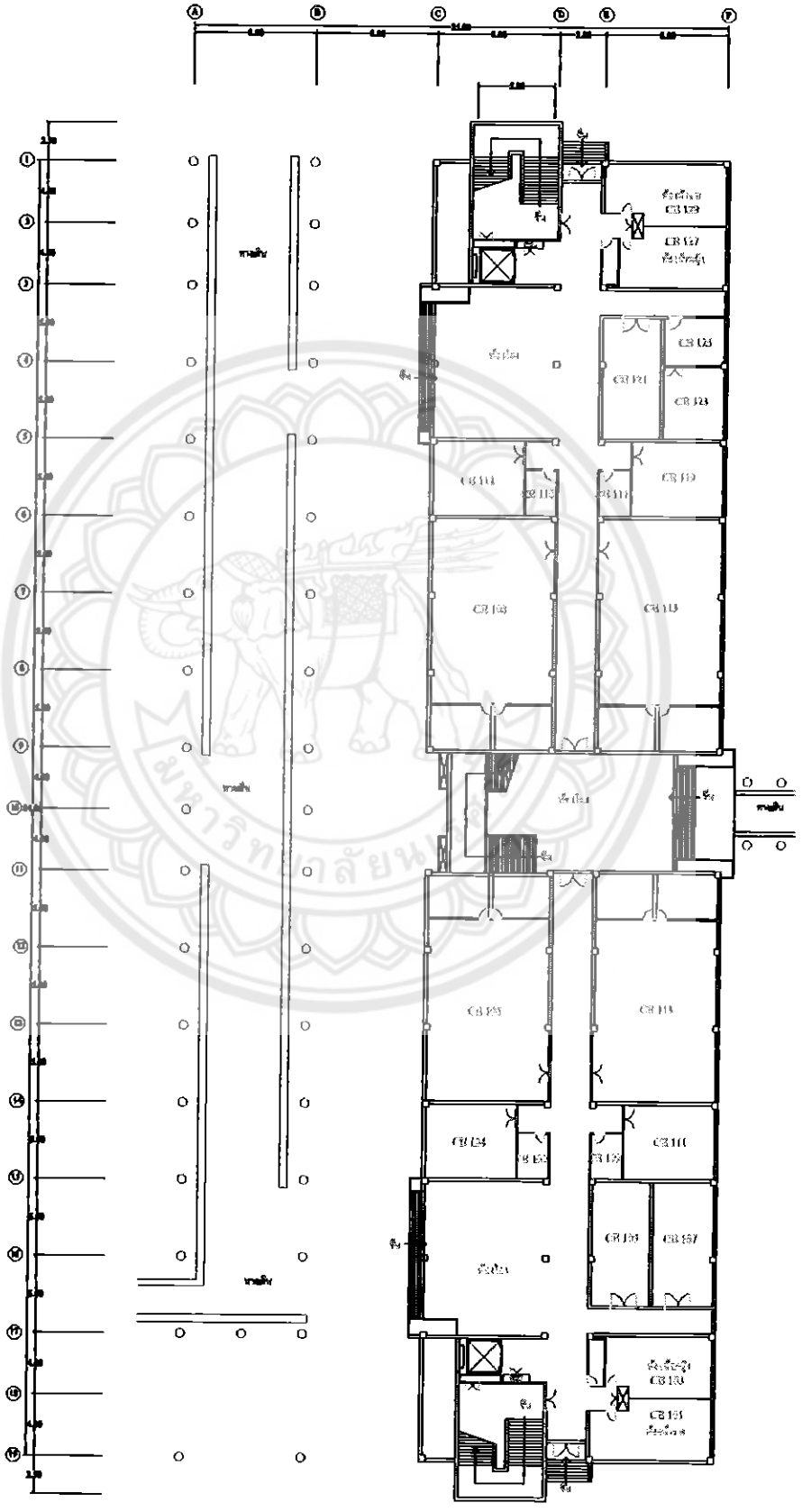
ตารางที่ ก1 ข้อมูลความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ต่อ)

วัน	ว/ด/ป	CE106	CE323	ห้องควบคุม	หมายเหตุ
จันทร์	16/1/2012	470	385	269	(CE 106)2 ต้น(CE 323)3ต้น ,(ห้องควบคุม) 2 ต้น
อังคาร	17/1/2012	446	379	257	
พุธ	18/1/2012	439	361	240	
พฤหัสบดี	19/1/2012	387	353	240	
ศุกร์	20/1/2012	366	336	157	
เฉลี่ย		421.6	362.8	232.6	
จันทร์	23/1/2012	488	395	242	(CE 106)ไม่มีต้นไม้ ,(CE 323)4ต้น ,ห้องควบคุม3ต้น
อังคาร	24/1/2012	478	368	229	
พุธ	25/1/2012	462	365	210	
พฤหัสบดี	26/1/2012	445	340	205	
ศุกร์	27/1/2012	456	320	202	
เฉลี่ย		465.8	357.6		
จันทร์	30/1/2012		372		(CE 323)5ต้น
อังคาร	31/1/2012		363		
พุธ	1/2/2012		354		
พฤหัสบดี	2/2/2012		342		
ศุกร์	3/2/2012		329		
เฉลี่ย			352		
จันทร์	6/2/2012		406		ไม่มีต้นไม้
อังคาร	7/2/2012		407		
พุธ	8/2/2012		396		
พฤหัสบดี	9/2/2012		380		
ศุกร์	10/2/2012		378		
เฉลี่ย			393.4		

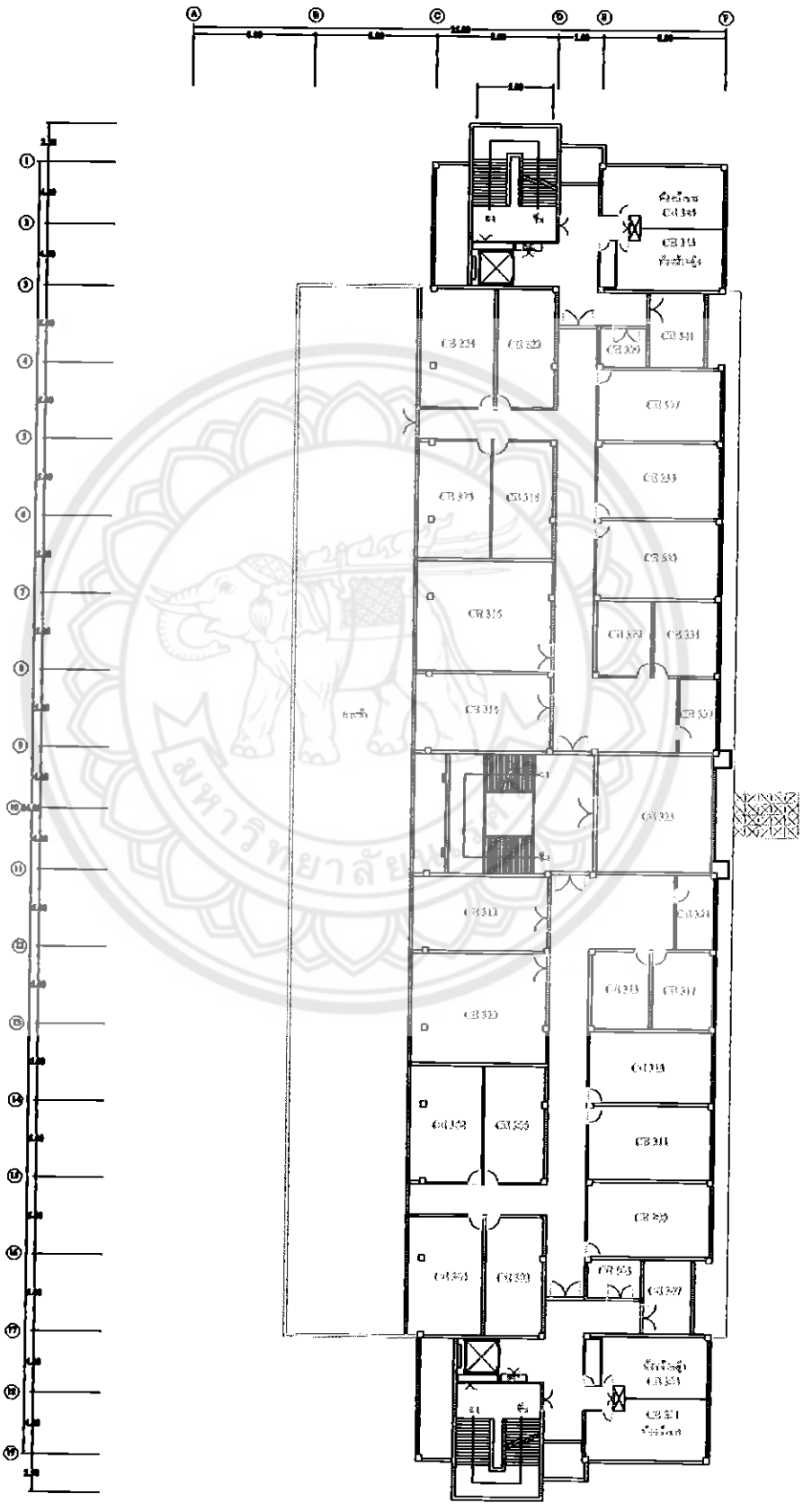
ตารางที่ ก1 ข้อมูลความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ต่อ)

วัน	ว/ด/ป	CE106	CE323	ห้องควบคุม	หมายเหตุ
ศุกร์	9/3/2012			240	4ต้น
เสาร์	10/3/2012			226	
อาทิตย์	11/3/2012			210	
จันทร์	12/3/2012			206	
อังคาร	13/3/2012			203	
เฉลี่ย				217	
พุธ	14/3/2012			236	5ต้น
พฤหัสบดี	15/3/2012			221	
ศุกร์	16/3/2012			208	
เสาร์	17/3/2012			203	
อาทิตย์	18/3/2012			201	
เฉลี่ย				213.8	

ภาคผนวก ข แบบแปลนอาคารวิศวกรรมโยธา



แปลนพื้นชั้นที่ 1 (อาคารภาควิศวกรรมโยธา 7 ชั้น)



แปลนพื้นชั้นที่ 3 (อาคารภาควิศวกรรมโยธา 7 ชั้น)

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นางสาวภัทราพร จิ๋วอยู่

ภูมิลำเนา 274/2 หมู่ 5 ต. หัวรอ อ. เมือง จ. พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพุทธชินราชพิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: pattara_30may@hotmail.com

ชื่อ นางสาวอัจฉรา กีกไชสง

ภูมิลำเนา 146/3 หมู่ 1 ต. ลานหอย อ. บ้านด่านลายหอย จ. สุโขทัย

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนบ้านด่านลานหอยวิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: Atchara_01 @yahoo.com